الفصل الثالث

نُظُم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد في مواجهة الكوارث وإدارتها

منـذُ أول ظهـور لـه بدايـة السـتينيات مـن القـرن العشـرين (اسـتُخدِم مصطلـح الاستشعار عن بُعْد أول مرة سنة ١٩٦٠م)، عُرف على أنه علم وفن الحصول على المعلومات عن جسم أو مساحة أو ظاهرة، مطلوب دراستها أو مراقبتها، وهذه التقنية تعتمد أساسًا على معلومات وبيانات وصور فضائية معالجة؛ حيث تُرسِل التوابع الصناعية أو المعامل الفضائية أو الطائرات هذه الصور والبيانات إلى المحطات الأرضية، التي تستقبل بدورها هذه المعلومات على أفلام أو شرائط ممغنطة، ثم تتم معالجتها من خلال مُعالج البيانات أو من خلال مُعالج أفلام، وهذا يعتمد أساسًا على نوع المركبة الفضائية، وعلى المستقبلات الموجودة عليها.

وتختلف تقنية الاستشعار عن بُعد بالتصوير الجوي (بواسطة الطائرات)، عن الاستشعار بواسطة الأقمار الاصطناعية، ويرجع استخدام الطائرات في التصوير إلى بداية القرن العشرين، وتمثلت البداية في استخدام كاميرات يدوية بدائية، ولكن مع مرور الزمن، وتطوُّر المنجزات العلمية حُمِّلت الطائرات بأحدث العدسات الإلكترونية، التي يُمكنها التقاط الصور للمناطق الأرضية بوضوح وبمقاييس معينة، وتُغطى مساحات تُساعد على استخدامها، وتُسهِّل دراسة المنطقة التي تم تصويرها.

وقد أصبح التصوير الجوي علمًا له أصوله وقواعده التي تُدرَّس في المعاهد المتخصصة، كما أصبحت هناك شركات مُتخصصة في مجال التصوير الجوي، وأمكن استخدام الصور الجوية في رسم الخرائط بدقة وسرعة، بعد أن كانت عمليات المسح الأرضي تستغرق شهورًا أو سنوات عديدة.

وقد ساعد التطور الكبير، الذي حدث في علوم الحاسب المختلفة خلال العقود الأخيرة، على تطوير عدد من العلوم، وشكَّل قفزات كبيرة لم تكن متوقعة من قَبْلُ، وقد

سُخِّر كثير من هذه العلوم في خدمة الإنسانية، وتقدمت أيضًا علومُ الفضاء بشكل كبير في مجالات خدمة البشرية، وحماية أرواح الناس، خاصة في حالات حدوث الكوارث والأزمات كبيرها وصغيرها، وباتت تُشكل أداة فاعلة في إدارة الكوارث والأزمات، لا يمكن الاستغناء عنها في كثير من الأحوال، بل إنها باتت الأداة الوحيدة التي يمكن الاعتماد عليها في إدارة بعض أنواع الكوارث.

وقد برز هذا الدور الفاعل في كثير من الكوارث، التي عاشها العالم في الفترة الأخيرة، ومثال ذلك حادثة تسونامي الشهيرة في يناير ٢٠٠٤، وزلزالي المكسيك وإيران ٢٠١٧، وتسونامي اليابان مارس ٢٠١١، وأمطار باكستان في ٢٠١٤، وإعصار هارفي في الولايات المتحدة، وإعصار إرما في كوبا ٢٠١٧، وإعصار هدهد بالهند ٢٠١٤، وثوران بركان جبل «أونتيك» باليابان ٢٠١٤، وانزلاقات طينية للتربة في هيروشيما باليابان ٢٠١٤، وفيضانات جدة الأولى في ٢٠٠٩ (التي أنذرت بانهيار بحيرة المسك)، وفيضانات جدة الثانية في ٢٠١١... وغيرها كثير.

وأصبحت علوم الفضاء عمومًا، والاستشعار عن بُعْد، ونُظُم المعلومات الجغرافية خصوصًا، المُحرك الأمثل للتعامل مع كل مراحل الكوارث، بدءًا بتوقعها مثل حدوثها من خلال أنظمة الإنذار المبكر (Early Warning Systems)، التي ترصد احتمالية حدوث الكارثة أو الأزمة قبل حدوثها للعمل على تلافيها (Prevention Phase)، أو الاستعداد لها إن لم يكن تلافيها ممكنًا (Preparedness Phase)، ومرحلة التعامل مع الكارثة في أثناء حدوثها (Crises Response Phase)، وحتى في مراحل ما بعد الكارثة، وهي ما تسمى مرحلة إعادة البناء (Rehabilitation and Recovery Phase).

إن توظيف قدرات الاستشعار عن بُعْد، ونُظُم المعلومات الجغرافية بشكل مثالي في إدارة الكوارث، يُساعد كثيرًا على سُرعة استجابة الدول والمجتمعات عند حدوث الكوارث، وتحقيق الأهداف المرجوة لدى صانعي القرار في إدارة الكارثة، من حيث محاولة تلافيها، أو الحد من آثارها المدمرة، أو التقليل من الخسائر عند حدوثها.

أولًا: أهمية تكنولوجيا المعلومات وعلاقتها بالمجتمع:

عند الحديث عن أهمية تكنولوجيا المعلومات وعلاقتها بالمجتمع، ولا سيما في الجانب الثقافي للكوارث، لا بد لنا من وضع تعريف لتكنولوجيا المعلومات، وهي تعني (تلك الأجهزة والمعدات والأدوات والأساليب والوسائل التي يستخدمها الإنسان؛ للحصول على المعلومات الصوتية والمرئية والرقمية، ومعالجة هذه المعلومات من حيثُ: تسجيلها وتنظيمها، وترتيبها وتخزينها، وحيازتها واسترجاعها، وعرضها واستنساخها، وبثها وتوصيلها في الوقت المناسب لطالبيها، وتشمل تكنولوجيا التخزين والاسترجاع وتكنولوجيا الاتصالات.

ويُمكن تعريف ثقافة الكوارث بأنها: (مجموعة من الأفكار والرموز والمعاني والإشارات والحركات، التي يتشكل بموجبها لدى حاملها وَعْيٌ معرفيٌّ ومفهوم خاص، لما يحيط بعالمه الخاص، وتَجعل له سُلوكًا خاصًّا به وبسواه، يستطيع من خلاله التصرف بوعي وإدراك عاليَيْن، ما يُجنِّبه ومَن حوله أكبر قدر ممكن من الخسائر عند وقوع الكارثة).

أما بالنسبة إلى العلاقة بين تكنولوجيا المعلومات والمجتمع، فهي تُعَد من أهم مُنجزات الثورة العلمية والتكنولوجية، التي لها تأثير كبير ومباشر في حياة هذا العصر؛ حيث أصبحت المعلومات، التي (تُعَد ثقافة المجتمع أحد مكوناتها)، جزءًا لا يتجزأ من حياة الإنسان المُعاصر وطبيعة متطلباته الأساسية، فإنسان المجتمع الجديد (مجتمع المعلومات العالمي)، لا يمكن له التحرك في العالم المحيط به بمعزل عن المعلومات التي ينتجها الآخرون.

ويُعود الفضل إلى تكنولوجيا المعلومات في تقريب بني البشر بعضهم من بعض، من خلال التواصل المعلوماتي، ونقْل الأخبار والمعلومات، ما جعلها لصيقة به من دون أن يشعر بها أحيانًا، كعملية التحاور عن بُعد، وكذلك مشاهدة الأحداث التي تكون بعيدة عنا من حيث المكان والزمان، أدت إلى التغيير في منهجية حياتنا اليومية عمومًا.

وتتميز تكنولوجيا المعلومات عن غيرها من التقنيات الأخرى بوصفها تكنولوجيا الإنسان وأداته الرئيسة في التواصل والتطوير والإبداع، بل في تغيير نمط تفكيره وآليته،

فعملية الحصول على المعلومات بسرعة وسهولة تتيح الفرصة لاستغلال أفضل لقانون اقتصاد الوقت والجهد، مضافًا إليه اختزال الحيز المكاني ونشْر الثقافة والمعلومة.

من هُنا؛ تتضح بجلاء ملامح العلاقة بين تكنولوجيا المعلومات والفرد والمجتمع من جهة، وتكنولوجيا المعلومات والثقافة من جهة أخرى، وعملية تشكيل هوية ثقافية جديدة للمجتمع عمومًا من جهة ثالثة، وكونها العمود الفقري والقاعدة العريضة والأساسية، بل المفتاح الرئيس لعملية التنمية وتكوين ثقافة جديدة للفرد، والأخذ بيده نحو فضاءات واسعة، ونحو عالم متعدد الثقافات، وبالتأكيد فإن جزءًا من هذه الثقافة سيكونُ مُرتبطًا بحوادث الكوارث التي تحدث في العالم، والاستفادة منها قدر الإمكان في تلافي أكبر قدر من الخسائر البشرية والمادية.

ثانيًا: دور تكنولوجيا المعلومات في الحد من أخطار الكوارث وخسائرها:

تؤدي تكنولوجيا المعلومات -ولا سيما تكنولوجيا الإعلام والاتصالات- دورًا مهمًّا وحيويًّا في العصر الحاضر؛ إذ إن التطور المُذهل في هندسة الإلكترونيات والزخم الهائل للتلفاز والهواتف المحمولة، وتطبيقاتها الذكية خاصة، وقدرتها على البث عن طريق الأقمار الاصطناعية، والمؤثرات المرئية والمسموعة، إلى الآلاف من الأميال، والتطبيقات التي تتطور على هذه التقنية- مَنَحَ وسائل التواصل أو وسائل الإعلام حَقَّ تسمية العصر باسمها بكل جدارة.

