فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران/ دورهٔ هشتم، شمارهٔ سوم، پاییز ۱۳۹۷
Disaster Prevention and Management Knowledge (DPMK)
Quarterly, Vol. 8, No.3, Serial 29 (Fall 2018)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۹

نقش سنجش از دور و داده‌های آن در چرخه مدیریت بحرانی طبیعی و بحران‌ها

مرضیه سادات میراحسنی[۱] و عبدالرسول سلمان ماهینی[۲]

۱. دانش‌آموخته دکترا، گروه ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده محیط زیست و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران(نویسنده مسئول) mmirahsani@gmail.com

۲. استاد گروه ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده محیط زیست و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران

چکیده

زمینه و هدف: مدیریت بحران در قالب چرخه مدیریت مؤثر شامل پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی است. سنجش از دور به عنوان منبع داده و اطلاعات و ابزاری قوی در محدوده چرخه مدیریت بحران به دانشمندان و تصمیم‌گیران به درک پدیده‌های مکانی کمک می‌نماید. داده‌های مکانی حاصل از سنجش از دور در برابر بلایا و در چرخه مدیریت بحران، کمک شایانی می‌کند. هدف این مطالعه مرور داده‌های مورد استفاده و ذکر مثال‌های کاربردی است.

روش: به‌علت کمبود یک منبع فارسی جامع در خصوص مطالعه چرخه مدیریت بحران و کاربردهای داده‌های سنجش از دور در آن، این مطالعه به معرفی و مرور نمونه‌هایی از کاربردهای صورت گرفته و انواع داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز برای هر مرحله چرخه شامل منبع داده اپتیک، حرارتی و رادار روزنه مصنوعی در مقیاس‌های مکانی و زمانی می‌پردازد.

یافته‌ها: علم سنجش از دور به عنوان ابزاری کارا، در حیطه چرخه مدیریت بحران است. سنجش از دور را می‌توان در کاهش بلایا از طریق شناسایی و درک خطرات، اعمال نمود. یکی از اقدامات مهم فازهای پیشگیری و مقابله، پایش بلایا است، که می‌تواند به طور بسیار موثری ریسک بلایا را کاهش دهد. پیشگیری باعث کاهش خطر و در نتیجه کاهش احتمال وقوع بلایا، بخش مهمی از چرخه مدیریت بحران است، زیرا بهترین گزینه برای کاهش احتمال یک بحران از طریق پیشگیری وقوع خطر می‌باشد.

نتیجه‌گیری: سنجش از دور در تأمین تصاویر سری زمانی و داده‌های مورد نیاز جهت پایش و اجرای ارزیابی و آمایش سرزمین نیز نقش بسیار موثری دارد. فناوری سنجش از دور می‌تواند با پرداختن به برخی محرک‌های بلایا، از طریق ارائه داده لازم برای کمک به برنامه‌ریزان آمایش سرزمین، مدیران بحران به مدیریت بحران کمک کند.

کلیدواژه‌ها: سنجش از دور، چرخه مدیریت بحران، داده‌های مکانی، پایش.

◀ **استناد فارسی (شیوه APA، ویرایش ششم ۲۰۱۰):** میراحسنی، مرضیه سادات؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول (پاییز، ۱۳۹۷)، نقش سنجش از دور و داده‌های آن در چرخه مدیریت بحرانی طبیعی و بحران‌ها. *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران، ۸* (۳)، ۲۲۵-۲۴۰.

The role of remote sensing and its data in the disaster and crisis management cycle

Marziehsadat Mirahsani[1], Abdolrassoul Salman Mahiny[2]

PhD, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Land use and Land Evaluation group, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran, mmirahsani@gmail.com,

Profesor, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Land use and Land Evaluation group, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran, rassoulmahiny@gmail.com,

Abstract

Background and objective: Crisis management in an effective management cycle includes prevention, preparedness, coping and reconstruction. Prevention, which reduces the risks and in consequence the likelihood of disasters, is an important part of the crisis management cycle, since it is the best option to reduce the likelihood of a crisis by preventing the risk. Remote sensing may be used to reduce disasters by identifying and understanding hazards. Remote sensing provides spatial data which are useful in disasters and crisis management cycle. One of the important steps in the phases of prevention and coping is disaster monitoring, which can greatly reduce the risk of disasters. Remote sensing also plays a very important role in providing timeline images and necessary data to monitor and implement land evaluation and assessment. Remote sensing technology can help crisis managers and land planning planners by addressing some disaster incentives through providing the necessary data. The purpose of this study is to consider the applied data and to list practical examples and providing an example of the application of remote sensing data in drought monitoring.

Method: This study initially introduced and considered some examples of the applications and the types of necessary data and informations for every step of a cycle including the source data of optics, thermal and artificial stomatal radar on spatial and temporal scales, due to the lack of a comprehensive Persian source regarding the study of the crisis management cycle and the applications of remote sensing data. At the end, a case study of remote sensing time series data application in disaster monitoring in the phase of prevention is considered.

Findings: The efficiency of remote-sensing images of the MODIS sensor in diasters monitoring was demonstrated at the regional scale due to the relatively high spatial and temporal resolution.

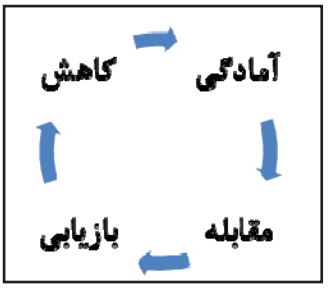
Results: Remote sensing is an effective tool within crisis management cycle. MODIS time series images include NDVI vegetation indexes and land temperature (LST) are proper for drought monitoring

Keyword: Remote sensing, crisis management cycle, spatial data, monitoring.

▶**Citation (APA 6th ed.):** Mirahsani M, Salman Mahiny A. (2018, Fall). The role of remote sensing and its data in the disaster and crisis management cycle. *Disaster Prevention and Management Knowledge Quarterly (DPMK), 8*(3), 225-240.

مقدمه

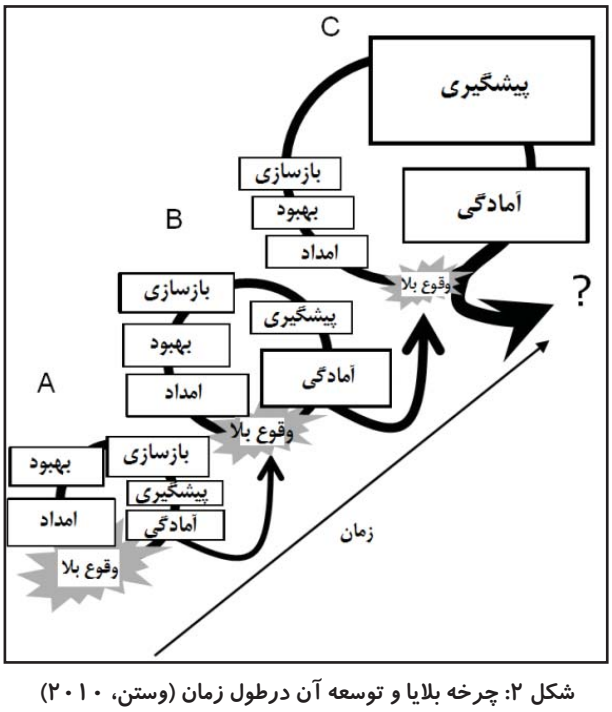
رویکرد چرخه مدیریت بحران شامل مراحل پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی تا وقوع بحران است. بسیاری از کشورها به برنامه‌ریزی از طریق چرخه مدیریت بحران شامل تلفیق چهار مرحله آن می‌پردازند. مراحل چرخه مدیریت بحران به‌طور پیوسته و مرتبط بوده و از هم جدا نیست؛ و در حالت ایده‌آل به صورت تلفیق در سراسر فرایند برنامه‌ریزی است. تصمیم‌گیری در مورد روش‌های پیشگیری ریسک بر سطوح برنامه‌ریزی جهت آمادگی، مقابله و بازسازی تاثیرگذار است. سطوح آمادگی و مقابله جوامع تعیین کننده آن است که آیا رویداد به بلا تبدیل می‌شود یا نه. تاثیر مرحله مقابله، نقش مهمی در چگونگی بازیابی جسمی و روانی جوامع آسیب‌دیده دارد. تجارب کسب شده از مرحله مقابله را می‌توان در مرحله کاهش ریسک و برنامه‌ریزی آمادگی گنجاند. در نهایت، مرحله بازسازی می‌تواند شامل اقدامات پیشگیری ریسک جهت افزایش انعطاف‌پذیری و کاهش آسیب‌پذیری در آینده باشد (جوش[1] و همکاران، ۲۰۰۹). در شکل ۱ چرخه بلایا و اجزای مختلف (پیشگیری یا کاهش، آمادگی، مقابله و بازیابی یا بازسازی) و شکل ۲ چگونگی این تغییرات در طول زمان نشان داده‌شده است (وستن[2]، ۲۰۱۰).