وبهذا؛ تَيَسَّر للمضامين الفكرية والثقافية والسياسية والعلمية والاقتصادية لوسائل الإعلام عن طريق هذه التكنولوجيا، أن تصل إلى أي مكان وفي جميع الأوقات، وأن يربطها بخيوطها السحرية بصورة غير مباشرة، وأحيانًا مباشرة.

وما من شك في أن نشْر الثقافة الحقّة عبر الوسائل الإعلامية المختلفة وتطبيقات الاتصال الجماهيري، أصبح من عوامل بناء البلد المتحضر أو السائر قُدمًا للحاق بِرْكَبِ الحضارة الإنسانية.

ولقد تسلم الإعلام بالفعل -بعد التطورات التي طرأت على وسائله- زمام القيادة الأولى في تحوُّل المجتمعات البشرية وتقدُّمها، من حيث نظمها وسياستها واقتصادياتها، حتى وصل إلى قيمها وأخلاقياتها، سواء أكان ذلك في المناطق المتطورة أم في المناطق النامية.

ومن هُنا، يُمكن أن نلحظ دور تكنولوجيا الاتصالات في نشر ما يسمى ثقافة الكوارث والأزمات، ضمن برامجها المختلفة، ويُمكن الاستفادة منها في نشر التوعية بالتصرف الصحيح عند وقوع الكارثة أو الأزمة وبعدها.

ويبدو أن أمر الاستفادة من تكنولوجيا المعلومات لم يقف عند هذا الحد، بل تعداه إلى أكثر من ذلك جدًّا؛ إذ يتضح **من خلال دور التكنولوجيا المعلوماتية في الاستشعار عن بُعْد ونُظم المعلومات الجغرافية**؛ حيث تُعَد من أهم التقنيات الحديثة المُتبعة في التنبؤ والتخطيط والمراقبة والتصدي، لما يُمكن أن يحدث من كوارث.

- ❑ **وتتضح أهمية تكنولوجيا المعلومات ودورها في رصد الكوارث والاستعداد لها وتقليل الخسائر من خلال:**
  - ⊙ تأمين منظر شامل لمساحة واسعة من الأرض، ما يساعد الراصد على سهولة المشاهدة والتحليل.
  - ⊙ توفير التغطية الكاملة المستمرة لمناطق الرصد، ما يساعد على مراقبة التغيرات الطارئة عليها.
  - ⊙ إمكان رصد أي منطقة عند الحاجة وللمدة الزمنية المطلوبة.
  - ⊙ إمكان رصد المناطق النائية والوعرة التي يصعب الوصول إليها.
  - ⊙ التسجيل المرئي للحالة الراهنة لمنطقة ما بزمن معلوم، ما يُشكل مرجعية توثيقية لهذه المنطقة.
  - ⊙ إمكان تطويع تكنولوجيا المعلومات للتنبؤ بوقوع الكوارث قبل حدوثها، مثلما حدث في إعصار «هارفي» في الولايات المتحدة الأمريكية أخيرًا.

- توفير المعلومات التي يمكن أن تستفيد منها الدراسات والأبحاث.
- توفير المعلومات عن الكوارث واتجاهاتها وخصائصها وأنواعها، والآثار التي تتركها، ونشْر هذه المعلومات لمختلف أفراد المجتمع.
- يمكن الاعتماد على تكنولوجيا المعلومات، ولا سيما الهواتف المحمولة في ربْط المناطق المتضررة، خصوصًا التي يصعب الوصول إليها برًّا عندما تضرب الكوارث البنية التحتية للمنطقة المنكوبة.
- تعمل تكنولوجيا المعلومات بوصفها مخزنًا للبيانات الخاصة بالمناطق المتضررة التي يُراد إعمارها، وذلك من خلال الاستعانة بهذه البيانات، التي تكون على درجة عالية من الأهمية في أي عملية لهذه المناطق.
- تساعد تكنولوجيا المعلومات على تعزيز الإطار الدولي، لتحسين نُظُم الإنذار المبكر، والتأهب للكوارث عن طريق إنشاء آلية دولية فاعلة، معنية بالإنذار المبكر، بوسائل تشمل نقل المعلومات ذات الصلة بالإنذار المبكر إلى الدول النامية، بما يكفل حصول المُعرضين للكوارث على المعلومات الملائمة في حينه، وكذلك عن طريق توسيع نطاق النظم القائمة وتحسينها.
- اعتماد مراكز رصد الأخطار والكوارث حول العالم، وإدارتها على تقنيات الاستشعار عن بُعد، ونُظم المعلومات الجغرافية للاستفادة من مخرجاتها: كالصور الفضائية والخرائط الرقمية، في رصد عناصر الكارثة قبل حدوثها؛ لتعبئة الجهود والاستعداد المبكر لإدارة العمليات الميدانية في المناطق المُعرضة للخطر، بما يُسهم في الحفاظ على الأرواح والحد من الخسائر.

ثالثًا: نشأة نُظُم المعلومات الجغرافية واستخداماتها:

❑ **تُعرَف نُظُم المعلومات الجغرافية أو ما يسمى** Geographic Information Systems.(GIS)

بأنها وسيلة تعتمد أساسًا على استخدام الحاسب الآلي في تجميع البيانات المرتبطة بمواقع جغرافية ومعالجتها وعرضها وتحليلها؛ لاستنتاج معلومات ذات أهمية كبيرة في اتخاذ قرارات مناسبة.

كما يُمكن تعريفها بأنها التقاء بين البيانات المكانية وبرامج المعالجة المكانية، صُممت بما يُعرف بالخوارزميات ALGORITHMS، لاستنباط البيانات من مصادرها المختلفة، وتخزينها واسترجاعها، ومُعالجتها وتحليلها، وتقديم النتائج في صور خرائطية تُحاكي الواقع، ويتكون هذا النظام من البيانات الجغرافية، والبرمجيات، والأجهزة المستخدمة في تشغيل البرمجيات، والمناهج المستخدمة في التحليل والمعالجة، والمُستخدمين لأدوات النظام والمُنتفعين به.

وقد ظهرت هذه التقنية في العقد السادس من القرن العشرين، ويرجع ظهور المصطلح GIS أول مرة إلى المشروع الذي نفذته إدارة الموارد بالحكومة الكندية (Canada Geographic Information System CGIS) عام ١٩٦٣؛ لتطوير نظام معلومات رقمي، لمعالجة خرائط الموارد الطبيعية في كندا، ثم تلا ذلك العالم هوارد فيشر بجامعة هارفارد بإنشاء معمله الخاص، وأطلق عليه معمل هارفارد لرسوم الحاسوب والتحليل المكاني Harvard Laboratory for Computer Graphic and Spatial Analysis، ثم نقطة التحول في تاريخ نُظُم المعلومات الجغرافية بعد انضمام روجرتوميلنسن RogerTomlinson للمشروع الكندي؛ حيث قام بوضع الأساس لعدد كبير جدًّا من الخوارزميات المستخدمة في معالجة البيانات الجغرافية في صورتها الرقمية، ونتيجة لهذه الجهود قدم المشروع الكندي نتائجه لمُتخذ القرار قبل نهاية عام ١٩٧١، ثم بعد ذلك تأسست بعض المؤسسات الخاصة لنُظم المعلومات الجغرافية مثل «معهد أبحاث النُظم البيئية ESRI»، وأسسه دانجرموند Dangremond، وهو من أفضل المؤسسات في مجال نُظُم المعلومات الجغرافية.

أما عقد الثمانينيّات فيُعد التحول التجاري لنُظم المعلومات؛ حيث تأسست أكبر الشركات في مجال نُظُم المعلومات الجغرافية منه (ERMapper 1989, Small World 1998, MapInfo 1985)، وأنتجت هذه الشركات مجموعات من البرامج لخدمة نُظُم المعلومات الجغرافية، منها (Autodesk, MapInfo, Geomedia, Arc GIS) في التسعينيات، شاعت تقنية نُظُم المعلومات الجغرافية في العالم كله، وظهر عدد من

الأنظمة المساعدة لها مثل: (نظام تحديد المواقع العالمي GPS، الاستشعار عن بُعد عالي الدقة High ResolutionRemoteSensing)، وفي وقتنا الحالي، أضحت نُظُم المعلومات الجغرافية نظامًا شاملًا، يخدم كل المجالات بتقديمه وتحليله المعلومات المكانية، واستنباط النتائج منها، التي تصب جميعًا عند مُتخذي القرار، وأصبحت من الضروريات التي لا غنى عنها لكل الدول، التي تسير في سبيل التقدم والرقي.

إن العلوم الحديثة تتجه الآن إلى معرفة ما قد يحدث في المستقبل، فكُلما كانت المعرفة مبكرة بالمشكلة، أدى ذلك إلى تفادي الأخطار الناجمة عنها، وهذا هو مفهوم نُظُم المعلومات الجغرافية، فبإمكانها تحديد موقع المشكلة بدقة فائقة من خلال ما يعرف بـ Accuracy؛ أي تحديد مدى مطابقة البيانات الرسومية لواقع الظواهر الجغرافية، ويتم ذلك عن طريق تمثيل الظواهر والأهداف الجغرافية على سطح الأرض في صورة رقمية تُعرَف بالنماذج الخطية VectorModels أو النماذج الشبكية Raster Models؛ حيث يُمكن قياس الأبعاد الأفقية والرأسية وإجراء عمليات المعالجة والتحليل للبيانات الجدولية، ومن خلال ذلك يُمكن رصد الظواهر موضع الدراسة، واستخلاص النتائج، والتنبؤ بما يطرأ عليها من تغيرات مستقبلية، وتحديد سُبُل الاستعدادات المناسبة لمواجهة المشكلات الناجمة عنها، **ومن أبرز استخدامات نُظُم المعلومات الجغرافية التالي:**

- **مواجهة الأخطار الطبيعية:** كالبراكين والزلازل والسيول والانهيارات الصخرية وغيرها؛ حيث تستطيع نُظُم المعلومات الجغرافية أن تساعد على تحديد (المسافات والزوايا والاتجاهات والمساحات والارتفاعات)، والموقع من خلال (تحديد موقع الخطر والكارثة)، والتغير الذي يحدث للظاهرة الناجم عنها الخطر، من خلال مراقبة امتدادها وتأثيرها، ورسم الخرائط الجيولوجية اللازمة لمعرفة تتابُع الطبقات الصخرية، وتقديم سيناريو خرائطي لما يحدث، وما يمكن أن يحدث في المستقبل، وما قد ينجم عن هذه الأخطار الطبيعية، والمساعدة على تحديد أنسب الطرق لمجابهتها، والحد من أضرارها.
- **المساعدة على عمليات ترسيم الحدود السياسية بين البلدان.**

- **مواجهة المشكلات الناجمة عن سوء التخطيط للمدن**، من خلال رسم خرائط للتغيرات التي حدثت لمدينة معينة منذ فترة، ومنها: تغيرات البنية التحتية والعمران، استخدام الأرض في الزراعة والصناعة، تغطية أرجاء المدينة بشبكات الكهرباء والماء، العلاقات المتبادلة، توزيع السكان، توزيع الخدمات، إيجاد مواقع البؤر المرورية صاحبة القدر الأكبر من الحوادث والاختناق المروري على الطرق، وتحديد أي المواقع أنسب لإنشاء طرق جديدة داخل المدينة، وفي التخطيط العمراني والسكاني عمومًا.
- **مواجهة إدارة الأزمات**؛ حيث إن إمكان تحليل شبكات الطرق والمسارات والبنية الأساسية؛ لتحديد أقصر مسافة بين نقطتين، يوفر الوقت والجهد، ويعمل على تنظيم العمل، وهذا ما تعتمد عليه نُظُم المعلومات الجغرافية في إدارة الأزمات، مثل: (الحرائق، وانتشار الأوبئة، والحوادث التي تشكل كوارث بشرية بأنواعها)؛ حيث إن امتلاك الخرائط والمعلومات يُعَد أمرًا مهمًّا في مثل هذه الحالات الطارئة، كإرسال الفرق إلى مكان الكارثة عن طريق أقرب مسافة للمكان للإنقاذ أو إرسال الخدمات الطبية الطارئة.
- **حماية البيئة من خلال تصنيف البيئات في اتجاهات عديدة**، خاصة بطبيعتها الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية والمناخية، وتتبع التغيرات الحادثة بمنطقة معينة، وتقدير هذه التأثيرات على المناطق المجاورة، عن طريق كشف التغيير لمجموعة من الخرائط والصور في فترات مختلفة.
- **مجال الطب من خلال توزيع الأمراض وانتشارها على الخرائط**، معرفة عوامل انتشار الأمراض في هذه الأماكن، تحديدًا دون غيرها، أنسب الحلول لمقاومة انتشار المرض إلى المناطق المجاورة والتغلب عليه.
- **البُعد الأساسي لمُتخذ القرار**، المتمثِّل في عبقرية المكان؛ حيث تسهم نُظُم المعلومات الجغرافية في تحديد أنسب الأماكن لمشروع ما، بناءً على معايير تُحَدَّد من قِبَل القائم على المشروع.

- **مجالات السياحة وتنميتها**، والكشف عن الآثار من خلال بناء خرائط للأماكن السياحية وتحديد المناطق المتوقع وجود كشوف أثرية بها.
- **استنتاج المؤشرات التنموية المساعدة لمُتخذي القرار**؛ حيث يمكن تحليل الخصائص الاقتصادية والاجتماعية لمنطقة معينة، بناءً على معايير خاصة مُرتبطة بقاعدة بيانات مسبقة.
- **المجال الزراعي**؛ حيث بمساعدة تقنية الاستشعار عن بُعْد يُمكن تحديد المساحات المزروعة وعدد الأشجار المثمرة، وأماكن الإصابة بالآفات لبعض الأشجار، ومن ثَمَّ تزيد كفاءة الإنتاج.
- **التعرف على مستقبل استخدام الأرض داخل مدينة معينة**؛ حيث يُمكنها إنتاج خريطة للتركيب الوظيفي للمدينة، واستنتاج خريطة مستقبلية لاستخدام الأراضي.
- **مجال التجارة**؛ حيث يتمكن المستخدم من نشر خرائط، ليطَّلع عليها الأشخاص من أرجاء العالم عبر شبكة الإنترنت وأجهزة التليفون المحمول، لأماكن الاستثمار. على سبيل المثال، للعقارات والأراضي؛ إذ يتم تمثيل هذه البضائع على الخرائط في أماكنها، ومن ثَمَّ يتيح للعميل تحديد المكان أو المنتج ومميزاته.
- **بناء الخرائط وترميم خرائط المخطوطات القديمة والمتهالكة**، اعتمادًا على البيانات الوصفية المكتوبة لوصف الأماكن، التي كان يصفها الرحالة في كتاباتهم.

وهذه أبرز المجالات التي تستطيع نُظُم المعلومات الجغرافية العمل داخل مناهجها وخدمة أهدافها، إلا أن هناك عديدًا من المجالات يُمكن أن تعمل فيها نُظُم المعلومات الجغرافية.

وهناك كثير من النُظم لإعداد الخرائط، التي يُستعان بالحاسوب ونُظم حاسوبية في استعمالها، ومن أبرزها ما يلي:

- الخرائط باستخدام الحواسيب (Computer Aided Mapping, CAM).

- الرسم الحاسوبي (Computer Aided Drafting, CAD).
- الرسم والتصميم الحاسوبي (Computer Aided Drafting and Design, CADD)
- نُظم المعلومات الأرضية (Land Information System, LIS).
- فيجب عدم الخلط بين هذه النُّظم ونُظم المعلومات الجغرافية، فمثلًا بالنسبة لنُظم الرسم الحاسوبي (CAD)، على الرغم من مقدرتها العالية على رسّم المخططات وتصميمها، سواء في بُعدَيْن أو ثلاثة أبعاد، وعلى الرغم من أنها تُعَد وسيلة مهمة لإدخال وإعداد الرسوم إلى نُظُم المعلومات الجغرافية، فإنها ليست لديها القدرة على ربط البيانات المكانية ببيانات وصفية، وليست لها القدرة التحليلية للبيانات المكانية أو الوصفية مع البيانات، التي هي في شكل مساحي، وتشغل خلايا (بيانات شبكية Raster Data)، كما في نُظُم المعلومات الجغرافية، ولا يجوز أيضًا الخلط بين نُظُم المعلومات الجغرافية وأنظمة المعلومات الإدارية (Management Information System, MIS) كمثال آخر.
- وتبقى نُظُم المعلومات الجغرافية (G. P. S) (G. I. S) متميزة عن بقية الأنظمة بإمكاناتها المتفوقة وقدراتها العالية.

رابعًا: دور نُظُم المعلومات الجغرافية في إدارة الكوارث:

غالبًا ما تكون الكوارث أحداثًا مكانية، مثل: (الفيضانات، الزلازل، الحرائق، الأعاصير، انتشار الأوبئة...إلخ)، ولذلك فإن امتلاك الخرائط والمعلومات يُعَد أمرًا مهمًّا لإدارة الكارثة، ما يُبرِز أهمية نُظُم المعلومات الجغرافية، التي تمنح أدوات تخطيط الكوارث ورَدّ الفعل اللازم للتعامل معها وتحجيم آثارها، كما تساعد على سُرعة الاستجابة ورسم الخرائط لموقع الكارثة، وتحديد الأولويات، وتطوير خطط العمل وتطبيقها لحماية الأرواح والممتلكات والبيئة.

وتتيح الـ GIS لمديري الكارثة الوصول السريع والمرئي إلى المعلومات الحيوية عن موقع الكارثة، ما يُساعد على تطوير خطط العمل، التي يمكن إرسالها إلى أفراد الفريق الذي يتعامل مع الكارثة، وفِرَق الإنقاذ الميدانية، ومن ثَمَّ تُساعد على تنسيق جهود الطوارئ وتفعيلها، ويتجلى دور نُظُم المعلومات الجغرافية في المسؤولين عن إدارة الكوارث، من خلال الآتي:

❑ **مرحلة الاستعداد للكارثة:**

فوفق مراحل الكارثة المختلفة المعتادة لإدارة الكوارث والأزمات، التي تعتمد على مبدأ الاستباق، يجب على تلك الإدارة أن تقوم برصدٍ متواصل ودقيق لكل المتغيرات التي تحدث في البيئتين الداخلية والخارجية، من أجل التدخل في حالة وجود حَدَثٍ غير عادي.

وطبقًا لتصنيف الكوارث (طبيعية بأنواعها المختلفة- من صُنْع البشر)، يُمكن لنظام المعلومات الجغرافية أن يقوم بدور كبير في الاستعداد للكوارث، ومن ثَمَّ التقليل من الخسائر في الأرواح والممتلكات التي تكون غالبًا النتيجة الحتمية لأي كارثة.