شکل ۱: چرخه مدیریت بحران (جوش و همکاران، ۲۰۰۹)

در (بخش A) بیشترین تاکید چرخه بر پیشگیری، آمادگی، مقابله و بازسازی است، به بحران دیگر)به علت اثرات مشابه بلا و یا بدتر شدن اوضاع(منجر می‌شود. سپس در (بخش B) توجه بیشتر بر آمادگی در برابر بلایا با سامانه‌های اخطار و برنامه‌های آگاهی بلایا متمرکز شده است. در نهایت (بخشC) تلاش درحال تمرکز بر پیشگیری از بلایا و آمادگی می‌باشد. هدف نهایی از مدیریت ریسک بلایا بزرگنمایی این چرخه و تنها رسیدن به فاز پاسخ برای رویدادهای شدید با تکرار بسیار پایین است. به بیان عبدالشاه و همکاران (۱۳۹۵)، جلوگیری از تبدیل مخاطرات طبیعی به فجایع انسانی مستلزم ارتقای توان مدیریتی و برنامه ریزی‌های مدیریت مخاطره است. بنابراین در روند خدمت‌رسانی در چنین حوادثی، ثانیه‌ها و دقایق اهمیت بسزایی در نجات جان انسان ها دارد.

آمایش سرزمین، نقشی کلیدی در کاهش خطرپذیری شهرها از طریق پیشگیری بر عهده دارد. یکی از اقدامات مهم فاز پیشگیری شامل ارزیابی و آمایش سرزمین است، زیرا اجرای ارزیابی و آمایش سرزمین می‌تواند به طور بسیار موثری ریسک بلایا را کاهش دهد. برنامه‌ریزی و مدیریت چگونگی کاربرد بهینه زمین به عنوان یکی از مهمترین ابزارها و در عین حال اهداف برنامه‌ریزی شهری جایگاهی حیاتی در تحقق مخاطره نگری در فرآیند توسعه داشته و مطالعه و تجربه برای بهبود روش‌ها و فرآیندهای تحقق آن، مسئله مهم و اولویت‌مندی برای جوامع است (بمانیان و همکاران، ۱۳۹۲)؛ زیرا آمایش سرزمین که با مخاطره‌نگری، آینده‌نگری، نظام‌یافته و تصمیم- مبنا و بر اساس اقدام پیش‌گیرانه انجام گیرد بر تغییر آسیب پذیری‌های شهرها متمرکز شده و از این راه به کاهش تأثیر و پیشگیری از فجایع مدد می‌رساند. اما امروزه برنامه‌ریزی مکانی و پایش زمانی بلایا و بحران‌ها در مقیاس‌های محلی و منطقه ای و جهانی یک چالش بوده که حل آن بدون بکارگیری سنجش از دور و سامانه اطلاعات مکانی ممکن نیست.



شکل ۲: چرخه بلایا و توسعه آن درطول زمان (وستن، ۲۰۱۰)

1. Joyce
2. Westen

برای موفقیت‌آمیز بودن استفاده از سنجش از دور در مدیریت بحران، باید شاخص‌های فیزیکی عوارض در چرخه مدیریت بحران که در تصاویر قابل اندازه‌گیری هستند، شناخته شوند. انتخاب مناسب‌ترین مجموعه داده سنجش از دور با شناسایی الزامات مکانی، طیفی، زمانی، و رادیومتری امکان‌پذیر است. ممکن است در حین مراحل پیشگیری، آمادگی و بازسازی زمان کافی برای توسعه و استفاده از چارچوب چرخه وجود نداشته باشد. اما، از آنجا که بهنگام‌بودن یک مسأله بسیار مهم در مرحله مقابله است، سیستم‌ها نهایت استفاده از زمان را در محل برای کمک به انتخاب مناسب داده انجام می‌دهند. بنابراین آماده‌سازی داده‌ها شامل توسعه طیف وسیعی از حالات بالقوه نشان‌دهنده موقعیت‌های نیازمند به مقابله سریع، با استفاده از اصول انتخاب داده‌ها و پردازش می‌باشد. به این‌ترتیب، تصمیم‌گیری در مورد سنجش از دور به جای مرحله مقابله، در واقع می‌تواند در مرحله آمادگی باشد. این امر باید به‌عنوان یک تمرین جمعی بین کارشناسان سنجش از دور و سازمان‌های مدیریت اضطراری انجام شود (جوش و همکاران، ۲۰۰۹).

مبانی نظری

از انواع ماهواره‌ها و سنجنده‌های هوابرد متعدد و متنوع می‌توان برای مراحل حمایت از چرخه مدیریت بحران استفاده کرد. برای رسیدگی به حل مشکلات، علاوه بر تعیین مناسب‌ترین نوع داده، در نظرگرفتن مقیاس مکانی بلایا و بحران‌ها نیز بسیار مهم است. داده‌ها عامل مهمی برای اندازه‌گیری، رصد و همچنین پیش‌بینی تغییر اقلیم در دهه‌های آینده نیز هست. در ادامه به کاربرد انواع داده‌های سنجش از دور در چرخه مدیریت بحران پرداخته می‌شود.

۱-داده‌های نوری (اپتیک)[1]

کاربردهای زیادی برای تصاویر سنجش از دور اپتیک برای کمک و استفاده در چرخه مدیریت بحران می‌توان متصور بود. از داده اپتیک به دلیل سادگی درک و تفسیر داده‌های خام، به‌خصوص هنگام استفاده از باندهای طیفی رنگ واقعی[2] استاندارد (آبی، سبز و قرمز) می‌توان در مدیریت بحران استفاده نمود. ویژگی‌های سنجنده در انتخاب استفاده از مناسب‌ترین نوع داده اهمیت دارد. توجه اصلی به سمت قدرت‌تفکیک مکانی و زمانی سنجنده تولیدکننده داده است. این عوامل با توجه به فعالیت‌های مدیریت بحران متفاوت خواهد بود. مثلاً در مرحله مقابله، کسب سریع داده پس از رویداد بسیار مهم است. در مرحله بازیابی، سرعت کسب داده اهمیت کمتری نسبت به تکرار دارد. ممکن است در مراحل اولیه بازیابی تصاویر ماهانه مفید باشد، اما با گذشت زمان کسب سالانه کفایت کند. از داده‌های اپتیک می‌توان در تمام مراحل چرخه مدیریت بحران استفاده نمود، و بیشترین مزیت بالقوه پایش در بازیابی و کمک به برنامه‌ریزی برای پیشگیری و آمادگی می‌باشد. برای رویدادهایی در سطح وسیع، دید سینوپتیک منطقه‌ای با استفاده از ماهواره‌های زمین- ایستا مناسب است؛ اما میزان قدرت استخراج جزئیات از این تصاویر کاهش می‌یابد. بزرگترین محدودیت سنجنده‌های اپتیک در بسیاری از انواع خطرات یا بلایا عدم توانایی در اکتساب تصویر از میان ابرها، دود یا مه است. رویدادهایی مانند آتش‌سوزی، فوران‌های آتشفشانی و طوفان گرمسیری و یا دیگر طوفان‌های شدید به‌عنوان ابر و دود تفسیر می‌شود، که می‌تواند آسیب موثر و مبهم روی زمین در حین و بلافاصله بعد از رویداد را پوشانده و محو کند (جوش و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-داده‌های حرارتی[3]