ويمكن إيجاز ذلك الدور في النقاط التالية:

- **يُوفر نظام المعلومات الجغرافية إمكانية مهمة لوظيفة التخطيط**؛ حيث تسعى إدارة الكوارث على مستوى الحكومة أو الوزارة أو المنشأة إلى توفير معلومات خاصة ذات طابع جغرافي، تُساعد على بناء الخطط الخاصة بالوقاية من تلك الكوارث والاستعداد للتدخل.
- **عن طريق المعلومات الجغرافية**، يُمكن لإدارة الكوارث أن تُنظم عملها وأنشطتها بربط الاتصال بمختلف الفاعلين والمتدخلين في إدارة الكوارث من: وزارات، مجالس محلية، أجهزة أمن، مستشفيات وعيادات ميدانية، الحماية المدنية، ومؤسسات الإغاثة،...إلخ.
- **تُوفر نُظُم المعلومات الجغرافية خدمة الرصد الرقابي للمتغيرات المتعددة (المناخية، الجيوفيزيائية،...)**؛ حيث يُتابع المسؤولون في إدارة الكوارث بحسب تخصصاتهم، ويرصدون تلك التغيرات لإعلان حالة الطوارئ والإنذارات المبكرة.

- **في حالة الزلازل والبراكين**، تُوفر نُظُم المعلومات الجغرافية معلومات مكانية رقمية عن مُختلف حركات القشرة الأرضية، وتبيان أهم المناطق المُعرضة أكثر للحركات التكتونية التي تُنتِج الزلازل، والبراكين، ولذلك فتلك المعلومات تُفيد في تجنُّب إقامة التجمعات السكنية، المصانع.
- **تُساعد نُظُم المعلومات الجغرافية على الكشف عن الأخطار المناخية التي تصاحب حدوث كوارث طبيعية ذات طابع مناخي**، ومنها: الأعاصير، العواصف، الفيضانات؛ حيث توفر تلك الأنظمة معلومات مباشرة ومُحددة حول تلك الأخطار، ومنه تستطيع أن تُخصص إجراءات احتياطية لتجنب آثار تلك الكوارث، عن طريق إقامة قنوات تصريف مياه الأمطار (بمساعدة المعلومات الطبوغرافية)، إقامة ملاجئ خاصة بعيدة عن المناطق الممكن تضررها، توجيه مُختلف أجهزة التدخل، ومنها: الإسعاف، الحماية المدنية، من خلال تبيان الطرق الآمنة الممكن استخدامها.
- **يُمكن عن طريق استعمال الأقمار الاصطناعية المساعدة على الحد من انتشار الأمراض المُعدية بمختلف أنواعها**، فعن طريق تحديد المناطق المصابة جغرافيًّا، يمكن عزلها وتأمين التغطية الصحية لها خاصة في المناطق النائية.
- **توفير معلومات عن أماكن إقامة الجسور والسدود في مناطق آمنة من الكوارث الجيوفيزيائية.**

❑ **مرحلة ما بعد الكارثة:**

تُعد مرحلة ما بعد الكارثة المرحلة الأكثر أهمية في التخطيط لإدارة الكوارث؛ لأنها تُمثِّل قدرة أنظمة إدارة الكوارث على العمل والاستجابة للمستجدات الطارئة؛ حيث تبرز أهمية دور نُظُم المعلومات الجغرافية في تقديم المعلومات الدقيقة والصحيحة والفورية لصانعي القرار، عما يحدث في المناطق المتضررة بالكارثة؛ لتُمكِّنهم من اتخاذ القرارات الصحيحة، ولذا يتجلى دور نُظُم المعلومات الجغرافية في هذه المرحلة في النقاط التالية:

- **تسهيل عمل الفرق الخاصة بالتدخل**، ومنها: الشرطة، الحماية المدنية، فرق البحث والإنقاذ، والإسعافات، والاتصالات بين خلية الأزمة والكارثة

وباقي الفاعلين، بتوفير المعلومات الجغرافية لهذه الهيئات، (شبكات الطرق والمواصلات، إقامة المستشفيات الميدانية، طرق الإخلاء، الإسعافات الأولية).

- **تسهيل عملية نقل الأدوية والأغذية إلى المناطق المنكوبة**، عن طريق توفير المعلومات الجغرافية الحالية والخاصة بشبكات النقل، أماكن الملاجئ، وغيرها.
- **توفير المعلومات اللازمة عن المناطق الرعوية للماشية**، وتُعَد تلك المعلومات ذات أهمية بالغة، خاصة في الأمراض المعدية والمتنقلة عبر الحيوانات؛ حيث يُساعد ذلك على حصر الكارثة ووأدِها في مهدها قبل أن تنتشر أكثر.

ويُمكن لتخطيط الكوارث أن يُصبح أكثر فاعلية إذا تم إدخال النمذجة في نُظُم المعلومات الجغرافية؛ حيث إن معظم الكوارث المحتملة يمكن تطبيق النمذجة عليها، ومن ثَمَّ يسمح لمُديري الكارثة برؤية مدى الكارثة وعمقها، وأين ستكون أكبر الخسائر، وما أكثر الأرواح والممتلكات عرضة للخطر، وما الموارد المطلوبة للاستجابة السريعة والفورية بعد وقوع أحداث كبيرة.

وبناءً على ما سبق، تقوم نُظُم المعلومات الجغرافية بدور مهم في تجنُّب الآثار السلبية للكارثة بتوفير معلومات خاصة، تُحدد بها الإدارة طبيعة التهديد والأخطار المحتملة، وبذلك تستطيع رصد الأنظمة والخطط المناسبة وتوزيعها، والاستعداد لمواجهة تلك الكوارث والحد من آثارها، كما تُوفر نُظُم المعلومات الجغرافية ضمان إحاطة شاملة وتوفير صورة عامة عن الوضع الحالي (بعد الكارثة)، من حيث تطبيق تلك المخططات السابقة، ومُتابعة سيرها عن كثب.

وتُعَد نُظُم المعلومات الجغرافية من بين أهم نُظُم المعلومات المساعدة على اتخاذ القرارات قبل الكارثة، وفي أثنائها وبعدها، فهي تُؤدي دورًا استباقيًّا -قبل حدوث الكارثة- عن طريق التحضير المسبق والتخطيط، لكيفية مواجهة الكارثة لوجستيًّا، ماديًّا، بشريًّا، ودورًا إجرائيًّا -بعد حدوث الكارثة- عن طريق تجنيد مختلف الوسائل للخروج بأقل الخسائر، أو تجنُّبها أصلًا.

خامسًا: الهدف من بناء نظام المعلومات الجغرافية لدعم القرار في إدارة الكوارث:

يُعد العامل الأهم لنجاح عمليات إدارة الكوارث، هو الحصول على المعلومات الصحيحة والموثوقة، لاتخاذ القرارات المناسبة؛ حيث تنطبق صحة القول المأثور: «البيانات الأفضل تقود إلى قرارات أفضل»، ونظرًا لانتشار نُظُم المعلومات الجغرافية في الفترة الأخيرة، بوصفها أحد أهم النُّظم المعلوماتية الداعمة لأصحاب القرار؛ كونها تفي بجميع أغراض الاستعلام والتخطيط، في كل المجالات المرتبطة بجغرافية المكان، غير أن اتخاذ القرار في حالات الكوارث عملية معقدة، وتتطلب التعامل مع حجم هائل من البيانات، وتحليل بدائل لسيناريوهات مختلفة، واختيار المناسب منها، ولا شك أن جودة القرار المُتَّخَذ تعتمد أساسًا على صحة البيانات والمعطيات المُدخلة وجودتها وسرعة الوصول إليها.

وبناءً على ما سبق، فإن الشكل الأنسب لبناء نظام المعلومات الجغرافية لدعم القرار في إدارة الكوارث يتمثّل في النقاط التالية:

- **تحديد البنية العامة المطلوبة لقاعدة بيانات المنظومة النهائية**، التي يجب أن تحوي جميع المعلومات اللازمة للتعامل مع الكارثة، وذلك على مختلف المستويات.
- **بناء قاعدة معلومات تحوي معلومات تجميعية عن مختلف الجهات**، التي تتشارك في التعامل مع الكارثة.
- **تحديد العناصر الأساسية (الخرائط)**، وربطها بقاعدة البيانات، وبالتطبيق الأساسي، بحيثُ يتم استدعاء التطبيق إلى بيئة نظام المعلومات الجغرافية.
- **إمكانية تحديد الآلية لتمكين الجهات المسؤولة في جميع المناطق من استخدام البيانات المدخلة في النظام وتحديثها**، كلٌّ في نطاق محافظته.
- **إمكانية توفير جميع البيانات والمعلومات المتعلقة بإدارة الكوارث حاسوبيًّا** لمتخذي القرار.

سادسًا: إسهامات نُظُم المعلومات الجغرافية في العمل الإنساني في أثناء النزاع المسلح والكوارث:

اعتمدت اللجنة الدولية للصليب الأحمر ومنظمات الإغاثة الدولية الأخرى، استخدام نُظُم المعلومات الجغرافية لتقديم الإغاثة الإنسانية؛ حيث تسمح لها بالعمل على مقربة من السكان المتضررين من النزاعات المسلحة، وغيرها من حالات الطوارئ والكوارث الطبيعية.

بدأ الاعتماد على نُظُم المعلومات الجغرافية في أعمال اللجنة الدولية للصليب الأحمر نهاية التسعينيات، في مجال تصميم وبناء شبكات إمدادات المياه داخل المجتمعات المتضررة بسبب النزاعات، وفي مجالات أخرى، أبرزها التالي:

- إعداد الخرائط بهدف جمع البيانات التفصيلية لدعم الأنشطة الأخرى؛ لتحسين عملية اتخاذ القرار المعتمد على المعرفة، ويتسم بالتحديد الدقيق للمواقع؛ لضمان سلامة الأشخاص المتضررين من النزاعات أو الكوارث، وسلامة العاملين في المجال الإنساني.
- تُساعد نُظُم المعلومات على اتخاذ قرارات مستنيرة، والتنبؤ بما يمكن أن يحدث بشكل علمي.
- أنشأت اللجنة الدولية للصليب الأحمر نظامًا خاصًّا، أُطلِق عليه «Geoportal»، أو «البوابة الجغرافية» يتسم بالسهولة، ويساعد جميع العاملين باللجنة الدولية.
- يُساعد على إصلاح البنية التحتية الحيوية، وتحسينها في المجتمعات المحلية المتضررة.
- يُمكن لنُظم المعلومات الجغرافية توفير المعلومات الجغرافية الأساسية، والأخرى المتعلقة باللوجستيات والموارد البشرية، وعمليات الانتشار السريع في الحالات الطارئة المعقدة، والاستفادة الواضحة من معرفة أي الموارد تكون متاحة، وفي أي مكان.

- ساعدت نُظُم المعلومات الجغرافية على فتح آفاق العمل في المجال الإنساني لمجموعة جديدة من الأفراد والمؤسسات، في مجال رسم الخرائط، مثل «برنامج الشوارع المفتوحة» (Open Street Map)، الذي ساعد اللجنة الدولية للصليب الأحمر بشكل كبير في أماكن مثل «هاييتي» في ٢٠١٠، و«قيرغيزستان» في أثناء أعمال الشغب التي اندلعت في ٢٠١٠، وفي مواقع عديدة من أنحاء العالم.

سابعًا: العلاقة بين نُظُم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد:

ترتبط نُظُم المعلومات الجغرافية ارتباطًا وثيقًا بعدد من نُظُم المعلومات، ومنها الاستشعار عن بُعد، ولفهم العلاقة بينهما يجب تبيان تعريف كل منهما: (التعريف الأكثر تداولًا، وليس بالضرورة الأفضل والأدق).

- **نُظم المعلومات الجغرافية:** نُظُم معلومات تستخدم لإدخال وتخزين واسترجاع (استرداد)، ومعالجة وتحليل واستخراج المعلومات المطلوبة جغرافيًّا، أو البيانات المكانية، بما يُتيح لصُناع القرار تخطيط استخدام الأراضي والمصادر الطبيعية والبيئة والمواصلات والأنشطة الحضرية.

- **الاستشعار عن بُعد:** علم دراسة الظواهر الطبيعية والمؤثرة في الطبيعة، والحصول على معلومات عنها من دون التماس معها فيزيائيًّا، ويَستخدِم عمليات تسجيل الأشعة المنعكسة عن الأهداف بواسطة مستشعرات مختلفة وتحليلها؛ للحصول على المعلومات المطلوبة.

- **من وجهة نظر نُظُم المعلومات الجغرافية**، فإن الاستشعار عن بُعْد فرع من فروعها؛ لأن نُظُم المعلومات الجغرافية تُعنى بالبيانات وإدخالها وتخزينها، وتُعَد الصور الفضائية (الأكثر تداولًا في الاستشعار عن بُعد) مصدرًا لهذه البيانات.

- **من وجهة نظر الاستشعار عن بُعْد** بوصفه علمًا يُدرس الأهداف والمساحات والظواهر (سطح الأرض)، وخصائصها النوعية والكمية، فإن نُظُم المعلومات الجغرافية وسيلة لتخزين منتجات الاستشعار عن بُعْد وتحليلها وإدارتها.

- **من وجهة نظر ثالثة** يُمكن لعملية الاستشعار عن بُعْد استخدام البرامج المتاحة، وتنفيذ كل عمليات نُظُم المعلومات الجغرافية من دون استخدام البرامج المتخصصة بنظم المعلومات الجغرافية، كما يُمكن لنُظم المعلومات الجغرافية تنفيذ عملياتها من دون الحاجة إلى الاستشعار عن بُعد، باستخدام الوسائل الأخرى: (خرائط، مخططات، بيانات، مسح حقلي).. وفي حقيقة الأمر هما علمان، لا بد من التكامل بينهما للحصول على أفضل النتائج.

ثامنًا: مفهوم الاستشعار عن بُعد: Remote Sensing أهميته ومميزاته:

الاستشعار عن بُعْد علم وفن تجميع المعلومات عن سطح الأرض من دون الاتصال أو التلامس الفعلي معه، وذلك من خلال تحسُّس الطاقة المنعكسة أو المنبعثة وتسجيلها ومعالجتها وتحليلها، وتطبيق هذه المعلومات، وفي معظم تقنيات الاستشعار عن بُعْد، تشمل هذه العملية التفاعل بين الإشعاع الساقط والأهداف ذاتها.. ويُعرف كذلك بأنه علم تطبيقي مَعْنِيٌّ باستخلاص المعلومات عن العناصر والظواهر، وتخزينها من دون الوصول إلى اتصال مباشر معها. وأقرب مثال للاستشعار عن بُعْد حاسة البصر لدى الكائنات الحية؛ حيث يتم من خلال العين الحصول على معلومات عن العناصر التي نراها، وعن الظواهر والأحداث من دون أن يتم لمسها أو التأثير فيها مباشرة.

ويُمكن تعريفه أيضًا بأنه علم دراسة الأهداف والظواهر على سطح الأرض من دون الاحتكاك المباشر أو التماس الفيزيائي مع الأهداف المدروسة، ويتم هذا الأمر عن طريق استشعار الأشعة المنعكسة أو الصادرة عن الأهداف المدروسة وتسجيلها، ومن ثَمَّ معالجتها وتحليلها؛ للحصول على خصائص الأهداف المدروسة.

وانطلاقًا من التعريفات السابقة، يمكننا عمومًا اعتبار الاستشعار عن بُعْد بأبسط معانيه علم تصوير الظواهر الأرضية، ويكون ذلك بواسطة مُستشعرات خاصة، يتم حملها على متن طائرات، أو أجهزة يدوية، أو أقمار اصطناعية، وهذه المُستشعرات قد تكون كاميرات قياسية، أو أجهزة تصوير ليزرية، أو حرارية، أو أجهزة رادارية، وتُعطي

معلومات مرئية، تستخدم في بعض فروع المعرفة المختلفة، مثل الجغرافيا والجيولوجيا وعلوم الأرصاد الجوية والهندسة المدنية والزراعة.. وغيرها.

وتشمل مصادر الاستشعار عن بُعْد الصور الجوية بأنواعها المختلفة: (مائلة- أفقية- والمأخوذة من ارتفاعات منخفضة من سطح الأشياء)، وصور الأقمار الاصطناعية بأنواعها المختلفة.

وفي عام ١٩٧٢م، أطلق أول قمر اصطناعي لدراسة الكرة الأرضية، وكان ذلك إيذانًا بميلاد علم جديد هو علم الاستشعار عن بُعد، الذي تَطوَّر بتطوُّر علم الحاسوب.

❑ **أهمية الاستشعار عن بُعد:**

تتركز أهمية الاستشعار عن بُعْد في استكشاف الموارد ورصدها وتسجيلها، من ماء، ومعادن، وغطاء نباتي، وتربة، وما تحت التربة، وتسجيل التغييرات التي تطرأ على هذه الموارد، سواء كان هذا التغيير ناتجًا عن الإنسان أو عن الطبيعة، ويُكون الهدف بطبيعة الحال هو التنبؤ بالتغيرات، خاصة تلك التغيرات ذات التأثير السلبي، مثل: الجفاف والفيضانات، التصحر، تآكل الشواطئ، التلوث بمختلف أنواعه، اكتشاف موارد جديدة واستغلالها، إعطاء المؤشرات لتخطيط حركة العمران.

❑ **مميزات الاستشعار عن بُعد:**

يتميز الاستشعار عن بُعْد بمميزات عدة، تجعله أفضل من وسائل أخرى في معالجة عدد من الظواهر العلمية المختلفة، ومن أبرز مميزاته:

- ⊙ تغطية مساحة كبيرة من الأراضي في فترة زمنية وجيزة.
- ⊙ الدقة العالية للبيانات.
- ⊙ قلة التكلفة مقارنة بالمساحات الواسعة، التي تغطيها الصورة الواحدة من صور الأقمار الاصطناعية.
- ⊙ إمكان دراسة التغيرات الزمنية للمناطق المطلوب مراقبتها، بصفة دورية ومنتظمة.

- توفير أرشيف ضخم من الصور السابق التقاطها، ويُمكن الرجوع إليها عند الحاجة.
- إمكان ربط البيانات والمعلومات المستنتجة بنظم المعلومات الجغرافية وقواعد البيانات.
- السهولة النسبية في التعامل مع بيانات الصور.
- توفير بيانات لمناطق يصعب الوصول إليها بالطرق التقليدية.
- سرعة الحصول على النتائج لتوافر البيانات في صورة رقمية.