ازآنجا که انرژی با افزایش طول موج کاهش می‌یابد، طول موج‌های حرارتی دارای سطوح انرژی نسبتا پایین‌تر و در نتیجه داده‌های تصویر حرارتی دارای قدرت‌تفکیک کمتر نسبت به تصاویر به‌دست‌آمده با سنجنده اپتیک هستند. هنوز هیچ سنجنده ماهواره‌ای حرارتی تجاری با قدرت تفکیک مکانی بسیار بالا در دسترس نیست (تا اکتبر ۲۰۰۹). در ۱۱ فوریه ۲۰۱۳، که سنجنده لندست[4] ۸ از پایگاه هوایی واندربرگ با مشارکت سازمان ملی هوانوردی و فضانوردی ایالات متحده آمریکا (ناسا)[5] و سازمان زمین‌شناسی آمریکا در کالیفرنیا پرتاب شد. لندست ۸ به‌عنوان بهترین سیستم از نظر قابلیت‌های دریافت داده‌ها، ردیابی تغییرات پوشش مناطق جنگلی و ردیابی تخریب جنگل، کشاورزی و پراکندگی شهری و توسعه شهری، استفاده

1. Optical
2. True
3. Thermal
4. Landsat
5. National Aeronautics and Space Administration

از آب، عقب‌نشینی یخچال‌ها و سایر پدیده‌های درحال تغییر، نقش موثری در درک بهتر پایش بلایا برای دانشمندان و برنامه ریزان دارد. سنجنده حساس لندست ۸ دارای ۹ باند طیفی شامل؛

۱) باندOLI جهت جمع آوری داده‌ها از باندهای مرئی، مادون قرمز نزدیک و طول موج‌های کوتاه مادون قرمز که قادر به مشاهده ابرهای سیروس در ارتفاعات بالا و پایش ذرات معلق در اتمسفر و کیفیت آب در دریاچه‌ها هستند و

۲) دو باند طیفی مادون قرمز دمایی سنجنده حرارتی مادون قرمز (TIRS) به منظور اندازه گیری و پایش دمای سطح زمین است.

ناسا در سال ۲۰۰۸ دسترسی عموم را به آرشیو داده‌های جمع‌آوری شده توسط ماهواره‌ها آزاد گذاشت. این داده‌ها متعاقبا در ساخت موتور Google Earth[1] در سال ۲۰۱۲ مورد استفاده قرار گرفتند (سازمان پیمایش زمینی ایالات متحده[2]، ۲۰۱۲). تصویربرداری حرارتی منبع ارزشمندی از اطلاعات در مورد فوران‌های آتشفشانی و محل آتش‌سوزی می‌باشد. تکنیک قوی برای استخراج خودکار درجه‌حرارت غیرعادی-بالا یا «نقاط داغ[3]» و در مقیاس جهانی با استفاده از سنجنده مودیسAVHRR،[4] یا GOES تصاویر عملیاتی به‌طور کامل آزموده شده‌است. دانشگاه هاوایی و علوم استرالیا به ترتیب الگوریتم‌های تشخیص کانون‌های خودکار برای تشخیص فعالیت‌های آتشفشانی و آتش‌سوزی و اطلاعات نزدیک به زمان واقعی از طریق اینترنت را بکار برده‌اند. این الگوریتم‌ها در درجه اول برای شناسایی ویژگی‌های پس‌زمینه فوق و یا مقادیر دمای متوسط و برای جلوگیری از هشدارهای کاذب متعدد، که به ویژگی‌های صرفاً گرم حساس نیست، توسعه یافته است. این الگوریتم‌ها همچنین قادر به تمایز بین انواع منابع گرمایی هستند. تصاویر حرارتی استر[5] و یا لندستTM/ETM+ برای تحلیل‌های مقیاس محلی قدرت تفکیک مکانی بالاتری دارند، هرچند هیچ‌یک از این سنجنده‌ها توانایی ارائه تصاویر سریع درحال‌تغییر از عوارض حرارتی را ندارند (تا اکتبر ۲۰۰۹)، و مدارهایشان تنها به آنها اجازه عبور تکرار حدود ۱۶ روزه را می‌دهد.

1. Engine
2. United States Geological Survey
3. hot spot
4. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
5. ASTER: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

با این وجود، هر دو سنجنده برای ردیابی نوسانات درجه‌حرارت بلندمدت، مانند گرم‌شدن و چرخه دریاچه آتشفشانی مفید هستند. تصاویر با قدرت تفکیک بالاتر نیز می‌توانند در اندازه‌گیری و کالیبراسیون و اعتبارسنجی داده‌های به‌دست‌آمده از نمونه‌های مودیس بکار روند. همانطور که درجه‌حرارت یک شی افزایش می‌یابد، طول موج تابش اوج کاهش می‌یابد. در نتیجه عوارض بسیار گرم می‌توانند با تصاویر مریی و یا موج کوتاه مادون قرمز (SWIR) و اغلب در داده‌های مادون قرمز حرارتی اشباع‌شده موجود (در صورتی که با توجه به اندازه پیکسل به اندازه کافی بزرگ باشند) دیده شوند. این رابطه با استفاده از اندازه آتش‌سوزی جنگل و اختلاف درجه‌حرارت بین سوختن و آتش شعله‌ور نشان داده شده است که می‌تواند در درک مراحل مختلف توسعه آتش استفاده شود. متاسفانه باندهای مادون قرمز کوتاه (SWIR) در سنجنده استر پس از ژانویه ۲۰۰۹ و با مواجهه با مشکلات فنی غیرکاربردی شدند. این پنج باند SWIR در محدوده طیفی مشابه باند ۷ لندست/TM ETM+ است که می‌تواند به عنوان یک جایگزین مورد استفاده قرار گیرند (جوش و همکاران، ۲۰۰۹).

۳-داده‌های رادار روزنه مصنوعی[6]

رادار سنجش از دور قادر به عبور از ابر و مه است و استفاده از آن تحت‌تاثیر شرایط اقلیمی نمی‌باشد. رادار روزنه مصنوعی (SAR) سنجنده مایکروویو فعال است که قادر به دستیابی به داده‌ها در شرایط سخت اقلیمی و نامناسب برای سنجنده‌های اپتیک (مانند ابر متراکم یا پوشش دود) می‌باشد. اکثر سنجنده‌های مدرن SAR برای به‌دست‌آوردن داده از عناصر متنوع زمین اعم از S ۱۰۰ متر به ۳-۱ متر طراحی شده‌اند، اما پوشش مکانی تصاویر با قدرت تفکیک‌مکانی بالاتر معمولا به‌طور قابل‌توجهی کمتر بوده و محدودیت آنها ذخیره‌سازی ماهواره‌ای و ظرفیت پردازش مشخص است. زاویه برخورد[7] سنجنده‌های SAR را می‌توان به منظور تصویرسازی مناطق مختلف بدون تغییر مدار ماهواره‌ای تعیین نمود. در این راستا در اکثر مطالعات تنها از تفاوت نسبی پخش[8] تصویر استفاده می‌شود، اما برای بعضی مطالعات مقادیر مطلق چندزمانه موردنیاز است. تفسیر

6. Synthetic Aparture Radar
7. Incident
8. backscatter

دقیق شدت پخش به‌دلیل وابستگی آن به خواص دی-الکتریک مواد منعکس‌کننده، زبری سطح و طول‌موج سنجنده می‌تواند پیچیده باشد. مقایسه دو-مرحله‌ای اطلاعات تصاویر SAR به‌دست‌آمده در زمان مشخص در تداخل SAR یا InSAR استفاده می‌شود و تصاویر SAR واحد یک مرحله هیچ ارزشی ندارد. InSAR قادر به تولید نقشه‌های تغییر شکل زمین با قدرت تفکیک بالا با دقت کمتر از سانتی‌متر است. از این نقشه‌ها می‌توان برای مطالعه علل تغییر شکل زمین مانند زلزله یا فعالیت‌های آتشفشانی نیز استفاده نمود. سیستم‌های ماهواره‌ای SAR مدرن به طور همزمان توانایی دستیابی به داده‌های با بیش از یک قطب را دارند (مثلا رادارست-ALOS PALSAR ،۲[1] و TerraSAR-X). از این اطلاعات می‌توان در مطالعات مختلف قطب‌سنجیSAR[2] و تکنیک‌های POLInSAR، مانند طبقه‌بندی زمین، تشخیص مناطق متاثر از آتش‌سوزی یا سیل استفاده کرد.