تاسعًا: أنواع الاستشعار عن بُعد:

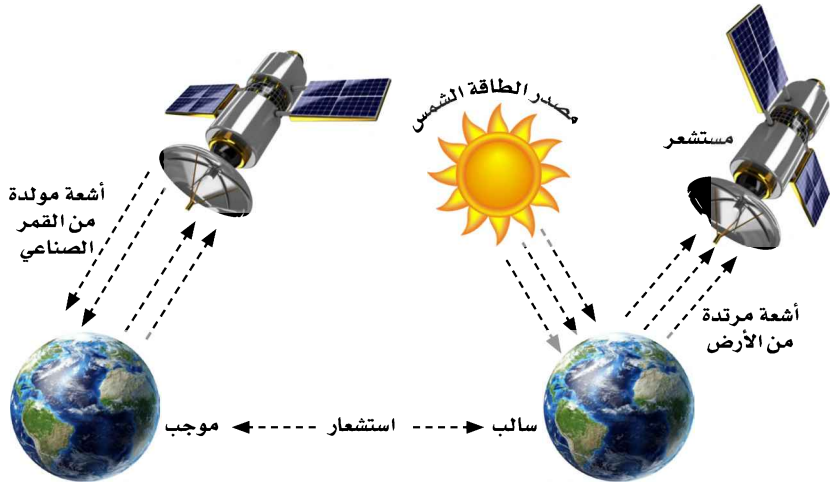
يُمكن تصنيف الاستشعار عن بُعْد طبقًا لنوع البيانات المستقبلة إلى:

- **الاستشعار عن بُعْد الإيجابي** Active Remote Sensing:

وتكون البيانات المستقبلة فيها انعكاسات طيفية؛ حيث تُرسل المنصات الحاملة لأجهزة الاستشعار الموجات الكهرومغناطيسية إلى الأهداف المُراد دراستها، فترتطم بها، وتنعكس لتستقبلها المستشعرات Sensors، التي تُرسلها إلى محطات الاستقبال الأرضية Ground Reception Stations.

- **الاستشعار عن بُعْد السلبي** Passive Remote Sensing:

وتكون البيانات المستقبلة فيه هي الانبعاث الطيفي من الأجسام.

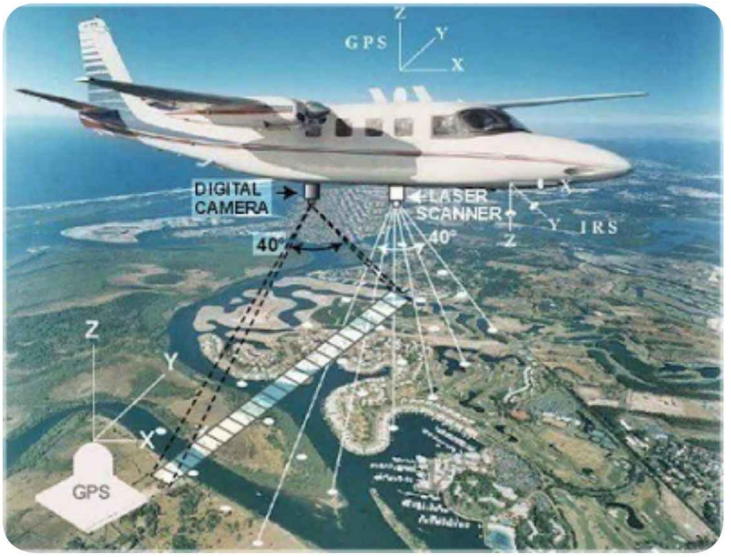


❑ وسائل وطرق الاستشعار عن بُعد:

تجدر الإشارة إلى أن وسائل وطرق الاستشعار عن بُعْد تتضمن نوعيْن رئيسيْن، هُما:

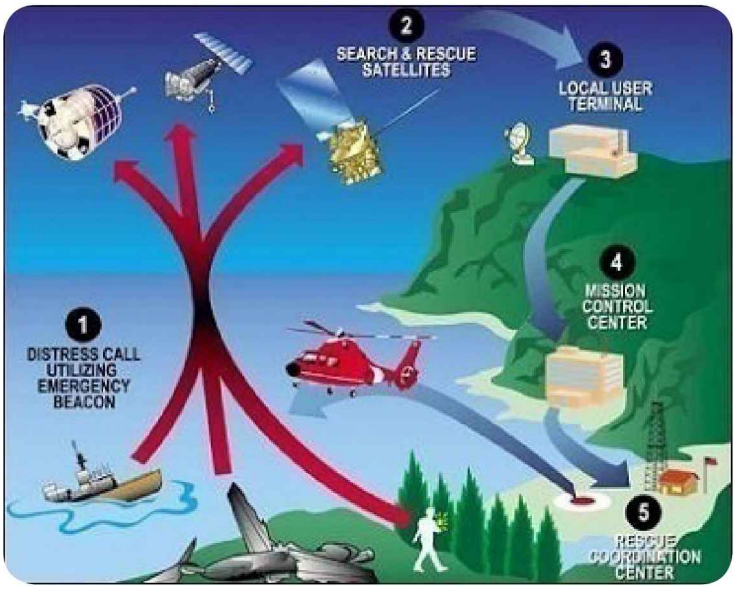
⊙ **الاستشعار عن بُعْد بالتصوير الجوي والصور الجوية** Aeral Remote Sensing:

تختلف تقنية الاستشعار عن بُعْد بالتصوير الجوي (بواسطة الطائرات) عن الاستشعار بواسطة الأقمار الاصطناعية، ويرجع استخدام الطائرات في التصوير إلى بداية القرن العشرين، وتمثّلت البداية في استخدام كاميرات يدوية بدائية، ولكن مع مرور الوقت والتطور العلمي حُمّلت الطائرات بأحدث العدسات الإلكترونية التي يُمكنها التقاط الصور للمناطق الأرضية بوضوح ومقاييس معينة، وتُغطي مساحات تُساعد على استخدامها، وتُسهل من دراسة المنطقة التي يتم تصويرها. وقد أصبح التصوير الجوي علمًا له أصوله وقواعده التي تُدرس في المعاهد المتخصصة، كما أصبحت هناك شركات متخصصة في مجال التصوير الجوي، وأمكن استخدام الصور الجوية في رسم الخرائط بدقة وبسرعة بعد أن كانت عمليات المسح الأرضي تستغرق شهورًا وربما سنوات عديدة.



⊙ **الاستشعار عن بُعْد بالأقمار الاصطناعية** Satellite Remote Sensing:

الاستشعار عن بُعْد بواسطة الأقمار الاصطناعية هو امتداد حديث للتصوير الجوي، ولكن الجديد فيه استخدام الأقمار الاصطناعية بدلًا من الطائرة، ويُمكن تعريف القمر الاصطناعي بأنه جسم أو هيكل يُوضَع في مدار حول الأرض أو حول أي جسم فضائي آخر، بحيثُ يتحرك بالقوانين الطبيعية نفسها التي تحكم حركة الكواكب في مداراتها حول الشمس. وقد استفاد الإنسان من ذلك، فزوَّد هذه الأجسام (الأقمار) بأجهزة خاصة، يمكنها تصوير الأرض من ارتفاعات شاهقة، ما يعطي نظرة شاملة لا يمكن الحصول عليها من دون استخدام مثل هذه الارتفاعات الشاهقة.



❑ **تطبيقات الاستشعار عن بُعد:**

⊙ **المجال الزراعي:**

تُعَد تطبيقات الاستشعار عن بُعْد في المجال الزراعي من أهم تطبيقات هذه التقنيات الحديثة؛ نظرًا لتغير الغطاء النباتي، وتبدُّل استعمالات الأراضي والغطاء

الأرضي، وتنوُّع الثروة الزراعية، الأمر الذي يستدعي الاستمرار في مراقبتها ومتابعة تطوُّرها لوضع برامج إدارتها واستثمارها، وجاءت تقنيات الاستشعار عن بُعْد لتحقيق كل هذا؛ لما تتميز به المُعطيات الاستشعارية من دقة وشمولية وتعددية طيفية وتكرارية زمنية، ويَكمن استخدامها في هذا المجال للغايات التالية:

- الكشف عن الكمية المتوقعة للمحاصيل الزراعية ومقدارها.
- إرشاد الفلاحين إلى الأماكن التي تزدهر فيها المحاصيل، وتلك التي لا تتواءم معها، ومن ثم يُمكن لهم تحسين إستراتيجياتهم حول أماكن الري والتسميد وتوقيتهما ومقاديرهما المناسبة.
- الكشف المبكر عما يصيب المزروعات من أمراض وآفات.
- رسْم سياسات خاصة لحماية المناطق الزراعية من التلوث.
- رسْم الخرائط الخاصة بالمجال الزراعي؛ للكشف عن المناطق الزراعية وتحديد مساحتها.

❑ مجال الغابات:

- تُستعمَل صور الأقمار الاصطناعية في تحديد وصناعة خرائط تصنيف أشجار الغابات، تأثير الأمراض البارزة، تغيرات الظروف البيئية، الامتداد الجغرافي للغابات.
- تُستخدَم في تصنيف الغابات، تحديد الأنواع النباتية، مراقبة التغيرات التي تطرأ عليها، تقييم عمليات التلف والإصابة بالحشرات، التعرض للحرائق وتحديد الأضرار، خاصة في المناطق الجبلية الوعرة صعبة الوصول.
- تُستخدَم في تقدير حجم الأخشاب التي يمكن الحصول عليها من الغابة.

❑ مجال موارد المياه:

إن أجهزة الاستشعار عن بُعْد أجهزة حساسة للأشعة الكهرومغناطيسية، يُمكنها تسجيل بيانات عن البيئة بعد تحليلها، والحصول على معلومات قيِّمة، يُمكن الرجوع إليها للمساعدة على المراقبة والمُتابعة المستمرة للأرض ومواردها، ما يُتيح فرصًا

للرصد والمقارنة بين فترات زمنية مختلفة، تُمكن من تحسين إدارة الموارد المائية، وبتحليل آثار الانكسارات الجيولوجية للبحث عن مصادر المياه الجوفية، وتمتاز المياه بأن لها أعلى حرارة نوعية، ومن ثَمَّ يُمكن الإحساس بالمياه والرطوبة باستخدام الطاقة الحرارية المنبعثة؛ حيث تكون المياه باردة في الأيام الدافئة، ودافئة في الليالي الباردة، وباستخدام معلومات الأقمار الاصطناعية الحرارية يُمكن بسهولة التعرف على المخزونات الجوفية من المياه.