در حال حاضر، داده ماهواره‌ای SAR معمول مورد استفاده از سه طول موج به دست می‌آید: X (۳/۱سانتی متر)؛ C (۵/۶ سانتی متر)؛ و L (۲۳/۶ سانتی متر). انتخاب باند به نوع کاربرد، پوشش زمین، مدت‌زمان، دسترسی بستگی دارد. شدت پخش با تعیین آستانه‌های مرتبط با ویژگی‌های خاص را به کمک نرم‌افزارهای پردازش تصویر مانند نرم‌افزارهای ArcGIS یا Imagine ERDAS می‌توان تجزیه و تحلیل نمود، اما InSAR، قطب‌سنجی SAR و پردازش POLInSAR نیاز به تخصص (و یا اضافه‌کردن به ماژول بسته‌های معمولی) و تجربه و مهارت گسترده پردازش دارد. قیمت داده‌ها از چند دلار در هر تصویر برای کاربردهای کاملا علمی تا چند هزار دلار برای کاربردهای تجاری متفاوت است. به‌تازگی چند ماهواره تجاری برای کسب اطلاعات از وقوع بلایا با تاخیر بسیار کوتاه و ارائه سریع داده به کاربر راه‌اندازی‌شده که در-دسترس هستند، هرچند هزینه سفارش‌داده شده به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از تصاویر آرشیو است (رادارست-۲، TerraSAR-X و COSMO-Skymed) (جوش و همکاران، ۲۰۰۹).

۳-۱. مجموعه ماهواره‌های سنتینل (Sentinel)

ماهواره‌های سنتینل[3] ادامه سیستم‌های راداری کانادا و آژانس فضایی اروپا یعنی انوی ست۱ERS[4]، ۲ERS، و رادارست[5] است، برنامه کوپرنیک شامل مجموعه شش ماهواره‌ای می‌باشد. این ماهواره‌ها مجموعه خدمات اطلاعاتی کلیدی در زمینه‌های گوناگون پایش جهانی در برنامه‌های مدیریت محیط زیست، فهم و مقابله با تاثیرات تغییر اقلیم و محافظت از زندگی روزانه ما تحول عظیمی در مبحث مدیریت بحران به خصوص آزاد افزارها به وجود آورده و خواهد آورد.

این تحولات شامل رصد تغییرات زمین، پایش سطح یخ‌های قطبی، اندازه‌گیری میلیمتری تغییرات سطح دریاها، تهیه نقشه یخ‌های دریایی در مناطق قطبی برای کمک به کشتی‌رانی و اندازه‌گیری ارتفاع یخ و آب دریاها، سامانه جریان‌های دریایی مانند «ال نینیو»، شناسایی محیط‌های دریایی و کاربردهای عملی از جمله کنترل آلودگی زیست دریایی شامل شناسایی لکه‌های نفتی و کشتی ها، رنگ دریاها و رشد جلبک‌ها، پایش سطح زمین برای شناسایی تغییرات افقی و عمودی مانند تغییر بر اثر زلزله، آتش‌فشان و نشست زمین بر اثر برداشت آب‌های زیرزمینی، مدیریت بحران، کاربرد در منابع آب و هیدرولوژی (رطوبت خاک، برف)، رصد گسترش و تغییر کلان شهرها، جنگل‌ها و مناطق کشاورزی و حاصل‌خیزی، سلامت گیاهان و جنگل‌ها، پایش تغییرات پوشش زمینی به جهت پایش بهتر بر محیط زیست، برنامه‌های طرح الگوی کشت، پایش محصول و مدیریت برای کمک به امنیت غذایی، پوشش گیاهی دقیق و نظارت بر جنگل مانند شاخص سطح برگ، غلظت کلروفیل، برآورد توده کربن، مشاهده مناطق ساحلی (نظارت زیست‌محیطی دریایی، نقشه برداری مناطق ساحلی)، پایش آب سطحی، یخچال‌های طبیعی، نقشه برداری مرز کوه‌های یخ، نظارت پوشش برف، نقشه برداری سیل و مدیریت (تحلیل ریسک، ارزیابی ضرر و زیان، مدیریت بحران در زمان سیل)، اندازه‌گیری متغیرهایی مانند شاخص مناطق سبز، میزان پرتوهای فتوسنتز و شاخص فتوسنتز در روی زمین، اطلاعات منحصر بفرد درباره وضعیت گیاهان و جنگل‌ها و پیش بینی وضع هوا، پیش‌بینی فصل کاشت و برداشت بوده و خواهند بود.

هر خانواده سنتینل شامل ماهواره A و B می‌باشد. ماهواره

1. RADARSAT-2
2. polarimetry
3. Sentinel
4. Envisat: (“Environmental Satellite”)
5. Radarsat

سنتینل b۲ در سال ۲۰۱۷ و سنتینل-۵ پیشرو[1] در سال ۲۰۱۷ پرتاب شد و ماهواره سنتینل ۴ حدوداً در سال ۲۰۱۹ و سنتینل-۵ در سال ۲۰۲۰ پرتاب خواهد شد (آژانس فضایی اروپا[2]، ۲۰۱۷). ماهواره سنتینل ۱، در آوریل سال ۲۰۱۴ توسط آژانس فضایی اروپا (ESA) از پایگاهی در روسیه پرتاب شد. به یک سنجنده راداری پیشرفته برای تهیه تصاویر سطح زمین در روز و شب و تحت هر شرایط اقلیمی مجهز شده است که به عنوان یک مجموعه دو ماهواره ای که هر یک با فاصله ۱۸۰ درجه از یکدیگر، تمام کره زمین را در هر ۶ روز تصویر برداری می کند، که به این ترتیب فعلا هر ۱۲ روز تصویربرداری کاملی از زمین انجام می شود. مدار این ماهواره قطبی از باند C سنجنده SAR، خورشید آهنگ و در ۴ حالت مختلف تصویر برداری می کند که هر یک از این حالات برای اهداف مشخصی طراحی شده‌اند و عرض تصویر و قدرت تفکیک تصویر با توجه به هر حالت متفاوت است. قدرت تفکیک تصاویر آن از ۵ متر تا ۴۰ متر و عرض تصویر آن از ۲۰ کیلومتر تا ۴۰۰ کیلومتر بسته به حالت تصویر برداری آن متفاوت است (آژانس فضایی اروپا، ۲۰۱۷).

ماهواره سنتینل ۲، در ۲۳ ژوئن ۲۰۱۵ به فضا پرتاب شد. دارای ابزار چند طیفی که ۱۳ باند را شامل می‌شود. این ماهواره در هر بار جاروب ۲۹۰ کیلومتر به صورت نواری تصویرسازی کرده که از فرایند عملکردی هندسی و طیفی بالا برخوردار است. هر ۵ روز پوشش کامل ارائه می‌دهد. تصاویر این سنجنده به شکل رنگی گرفته شده‌اند. جزییات بالای این تصاویر محل نشست توافقنامه دسامبر ۲۰۱۵ با عنوان تغییرا اقلیم سازمان ملل متحد در پاریس که همه کشورها موظف به گزارش و مراقبت از وضعیت زمین شدند را نشان داده است. ماهواره سنتینل ۳، در ۱۶ فوریه ۲۰۱۶ از پایگاهی در روسیه به فضا پرتاب شد. که تصاویر لحظه ای را از ماموریت خود به زمین ارسال می‌کند و هر بار تصویر جامعتری ارائه می‌دهد. این ماهواره دارای چهار ابزار رصد و همچنین حسگرهای بسیار پیشرفته برای جمع‌آوری داده از وضعیت اقیانوس‌ها است. ماهواره سنتینل A۳ هر دو روز یکبار، یک پوشش جهانی فراهم می‌کند که داده‌های آن منظم است که به طور لحظه‌ای پردازش شده و سه ساعت بعد در اختیار همه کاربران قرار می‌گیرند. داده‌ها هم توسط نهادها و سامانه‌های برنامه کوپرنیک و هم توسط یک سامانه پردازش داده بسیار گسترده برای همگان قابل دانلود بوده و از پایگاه‌های مهم دسترسی آزاد می باشد . (آژانس فضایی اروپا، ۲۰۱۷).

روش

کاربرد چرخه مدیریت بحران در سنجش از دور

۱- پیشگیری خطر (Mitigation-Reduction)

به محدودکردن اثرات نامطلوب خطرات و بلایای مرتبط گفته می‌شود. اغلب نمی‌توان به طور کامل از اثرات نامطلوب خطرات جلوگیری کرد، اما مقیاس و یا شدت آنها را می‌توان با خط مشی و اقدامات مختلف کاهش داد. بهترین گزینه برای کاهش احتمال خطر، از طریق پیشگیری بحران است. اقدامات کاهش خطرپذیری شامل تکنیک‌های مهندسی و مقاوم‌سازی ساخت‌وسازها در برابر خطر، بهبود سیاست‌های محیط‌زیستی و آگاهی عمومی می‌باشد. لازم به ذکر است که در سیاست تغییر اقلیم تعریف «پیشگیری» متفاوت است، و اصطلاح مورد استفاده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای منبع تغییر اقلیم می‌باشد (دفتر کاهش ریسک بلایای سازمان ملل متحد[3]، ۲۰۰۷). پیشگیری شامل تمام اقدامات و برنامه‌ریزی‌هایی که احتمال وقوع یک بلایا را می‌کاهد، می‌شود. این اقدامات از طریق فرایند شناسایی ریسک و کاهش؛ یا با اصلاح فرآیند خطر و یا با اصلاح رفتارها و دارایی‌های در معرض ریسک انجام می‌شود. اصلاح رفتار شامل ارزیابی و آمایش سرزمین جهت جلوگیری از توسعه مناطق در خطر؛ ترکیب مناسب دسترسی برای مقابله و تخلیه؛ ایجاد جوامع به‌هم-پیوسته و انعطاف‌پذیر است. همانطور که در مقدمه اشاره شد، اجرای نظریه‌های ارزیابی و آمایش سرزمین می‌تواند تمام ریسک بلایا را کاهش دهد، اما قرن‌ها سکونت در مکان‌های دارای خطر این گزینه را غیرواقعی و غیرعملی می‌سازد. اصلاح زیرساخت‌های در معرض ریسک جهت کاهش اثرات خطر شامل اجرای روش‌هایی از قبیل تقویت ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها است (جوش و همکاران، ۲۰۰۹).

فناوری سنجش از دور را می‌توان در کاهش بلایا از طریق

1. Sentinel-5 Precursor
2. European Space Agency
3. UNISDR

شناسایی و درک خطرات اعمال کرد. این دانش سپس به منظور تعیین روش‌های کاهش آسیب‌پذیری در فعالیت‌های کاهش خطرات مانند آمایش سرزمین، سازه‌های مهندسی، مدلسازی اصول ساخت وساز به کار می‌رود. ضرورت درجه اول بهبود دانش مخاطرات و عوامل تقویت‌کننده خطر به وقوع بلا و عواقب بالقوه آنها در اجتماع، جهت تصمیم‌گیری در مورد اصلاح عوارض خطر و یا آسیب به مردم و دارایی‌های آنها است (جوش و همکاران، ۲۰۰۹). به عنوان مثال، بروز اختلال در هر یک از سامانه‌های شهر ادامه کارکرد سایر سامانه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد. بنابراین پدیده آسیب‌پذیری شهری کل نظام را در بر می‌گیرد و از این رو خطر بروز بحران را افزایش می‌دهد. با تهیه مؤلفه‌های آسیب‌پذیر شهر این امکان فراهم می‌شود تا با توجه به شدت آسیب‌پذیری در هر یک از مناطق، اقدامات لازم برای کاهش آسیب پذیری آنها صورت گیرد. پدافند شهری مجموعه اقدامات و راهکارهای نظامی و غیرنظامی برای کاهش آسیب پذیری شهر و شهروندان در مواجهه با تهدیدها اعم از نظامی و غیرنظامی است. هدف پدافند شهری کاهش آسیب پذیری و افزایش امنیت و ایجاد قابلیت انعطاف پذیری در وضعیت‌های مختلف و عکس العمل‌های به موقع برای نجات جان انسان‌ها و مردم ساکن در فضاهای شهری است. پدافند غیرعامل شهری شامل مجموعه اقدامات پیش‌گیری، کاهش یا رفع ریسک بلندمدت مخاطرات در زیست‌بوم شهری است. بر این اساس برنامه‌ریزان پدافند شهری به جای انتظار برای یک رویداد شدید و سپس تلاش برای پاسخ، آسیب پذیری در مقابل مخاطرات را تخمین زده و برای کاهش ریسک یا دچار شدن به آن و افزایش تاب-آوری و مقاومت شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن اقدامات پیشگیرانه را به کار می‌برند. یکی از اصول پدافند غیرعامل لزوم دقت در جانمایی عناصر محیط و استفاده هوشمندانه از امکانات طراحی برای کاهش صدمات ناشی از این رخداد و مخاطرات است. بنابراین لزوم توجه به پدافند غیرعامل به منزله ابزاری برای کاهش مخاطرات محیطی اهمیتی دو چندان می‌یابد (امینی و همکاران، ۱۳۹۳). به عقیده بهرام‌پور و بمانیان معیارهای اصلی کالبدی در تبیین الگوی جانمایی پایگاه‌های مدیریت بحران با استفاده از GIS شامل ویژگی‌های بافت شهری، ویژگی‌های ارتباطی، ویژگی‌های هم-جواری، ویژگی‌های عدم همجواری، ویژگی‌های شامل بودن و ویژگی‌های روابط اندازه ای می‌باشد. کاهش "اثرات" هم می‌تواند در فاز آمادگی در برابر فاجعه احتمالی و هم در فاز بازسازی خسارت‌های ناشی از فاجعه انجام گیرد (بهرام پور و بمانیان، ۱۳۹۱). به کارگیری اصول پدافند غیرعامل در طرح‌ها و برنامه‌های شهری قبل از وقوع بحران می تواند در کاهش آسیب‌ها و صدمات ناشی از بحران بسیار کارساز باشد. ایزوله کردن محیط‌های حساس و آسیب‌پذیر به هنگام وقوع بحران‌های شهری از مهمترین راهبردهای پدافند غیرعامل برای کاهش خسارات و صدمات است (فرجی و همکاران، ۱۳۹۴). در مبحث کاهش خطرپذیری شهر از بلایای طبیعی زلزله، آمایش سرزمین می‌تواند با تعیین اولویت‌ها و دسته‌بندی مسایل مرتبط با خطرپذیری، راهکارهای مناسب را برای کاهش خطرپذیری در چهارچوب تغییرات و الگوهای پیشنهادی مناسب ارائه نماید. از اقدامات کاهش می‌توان به جلوگیری از افزایش تراکم سکونت و فعالیت‌های پر-ازدحام و پرجمعیت و مهم در اولویت نخست و کاهش و انتقال آن در اولویت بعدی از قسمت‌های دارای مخاطرات و آسیب‌پذیری بیشتر به کمتر اشاره نمود (بمانیان و همکاران، ۱۳۹۲).

سنجش از دور را می‌توان مستقیماً برای شناسایی خطر (مثلا مدل‌سازی دشت سیلابی، پایداری شیب و حساسیت لغزش) بکار برد، اما می‌توان برای انشقاق اطلاعات مستقل از خطر جهت استفاده در کاهش خطرات (مثلا پایه ساختمان، زیرساخت‌ها، و نقشه‌سازی توپوگرافی) نیز مورد استفاده قرار داد. مثال بسیار خوب استفاده از سنجش از دور لیدار[1] برای شناسایی خطر نقشه‌سازی محل گسل فعال است. در قدیم، محل گسل با استفاده از تفسیر عکس‌های هوایی استریو و پس از مطالعات میدانی فشرده انجام می‌شد. اما تصاویر هوابرد لیدار قدرت‌تفکیک افقی و عمودی ارایه می‌دهند که قابلیت شناسایی ردپای تراس گسل و استخراج جابه‌جایی شعاعی ارتفاع داده‌های دیجیتال هدف را داراست. جمع‌آوری داده‌ها از طریق سنجش از دور با قدرت‌تفکیک بالا امکان شناسایی زیرساخت‌ها و ساختمان‌ها در مکان‌های پرخطر، سپس تقویت و یا