⊙ **التربة:** أما الدور الذي يؤديه الاستشعار عن بُعْد في مجال التربة، فهو:

- تصنيف التربة إلى أنواعها، ودراستها.
- إعداد الخرائط الخاصة بمناخ التربة.
- مُتابعة الأرض، مراقبتها، المساعدة على اتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة لمنع جفاف التربة والمسطحات المائية الصغيرة.

❑ **مراقبة التصحر:**

من خلال تقنيات الاستشعار عن بُعْد ونُظم المعلومات الجغرافية GIS, RS، تتم مراقبة تغيُّر ظواهر التصحر ورصدها، وانهيار الأراضي، وإعداد خرائط التغيرات لتحديد أسبابها ومدى انتشارها وقياس شدتها، وتسليط الضوء على الأخطار التي يُمكن أن تنجُم عن الإدارة غير الملائمة لموارد الأراضي؛ بُغية الوصول إلى أسسٍ صحيحة لمقاومة التصحر وتدهور الأراضي المتصحرة.

كما تُستخدم تقنيات الاستشعار عن بُعْد في مراقبة حركة الكثبان الرملية وزحف الصحراء، وإعداد خرائطها؛ لتحديد أسبابها، ومدى انتشارها، والأخطار التي يمكن أن تنجُم عنها.

⊙ **الجيولوجيا:** تكمُن أهمية الاستشعار عن بُعْد في مجال الجيولوجيا فيما يلي:

- المُساعدة على إعداد الخرائط الجيولوجية.
- الكشف عن المناطق التي تحتوي على براكين، والعمل على مراقبة التحركات التي تحدث للطبقات الأرضية.
- مُتابعة التصدعات الأرضية.
- التنقيب عن المواد الخام في مصادرها الطبيعية.

❑ **الخرائط:**

يستفيدُ عُلماء الجغرافيا في رسْم الخرائط وإعدادها اعتمادًا على الصور الجوية والفضائية التي يتم التقاطها، كما تُساعد على استمرارية تحديث الخرائط القديمة بكل دقة، وإثرائها بالمعلومات المفيدة.

❑ **الأخطار والكوارث:**

يتمثّل ذلك في التقليل من أخطار البراكين والزلازل والفيضانات والسيول، إضافة إلى متابعة المنكوبين والمشردين، اكتشاف التفجيرات النووية، دراسة مدى تأثيرها، حرائق الغابات والمناطق المحيطة بها.

❑ **مجال حماية البيئة:**

يُسهم في الحفاظ على البيئة من التلوث من خلال مراقبتها، دراسة التغييرات التي تطرأ على سطح الكرة الأرضية، ومن ثَمَّ المُساعدة على إيجاد الطرق الخاصة بذلك، وتُركز على دراسة ما يلي:

- التلوث الجوي.
- التلوث المائي.
- مدى تأثير المصانع وأخطارها على البيئة المحيطة بها.
- دراسة الأثر السلبي الذي تُلحِقه النفايات بالبيئة.
- رسم الخرائط التي تتعلق بالمناطق المحمية.
- مُتابعة ودراسة ما يطرأ على البيئة من متغيرات والكشف عن مدى تأثيرها في البيئة والإنسان.

⊙ **في مجال الآثار:**

يهتم علماء الآثار بالحفاظ على الإرث التاريخي، من خلال الاستعانة بالاستشعار لالتقاط الصور الفضائية، لاكتشاف الآثار وأماكن وجودها.

⊙ **الملاحة الجوية والبحرية:**

يؤدي الاستشعار عن بُعْد في مجال الملاحة الجوية والبحرية دورًا مهمًّا؛ إذْ يُستخدم لتحديد مسارات الطائرات ومواقعها في المجال الجوي، كما يُساعد على الكشف عن التلوث، وتسرُّب الوقود في مياه البحار والأنهار.

- **المجال العسكري:**

يُمكن الاستفادة منه في مجال الدفاع الجوي والصاروخي، وفي الاستطلاع ومراقبة الحدود الجوية والبحرية والأرضية، كما يُساعد على التجسس.

- **مجال الأرصاد الجوية والمناخ:**

الأرصاد الجوية أحد التطبيقات التي استفادت مبكرًا من الأقمار الاصطناعية؛ حيث أصبحت مُعظم الدول تعتمد على التنبؤ الجوي؛ لما له من دور اقتصادي كبير في تقدير المحاصيل والغِلال، ومُتابعة الأعاصير والزوابع، التي تصل إلى حد الكارثة، ويعمل الاستشعار عن بُعْد في هذا المجال على:

- التنبؤ بحالة الطقس.
- اكتشاف الأعاصير والعواصف قبل وصولها، والتحذير منها، ومُتابعتها.
- رسم خرائط يومية لحركة الرياح والأعاصير والغيوم، وتحديد نوعها وسمكها ودرجة حرارتها.
- دراسة تلوُّث الهواء.
- رصْد المتغيرات المناخية، ومنها: درجة حرارة سطح الأرض، المسطحات المائية، الجبال الجليدية.
- إمكان تحديد كمية الأمطار المتوقع هطولها.

عاشرًا: أهمية استخدام الاستشعار عن بُعْد في إدارة الكوارث

يُمكن الاستفادة من الصور الفضائية وبيانات الاستشعار عن بُعد في إدارة الكوارث، وفيما يلي عرضٌ لأهم مميزات الاعتماد على هذه التقنية في مجال الكوارث:

- **رصْد التغيرات السريعة التي تحدُث على سطح الأرض**، فمن المعروف أن البيانات التي تلتقطها الأقمار الاصطناعية عبر سطح الأرض والغلاف الغازي يتم تصويرها على فترات قصيرة. وخير مثال على ذلك، إمكان تسجيل بيانات وفيرة وسريعة عن الفيضانات النهرية والساحلية، والزلازل والبراكين والمناطق المتضررة من السيول، وكذلك مناطق الصراعات المسلحة.

- **تجمع صور الأقمار بيانات عن مساحات صغيرة متجاورة (خلايا)** (Pixels)، يبلغ ضلع الواحد منها بضع عشرات من الأمتار، وتضم الوحدات المساحية الصغيرة تفاصيل كثيرة، تُساعد المسؤولين عن إدارة الكوارث.
- **دقة تحديد المواقع**، وتتبُّع امتداد ظواهر سطح الأرض؛ حيث إن دراسة مثل هذه الأشكال على درجة كبيرة من الأهمية في إدارة الكوارث، خاصة في مرحلة ما قبل الكارثة.
- **تُساعد الصور الفضائية على إجراء مقارنات دقيقة لظاهرة معينة خلال فترة زمنية محددة**، ويُمكن خلالها رصْد الأخطار ودرجات الخطورة.
- **يُمكن استخدام الاستشعار عن بُعد خصوصًا نظام** (NDVI) **بوصفه مؤشرًا للاستكشاف المبكر للظروف الجوية السيئة**، مثل: العواصف الرملية والرعدية والسيول، وتقدير تأثيراتها في السكان والأنشطة الاقتصادية المختلفة.
- **تُعَد صُور الأقمار الاصطناعية أداة مهمة لتوفير المعلومات ليس داخل حدود الدولة الواحدة فقط**، وإنما في التخطيط الدولي.

من العرض السابق يتضح أن تقنية الاستشعار عن بُعد أداة ضرورية وفاعلة، ومساعدة لفريق إدارة الكوارث ولصانعي القرار.

مجالات الاستشعار عن بُعْد في إدارة الكوارث

تتسمُ الكوارث بسرعة حدوثها، وضيق الوقت المتيسر لاتخاذ القرار حيالها، وعلى فريق إدارة الكوارث تحقيق درجة استجابة سريعة وفاعلة للأحداث الناتجة عن حدوث الكارثة، وتخفيف الآثار الناجمة عنها، وسرعة إعادة التوازن في مسرح الكارثة، كما يجب أيضًا على فريق إدارة الكوارث التحكم في سير أحداث الكارثة، لهذا يحتاج فريق إدارة الكوارث إلى التقنيات الحديثة التي تُمكِّنه من سرعة الحصول على أكبر قدر ممكن من البيانات والمعلومات في وقت قصير، وتوفير الدعم الضروري لسرعة إعادة التوازن للمجتمع المنكوب.

وتُعَد تقنية الاستشعار عن بُعْد من أفضل التقنيات التي يُمكن الاعتماد عليها من قِبَل فريق إدارة الكوارث، من خلال الكم الهائل من المعلومات التي يُمكن الحصول عليها من الصور الفضائية وبيانات الاستشعار.

وفيما يلي عرض لكيفية الاستفادة من الاستشعار عن بُعْد في بعض الكوارث:

❑ **الزلازل:**

الزلزال حركة تموُّجية تحدث في الطبقات الأرضية، وتنجم عنها خسائر فادحة في الأرواح والممتلكات وتدمير البنية الأساسية، وتتمثّل خطورة كارثة الزلزال في أن العلوم الحديثة لم تتوصل حتى الآن إلى التنبؤ بحدوثه.