1. LiDAR

هدف‌گذاری تعیین محل دوباره را فراهم می‌کند. برای مدل‌سازی پیامد خطر جهت تعیین پتانسیل خسارات، داده مخاطرات با ترکیب داده‌های دارایی‌ها و اطلاعات آسیب‌پذیری ضروری است. آسیب‌پذیری ساختمان به خطرات بر اساس عواملی مانند مصالح ساختمانی (زلزله، فوران خاکستر آتشفشانی، سونامی)، طراحی مهندسی (سونامی،رانش زمین، زلزله)، ارتفاع ساختمان (باد)، مناطق کف (زلزله)، مجاورت سایر سازه‌ها و پوشش گیاهی (آتش) و زاویه سقف زمین (ریزش خاکستر، برف)، و ارتفاع طبقه (سیل، سونامی) می‌باشد. رویکرد سنجش از دور برای جمع آوری داده‌های ساختمان و زیرساخت‌ها نیازمند بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای و یا هوابرد با قدرت تفکیک بسیار بالا است و اغلب با استفاده از رقومی‌سازی[1] دستی یا تقسیم‌بندی و طبقه‌بندی شی‌گرا تکمیل می‌گردد. تصاویر اپتیک که اغلب توسط داده‌های لیدار تکمیل شده است، نه‌تنها در تشخیص لبه ساختمان، بلکه برای محاسبه ارتفاع ساختمان نیز می‌توان بکار برد. ورود داده‌ها به یک سیستم اطلاعات مکانی در این مرحله برای ضبط ویژگی‌های مکانی و ترکیب با مجموعه داده‌های دیگر حیاتی است. تکنولوژی سنجش از دور می‌تواند جهت اندازه‌گیری موفقیت طرح‌های کاهش ریسک بکار رود. یک روش معمول برای پرداختن به خطر سیل ساخت سد- ساحل جلوی آب‌های سیل برای یک رویداد با بزرگی مفروض می‌باشد. با شناسایی هوایی در طول وقوع سیل می‌توان تشخیص داد که آیا ساحل ایست‌ها برای طراحی استاندارد و شناسایی نواحی دارای ریسک، خوب عمل می‌کنند یا نه. در مبحث کاهش ریسک غیر-سازه‌ای، جهت پرداختن به فرسایش خطر ساحلی و ریسک طغیان رود، بسیاری از جوامع گزینه‌های غیرساختاری مانند بازتغذیه ساحل و ترمیم تپه را انتخاب می‌کنند. در فلوریدا در کنار موفقیت روش‌های ترمیم ساحل غیرسازه‌ای از طریق تعیین تغییرات ریخت‌شناسی ساحل، از لیدار هوابرد در طول زمان برای اندازه‌گیری خطر فرسایش ساحلی استفاده شد. نمونه دیگری از اندازه‌گیری اثرات طرح‌های کاهش ریسک برای رویدادهای بزرگ، آنالیز تصاویر پوشش گیاهی مختلف پس از رانش زمین ناشی از بارش است. از آنالیز عکس‌های هوایی (مورب و عمودی) از یک رویداد در سال ۲۰۰۴ در جزیره شمالی نیوزلند، مشخص شد که پوشش گیاهی نقش مهمی در کاهش از دست روی خاک مولد، و کاهش خطر رانش زمین دارد (لیدیگ و تیو[2]، ۲۰۱۴).

۲- آمادگی (Readiness)

دانش و ظرفیت‌های توسعه‌یافته دولت‌ها در پیش‌بینی اثرات قریب‌الوقوع حین مخاطرات جهت مقابله حرفه‌ای و سازمان‌دادن بازسازی جوامع و افراد را «آمادگی» می‌گویند. اقدام آمادگی در چارچوب مدیریت ریسک بلایا انجام می‌شود و هدف آن ارتقای ظرفیت‌های موردنیاز برای مدیریت مؤثر تمام انواع شرایط اضطراری و دستیابی به حالت منظم از طریق مقابله تا بهبود ماندگار است. آمادگی بر پایه تحلیل خطرات بلایا و ارتباط با سیستم‌های هشداردهنده و شامل فعالیت‌هایی مانند برنامه‌ریزی احتمالی، انباشت تجهیزات و لوازم، توسعه ملزومات برای هماهنگی، تخلیه و آگاه‌سازی عمومی، و همراه با آموزش و تمرین است. اینها باید با ظرفیت‌های نهادی، حقوقی و بودجه رسمی پشتیبانی شوند. واژه‌های مربوط به آمادگی توانایی مقابله سریع و مناسب را در زمان مورد نیاز توصیف می‌نمایند (دفتر کاهش ریسک بلایای سازمان ملل متحد، ۲۰۰۷). آمادگی شامل شناسایی و توسعه سیستم‌های لازم، مهارت‌ها و منابع قبل از وقوع مخاطرات است. برنامه‌ریزی آمادگی شامل: آموزش عمومی خطرات و پیامدهای آنها، و چگونگی کاهش این عواقب؛ آموزش برنامه‌ریزان و مقابله‌کنندگان اضطراری؛ نصب سیستم‌های پایش و هشدار برای مخاطرات؛ تمرین طرح‌های مقابله؛ و پرورش انعطاف‌پذیری جامعه از طریق افزایش جذب آمادگی خانگی است (جدول۱). این اقدامات شامل داشتن ملزومات اضطراری در خانه، طرح عملی برای تخلیه و تماس اضطراری با دیگر اعضای خانواده، آموزش کمک‌های اولیه و یا آموزش به عنوان داوطلب هلال‌احمر است در سطح فردی و خانگی عواملی وجود دارد که شناسایی کند آیا مردم اقداماتی برای آماده‌شدن برای بلایا اتخاذ کرده‌اند یا نه. در سطح جامعه، مشارکت در امور اجتماعی و پروژه‌ها، و توانایی فرد برای تاثیر بر آنچه در جامعه روی می‌دهد (توانمندسازی) و سطح اعتمادی که آنها به سازمان‌های مختلف (اعتماد) دارند نیز با گزاره‌های کلیدی انعطاف‌پذیری

1. digitizing

2. Leidig and Teeuw

نشان‌داده‌می‌شود (جوش و همکاران، ۲۰۰۹)

اطلاعات سنجش از دور مانند لیدار برای تولید نقشه‌های خطر و ریسک با قدرت تفکیک بالا در مورد مکان و گستره خطرات ثابت (خط گسل یا نقشه‌سازی دشت سیلابی در مقابل طوفان) و پویا (پیشرفت آتش‌سوزی) به کار می رود. تصاویر سنجش از دور پیشرفت جبهه آتش‌سوزی و یا مسیر طوفان را نشان می‌دهد و معمولا رسانه‌ها با نشان دادن این تصاویر، عموم مردم را از خطرات محل وقوع و محلی که احتمال پیشرفت تاثیر خطرات زیاد است آگاه می‌کنند. ازآنجا که پژوهش انعطاف‌پذیری جامعه نشان داده‌است، آگاهی از خطرات نه‌تنها عامل تحریک اقدامات آمادگی واقعی است بلکه محرکی مهم می‌باشد (لیدیگ و تیو، ۲۰۱۴).

در سطح سازمانی، بیشترین تمرکز بر توسعه طرح‌ها است. یک راه اصلی به منظور آزمایش اثر این طرح‌های آماده‌سازی، تمرینات و مانور اضطراری است. برای تمرین و کسب تجربه یادگیری موثر شرکت‌کنندگان، سناریوهای واقعی خطر باید ترتیب یابد. داده‌های سنجش از دور می‌تواند از طریق ایجاد نقشه‌های خطر، واقعی‌سازی تمرین (اطلاعات جدید در مورد خطرات یا عواقب تمرین) به این فرایند کمک کند. در مقیاس‌های محلی تا ملی، اکتساب یک تصویر کلی از سیمای خطر؛ شناسایی مناطق در معرض ریسک و اولویت خطرات برای منابع و برنامه‌ریزی ضروری است. توسعه زیرساخت داده‌ها (SDI) برای مدیریت بحران در کشورهای واقع در اقیانوس آرام، بر اساس داده‌های سنجش از دور و تفسیرGIS بررسی شده است. جهت صرفه‌جویی در هزینه جهت برنامه‌ریزی بلایا، کشورهای با بودجه محدود می‌توانند در خرید داده‌های سنجش از دور، فرصت‌های مهارت‌یابی و به‌اشتراک‌گذاری روند، و اطمینان از مدل‌سازی داده‌ها با هم همکاری کنند.

بنا بر نظر لیدیگ و تیو (۲۰۱۴)، همانطور که در فاز پیشگیری نیز بحث شد، مدل‌سازی خطر برای کاهش ریسک اهمیت دارد؛ آمادگی برای ریسک بلایا و مقابله‌های اضطراری موثر عملی‌ترین راه‌حل برای مدیریت بحران خواهد بود. استفاده از داده‌های سنجش از دور یک رویداد قبلی را می‌توان در این مرحله با استفاده از مدل‌های ژئوفیزیکی و کمک به ارایه سناریوهای واقعی برای رویدادهای آینده بکار برد. مثلاً، InSAR را می‌توان جهت بررسی اثرات تغییر شکل یک واقعه (مانند زلزله) با کسب تنها دو تصویر در نزدیک‌ترین زمان ممکن قبل و بعد از این رویداد استفاده کند. با استفاده از این روش، باند L سنجنده PALSAR ماهواره ALOS برای نقشه‌سازی تغییرشکل شبه-لرزه‌ای زلزله ۶/۷ ریشتری در سواحل جزیره جنوبی در اکتبر ۲۰۰۷ به طور موفقیت‌آمیز به کار رفت. پس از پردازش دو تصویر PALSAR ژوئیه و اکتبر ۲۰۰۷ جابجایی در منطقه ساحلی نزدیک به کانون آشکار شد. رانش زمین نیز در این منطقه روی داد. از طول موج بلند باند L در این منطقه استفاده خاص می‌شود، چون توانایی نفوذ به پوشش گیاهی متراکم برای بازیابی سیگنال زمین را داراست. مقدار و محل تغییرشکل در مطالعات مدل‌سازی به منظور برآورد پارامترهای زلزله به منظور یادگیری بیشتر در مورد تکتونیک این منطقه استفاده می‌شود. از آنجا که این منطقه نیوزیلند خالی از سکنه است، آسیبی به زیرساخت‌ها مشاهده نشد اما برای مقاصد مقابله یا بهبود در مناطق دارای سکنه، گردآوری تصاویر اپتیک با قدرت‌تفکیک بالا نیز لازم است. پایش بلندمدت اثرات تغییرشکل زمین مانند استخراج آبهای زیرزمینی، فعالیت‌های آتشفشانی و یا حرکت آرام رانش زمین با استفاده از تصاویر SAR متعدد در طول دوره زمان میسر است. با استفاده از این تکنیک تشخیص حرکت زمین در مقیاس کمتر از سانتی‌متر در نواحی بزرگ ممکن است که در غیر این‌صورت پایش و یا شناسایی آنها تنها با استفاده از شبکه‌های GPS امکان‌پذیر بود. با این روش، سنجنده باند C ماهواره ENVISAT قادر به تشخیص تغییرشکل کمتر از سانتی‌متر در منطقه اوکلند بود. تصاویر InSAR به این شیوه برای پایش تغییرات بلندمدت در طول زمان استفاده می‌شود. اعتقاد بر این است که استخراج آب‌های زیرزمینی بسیاری از سیگنال‌های InSAR مشاهده‌شده را ایجاد می‌کنند؛ اما ارتباط فعالیت‌های آتشفشانی نیز بررسی شده است.

۳- مقابله (Response)

مقابله، پاسخ یا واکنش به شرایط اضطراری و ارائه خدمات اضطراری و عمومی به مردم جهت نجات جان مردم، کاهش مشکلات بهداشتی، اطمینان از ایمنی عمومی و رفع نیازهای اساسی امرار معاش مردم تحت‌تاثیر، در طول و یا بلافاصله پس از یک بلایا است. مقابله بلایا عمدتا بر نیازهای فوری و کوتاه‌مدت متمرکز

است و برخی از اقدامات موردنیاز گاهی اوقات «امدادرسانی» گفته می‌شود (دفتر کاهش ریسک بلایای سازمان ملل متحد، ۲۰۰۷). به بیان عبدالشاه و همکاران (۱۳۹۶)، برنامه ریزی برای استفاده بهینه از زمان در دسترس سیستم امدادرسانی در این موارد، به افزایش توان عملیاتی سیستم پشتیبان، امدادرسانی در کمترین زمان ممکن و نیز تخصیص صحیح منابع به افراد نیازمند منجر خواهد شد. مرحله مقابله در مدیریت بحران، به سنتی‌ترین شکل شناخته، بودجه‌بندی و برنامه‌ریزی شده است. این واقعیت در جامعه سنجش از دور نیز منعکس شده‌است، تعداد قریب‌به‌اتفاق مقالات پژوهشی به استفاده از تصاویر برای فاز مقابله با بلایا اختصاص داده شده، اما در واقع اغلب داده‌ها در بازه زمانی موردنیاز برای استفاده تصمیم‌گیرندگان ارائه نمی‌شوند. واقعیت این است که بسیاری از کشورها توانایی جلوگیری از وقوع حوادث را ندارد؛ بهترین گزینه برای کاهش احتمال خطر از طریق پیشگیری بحران است. با این حال، قابلیت مقابله در هر بحران مساله ای مهم است، چون شامل فرآیند تلاش هماهنگ برای مدیریت منابع، از جمله ملزومات زندگی و پرسنل، جهت فعالیت‌هایی مانند تخلیه، تسکین، جستجو و نجات و ارزیابی نیازها است (جوش و همکاران، ۲۰۰۹). در مورد مخاطره زلزله، به بیان صلواتیان و سوری (۱۳۹۶)، نقش رسانه‌ها حین مخاطره {(که عمده اطلاعات مستند ارایه شده از وضعیت آن می‌تواند از طریق ابزار سنجش از دور حاصل شده باشد (نگارنده)} در ۲۴ ساعت اول شامل اعلام خطر، درخواست کمک، مستندسازی، امداد و نجات، مشارکت‌های کالایی مردم و نظارت بر عملکرد مدیران می‌باشد.

فعالیت‌های مقابله در حین حوادث در درجه اول بر حفظ جان و دارایی‌ها متمرکز است. فعالیت‌هایی مانند تخلیه، جستجو و نجات، ایجاد سد دفاعی شنی مستحکم[1] درطول رودخانه، ارزیابی ایمنی ساختمان، ایجاد سرپناه اضطراری فوری، راه‌اندازی پست‌های فرماندهی و دیگر وظایف کوتاه‌مدت در فاز مقابله قرار می‌گیرند. سنجش از دور را می‌توان در اینجا جهت ارائه ارزیابی فوری آسیب درصورت آماده‌شدن به‌موقع داده‌ها و برنامه‌های تخلیه از طریق ترکیبی از مشاهدات الگوهای اقلیمی و رفتار خطر (مثلا رویکرد جبهه آتش، افزایش سطح آب) ارائه شده، به کار برد. در مرحله مقابله، ارتباط زمانی اطلاعات سنجش از دور بسیار مهم است و به مدیران بلایا اجازه برنامه‌ریزی راهبردهای موثر کاهش در شرایط پویا را می‌دهد.

ارزیابی‌های خسارت از طریق سنجش از دور در طول مرحله مقابله نیز جزء جدایی‌ناپذیر مرحله بازیابی است (لیدیگ و تیو، ۲۰۱۴). در فاز مقابله زلزله در ایران، رنجبر و همکاران (۱۳۹۳)، تسهیل فاز واکنش مدیریت بحران زلزله آذربایجان (۱۳۹۱) را با ارائه و پیاده سازی یک روش استخراج خودکار برای تهیه نقشه تخریب ساختمان ها، در مدت زمان کوتاه پس از وقوع زلزله، بر مبنای به کارگیری و تحلیل تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا مطالعه نمودند.

در مورد حوادث آتش‌سوزی، داشتن اطلاعات آماده و به‌موقع از شرایط محل آتش‌سوزی، جبهه آتش و سوخت مهم است. اطلاعات نزدیک-به‌زمان‌واقعی در مورد حمله آتش اجازه برنامه‌ریزی مناسب به تیم مدیریت آتش، و در نتیجه صرفه‌جویی در منابع، زمان و حتی نجات جان انسان‌ها و موجودات را می‌دهد. همزمان، اطلاعات قدرت‌تفکیک مکانی باید کافی باشد تا ارزیابی‌های دقیق تاکتیکی و تصمیم‌گیری‌های انجام‌شده در شرایط آتش‌سوزی و طیفی مربوط به پدیده قابل‌مشاهده و یا اندازه‌گیری مهیا باشد. با وجود طبیعت دیدنی و جذاب تصاویری که اغلب در طی وقوع بلایا گرفته شده‌است، تجربه استفاده از سنجش از دور در مرحله مقابله، به‌خصوص در مورد سیستم‌عامل‌های ماهواره‌ای گاه با موفقیت کامل و گاه با موفقیت نسبی همراه بوده‌است. به طورکلی، اثرات تصاویر با مقیاس-منطقه‌ای توسعه جبهه آتش (تشخیص نقطه داغ[2])، فوران‌های آتشفشانی (انتشار گاز و خاکستر)، و یا طوفان‌های گرمسیری (طغیان) در مناطق گسترده موفق است. مثلا، مراکز کنترل آتش جهت تشخیص نقطه داغ آتش در مقیاس قاره‌ای در ایالات متحده از داده ماهواره‌ای حرارتی مادون قرمز (TIR) سینوپتیک ۲-۴ مرتبه در روز سنجنده مودیس استفاده نمودند. قدرت‌تفکیک مکانی سنجنده مودیس کم/متوسط (۱۰۰۰ متر) است و برای استخراج برآورد منطقه‌ای توزیع آتش بکار می‌رود. اگر چه تکرار زمانی داده‌های سنجنده مودیس برای ارزیابی منطقه‌ای