ونظرًا لأن الهزة الزلزالية عادة لا تستغرق أكثر من عدة ثوانٍ، ومن دون أن تكون متوقعة، فإن إمكان التصوير الفضائي والاستشعار لا يمكن أن يلاحق عمليات حدوث الزلزال نفسه، ولكن تفيد تقنية الاستشعار عن بُعْد في جمع البيانات عن آثار الهزة الزلزالية بسرعة كبيرة، وتفيد أيضًا متابعة الصور الفضائية على فترات زمنية متتالية لمناطق الخطر الزلزالي تتبع الظواهر الجيولوجية والتكتونية المرتبطة بذلك النشاط، ومن ثم تحديد مناطق الخطر الزلزالي، وتوقُّع حدوث الهزات الزلزالية، وهي أهم الظواهر التضاريسية التي تشير إلى حدوث تصدعات في القشرة الأرضية، أو تحديد مناطق التصدع النشطة.

❑ **البراكين:**

البُركان جبل مخروطي الشكل، تكوَّن حول فتحة في القشرة الأرضية، تخرج منها المواد المنصهرة والغازات المنبعثة من باطن الأرض إلى سطحها. ويُمكن تحديد الاستفادة من الصور الفضائية في التخفيف من أخطار البراكين على النحو التالي:

⊙ عند ثوران البُركان تخرج مواد صلبة دقيقة تُعرف بالرماد البُركاني (Ashes)، ويظل هذا الرماد عالقًا في الجو مدة طويلة، ويُنقَل مع الرياح مسافات بعيدة جدًّا

عن منطقة البركان، وتتمثّل خطورة الرماد البُركاني في أنه يُغطي سطح الأرض بسحابة قاتمة سوداء من الأتربة والرماد والدخان، تؤدي إلى أخطار صحية عديدة.

ويُستفاد من الصور الفضائية وتسجيلات الاستشعار، التي يتم التقاطها في تسلسل زمني، في تحديد اتجاهات حركة الرماد البُركاني، وتحديد المناطق المهددة بالخطر.

- تُعرف المواد السائلة التي تُخرج من البراكين باسم (اللافا Lava)، وتتراوح درجة حرارتها بين ٦٠٠ درجة مئوية و١٢٠٠ درجة مئوية، وتنساب بسرعة من فوهة البركان بسرعة تتراوح بين ٣٠ و٦٩٠ ميلًا/ الساعة.

وتُوضح الصور الفضائية وتسجيلات الاستشعار ثورة البُركان، وبمُقارنة سلسلة من الصور والتسجيلات في ساعات التصوير المختلفة، يتضح من خلالها الآثار المدمرة للبُركان.

- تنبثق مع المصهورات البُركانية كميات كبيرة من الغازات والأبخرة، وأخطر أنواع الغازات ثاني أكسيد الكربون، وتتمثّل خطورة الغازات في أنها تُكوِّن سُحبًا منخفضة كثيفة سوداء اللون، وتظهر فيها ألسنة من النيران.

ويُمكن من خلال فحص الصور الفضائية تحديد المساحات التي تغطيها السحب، واتجاه حركتها، وتحذير المناطق المعرضة لأخطارها.

❑ السيول:

تتعرض بعض المناطق الجغرافية خاصة لأخطار السيول، التي تؤدي إلى تخريب مظاهر الحياة والمناطق التي تتعرض لها وتدميرها؛ حيث تُدمِّر السيولُ الطرقَ، وتجرف السيارات، ما ينتج عنه عديد من الضحايا من مستخدمي هذه الطرق، إلى جانب تدمير المناطق العمرانية والسكانية والمزارع.

وتفيد تقنية الاستشعار عن بُعْد في الحد من خسائر السيول، فمن الصور الفضائية يُمكن تحديد اتجاهات حركة السحب، أنواعها، أماكن تجمُّعها، تحديد المناطق المعرضة لأخطار السيول، كما يُمكن التنبؤ بحدوث السيول، ومن ثم تحذير السكان ومستخدمي الطرق المهددة بأخطار السيول، باستخدام طرق الإنذار المختلفة، وكذلك سرعة جمع بيانات عن خسائر السيول، وتأثيرها في المناطق السكنية والطرق.

❑ **العواصف الرملية:**

حركة مجموعة من الحبيبات الصلبة المنتشرة في الهواء بسرعة عالية، وينتُج عنها انخفاض مدى الرؤية، وقد تنعدم كلية في بعض العواصف، واقتلاع الأشجار، وتعطُّل حركة المرور، وآثار سيئة على صحة الإنسان، ويتم إغلاق الطرق الصحراوية والموانئ والمطارات في أثناء حدوث العواصف الرملية.

وتفيد الصور الفضائية في التنبؤ بحدوث العواصف الرملية وتحديد اتجاهها، والنطاق الذي تعرض لها، والمناطق التي يُرجَّح تعرضها لهبوب هذه العواصف، ومن ثم يتم تحذير المناطق المُعرضة لأخطارها، وتحذير السكان، وبذلك تنخفض نسبة الخسائر الناجمة عن حدوث هذه الكارثة.

❑ **حركة الكُثبان الرملية:**

الكُثبان الرملية تلال من الرمال، تختلف ارتفاعاتها ما بين بضعة أمتار إلى عشرات الأمتار، وتتكون من رمال مستديرة الحبيبات، وغالبًا ما تكون الكُثبان في حالة عدم استقرار؛ فهي تتحرك مع اتجاه الرياح، وتنجُم عن هذه الحركة أخطار كبرى على النشاط البشري؛ إذ قد تُؤدي إلى هدْم القرى والمناطق السكنية، وتُهدد الطرق والأراضي الزراعية.

وتفيدُ الصورة الجوية في تحديد المناطق المهددة بخطر الكُثبان وزحفها ودرجات الخطورة، ومن ثم يُمكن تثبيت الكُثبان، ومن ثَمَّ تخفيف الخسائر الناجمة عنها.

❑ تآكل السواحل:

تُعد من أخطر المشكلات البيئية التي تُعانيها المناطق الساحلية، وينتج تآكل السواحل عن زيادة معدلات نحت الأمواج في أماكن مُعينة من المناطق الساحلية، ما يؤدي إلى تراجُع خط الشاطئ، تَقدُّم البحر في اتجاه اليابسة، تدمير المنشآت الهندسية في المناطق الساحلية من طُرقٍ ومبانٍ وغيرهما.

وتفيد الصور الجوية في تحديد معدلات النحر، وهو (تآكل الشواطئ) في السواحل، ومن ثم يتم تحديد أنسب المواقع لوسائل الحماية اعتمادًا على الصور الجوية والفضائية والخرائط.

❑ التصحر:

التصحر امتداد مكاني للظروف الصحراوية في اتجاه المناطق الرطبة، وتتمثّل مظاهر التصحر في تعرية الطبقة العليا من التربة، نشاط حركة الكثبان الرملية، تناقُص الغطاء النباتي وتدهوُر نوعيته، تملُّح التربة الزراعية وزيادة قلويتها، زيادة كمية الأتربة في الهواء.

ويُفيد تحليل الصور الفضائية في تحليل طبقات الطيف الضوئي؛ لمعرفة موقع الغطاء النباتي الأخضر وتحديده، وما قد يطرأ عليه من تغييرات، ومتابعته باستمرار.

❑ حرائق الغابات والمراعي:

يحدث كثيرٌ من الحرائق في الغابات والمراعي، إمَّا لأسباب طبيعية، ومنها: حدوث الصواعق أو الانفجارات البركانية. وإما بفعل الإنسان بشكل إرادي، ومنها تعمُّد حرق الغابات لإزالتها؛ لتحل محلها محاصيل زراعية، أو بشكل غير إرادي.

وتفيد تقنية الاستشعار عن بُعْد والصور الفضائية في تحديد مناطق الحرائق، والمناطق المعرضة لأخطار السحب، التي تحمل الرماد الناتج عن هذه الحرائق، وتوجيه فِرَق الإنقاذ والإسعاف للتخفيف من آثاره.

وفي ضوء ما سبق، تَبرُز أهمية تقنية نُظُم المعلومات الجغرافية، وقدرتها على مساعدة المختصين بتوفير الخرائط، واستخلاص المعلومات، ما يُسهم في تخيُّل السيناريوهات، حل المشكلات المعقدة، تقديم الأفكار المؤثرة، استنتاج الحلول، إلى جانب الاستشعار عن بُعْد وتطبيقاته الجغرافية بوصفه تقنية لا غنى عنها في عمليات التحليل والتقييم والرصد لمختلف الظواهر الطبيعية والبشرية، وذلك من خلال فترة زمنية معينة، وفي رقعة جغرافية محددة، إضافة إلى تكنولوجيا المعلومات.. كل ذلك أصبح أهم الأدوات الفاعلة في إدارة الأمن الاجتماعي والكوارث والأزمات، وذلك عن طريق دورها في توعية المواطنين بطبيعة التهديدات والكوارث، والطرق المثلى لمواجهتها والتعامل معها، ورصد الواقع العملي، وجمع المعلومات المتعلقة بالمناطق المتضررة ونشرها، وإبلاغ المسؤولين ومؤسسات الإغاثة بالموارد اللازمة لمواجهة الأزمة، فضلًا عن زيادة قدرة الاستجابة للكوارث الطبيعية بكل أنواعها، وتحقيق أهداف التنمية المُستدامة، وتحفيز النمو الاقتصادي، فضلًا عن دوره المهم في التنبؤ بوقوع الكوارث، واكتشافها، وإرسال إشارات تحذيرية، ويعتمد هذا الدور على أربعة جوانب رئيسة، هي: الوقاية، والاستعداد، والاستجابة، وإعادة الأوضاع إلى ما كانت عليه.