1. sandbagging

2. Hotspot

آتش مناسب است، قدرت تفکیک مکانی آن برای رویدادهای محلی، و یا برای ارزیابی خاص تاثیر زمین کافی نیست. در مقابل به طورکلی، ماهواره‌های مدار قطبی با قدرت‌تفکیک مکانی نسبتا بالا، توانایی ارائه تصاویر سریع یا تکرار عبور[1] برای استفاده در مقابله فوری را ندارند. جامعه علوم مکانی (SSC) با راه‌اندازی صور فلکی ماهواره‌ای مانند Rapid Eye و صورت فلکی پایش بلایا (همکاری‌های بین المللی بین الجزایر، چین، نیجریه، ترکیه و انگلستان (در تلاش برای رسیدگی به این مسئله هستند. برای کسب داده و ارائه در صورت وقوع بلایا نیز راه‌های همکاری بین سازمان‌های بین‌المللی مانند منشور جهانی بلایای مبتنی بر مکان[2] و ماهواره‌های سنتینل موجود است. در عین‌حال باوجود ارائه بالقوه مقدار قابل توجهی از داده‌ها، به‌دلیل تأخیر زمان بین درخواست و دریافت داده، نمی‌توان هیچ‌یک از این ابزارها را برای مقابله فوری و یا اولین استفاده بکار برد. به‌این ترتیب، تحقیقات ثابت کرده‌است که سیستم‌عامل‌های هوابرد و پهبادها برای ارائه سریع داده و اطلاعات کاربردی‌تر هستند (لیدیگ و تیو، ۲۰۱۴).

در سال ۲۰۰۶، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸، به منظور بهبود ارائه داده‌های سنجش از دور در حوادث آتش‌سوزی، سازمان ملی هوانوردی و فضانوردی[3] و خدمات جنگلداری ایالات متحده در سیستم‌های بزرگ هوابرد بدون سرنشین (UAS)[4]، سامانه‌های سنجش نوآورانه در استفاده طولانی‌مدت، زمان واقعی پردازش و آماده‌سازی داده‌ها و تجسم فناوری‌ها همکاری کردند. هدفاین عملیات نشان‌دادن قابلیت‌های سنجنده UAS در سازگاری با GIS ، داده‌های پردازش‌شده به تیم‌های مدیریت حادثه در ۱۵ دقیقه پس از کسب داده بود. ویژگی‌های این سامانه نه تنها برای حوادث آتش‌سوزی بلکه برای مقابله اضطراری بوده است. پهباد ایخانا[5] قادر به عملیات در ارتفاع متوسط / بالا و طولانی‌مدت (۲۴ ساعت)، و دارای پلت‌فرم ایده‌آل برای پایش وقوع بلایا است. ماموریت ایخانا UAS سنجنده پردازنده ناسا AMS-، توانایی عمل از راه دور و قابلیت پردازش داده‌های مستقل است. استفاده از ایخانا و سیستم‌های همراه در بسیاری از حوادث موفق بوده است. در اکتبر ۲۰۰۷، چهار ماموریت پرواز بر فراز آتش‌سوزی سانتاآنا در یک دوره پنج‌روزه انجام‌گرفت و اطلاعات حاصل جهت فرونشانی آتش استفاده شد. در اواخر ژوئن ۲۰۰۸، در طوفان رعدوبرق در شمال کالیفرنیا هزاران نفر از آتش‌سوزی آسیب دیدند، که این وقایع به بیش‌از ۲۵ حادثه بزرگ تبدیل شد و میلیون‌ها جریب زمین‌های جنگلی را مشتعل کرد. سنجش از دور هوابرد ملی حالت اضطراری اعلام کرد، و از ایخانا و AMS درخواست شد تا از عملیات جمع‌آوری داده‌های آتش‌سوزی پشتیبانی کند. ایخانا در بقیه تابستان، چهار ماموریت پرواز دیگر در کالیفرنیا انجام داد، و داده-نزدیک‌به‌زمان‌واقعی آتش‌سوزی‌های متعدد را ارائه نمود. داده-در زمان‌واقعی آتش‌سوزی AMS برای تعیین محل افزایش آتش‌سوزی بزرگ در پارادایس کالیفرنیا، به‌طور موثر استفاده شد. همچنین، داده‌ها جهت حمایت از تصمیم تخلیه اضطراری کل جمعیت، نمایش موثر اطلاعات-نزدیک‌به‌زمان‌واقعی پشتیبان سنجش از دور، عملیات مدیریت بحران بکار رفت. یکی از عوامل کلیدی موفقیت این سیستم ارائه نه‌تنها داده بلکه اطلاعات است به‌طوریکه داده بلافاصله جهت پردازش اخذ و اطلاعات توسط مدیران اظطراری برای کمک به تصمیم‌گیری‌شان استفاده می‌شود. بخشی از این سرعت ارائه اطلاعات به پردازش مستقل پردازنده UAS برای ایجاد محصولات تصویر رستر زمین (GeoTIFF) و فایل‌های برداری تشخیص نقطه‌داغ (فایل‌هایshp) نسبت داده می‌شود. درحین یک وضعیت اضطراری، زمان برای تجربه الگوریتم‌ها و یا تکنیک‌های پردازش جدید موجود نیست، بنابراین برای اطمینان لازم است، پیش از وقوع بلا فنون قوی به‌طورکامل و عملیاتی در نظر گرفته و پیگیری شوند. محصولات بردار و رستر تولیدشده با این سیستم از طریق سیستم‌های تله‌متری ایخانا، از طریق ارتباطات ماهواره‌ای به خدمتگر های روی زمین منتقل و به صورت خودکار به فایل‌هایKML[6] سازگار با Google Earth پردازش و در زمان واقعی دردسترس خدمتگر ناسا قرار می‌گیرند. ترکیب تصاویر نزدیک‌به‌زمان واقعی و قابلیت‌های تجسم ساده Google Earth ابزار قدرتمندی هستند که نیاز به حداقل آموزش

1. overpass
2. International Charter for Space Based Disasters
3. NASA
4. Unmanned Airborne Systems
5. Ikhana

۶. زبان نشانه‌گذاری کلید

و یا هیچ آموزشی به کارمندان ندارد. یک متخصص سنجش از دور می‌تواند با تلفیق داده‌ها، درک اطلاعات و درخواست‌های تخصصی میدانی به تیم مدیریت اضطراری کمک کند. اگرچه تمرکز مأموریت‌های سه‌ساله تصویربرداری آتش‌سوزی ایالات غربی UAS در نشان‌دادن قابلیت‌های سنجش از دور در مدیریت آتش‌سوزی نهادها بود، اما مستقیماً تمام حوادث ملی اضطراری پشتیبانی شد. مزیت مؤلفه‌های کلیدی KML، به‌هنگام بودن (از کسب تا تحویل محصول) و فرمت ساده داده‌ها برای نمایش و تصمیم‌گیری است. اگرچه این عوامل در همه مراحل چرخه مدیریت بحران اهمیت دارند، تصمیم‌گیری سریع درحین مرحله مقابله مهم‌ترین عامل است. در حین مدیریت آتش‌سوزی، تیم فرماندهی حادثه وقت یادگیری قابلیت‌های نرم‌افزار جدید و یا ابزار جدید را ندارد. از دلایل کاربرپسند بودن Google Earth داشتن قابلیت‌های تلفیق سریع داده‌ها، بزرگ‌نمایی، تجسم سه بعدی و سهولت کاربرد است.

استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین (پهباد) در مدیریت ریسک‌ها فرصت‌های خوبی فراهم آورده است. پهپادها محدوده و زمان پرواز و توانایی نفوذ به محیط‌های بیش‌ازحد خطرناک برای هواپیمای دارای سرنشین را افزایش می‌دهد. درحال‌حاضر، هزینه‌های ماموریت و سکوی پرتاب مانع سازگاری فوری سیستم‌های UAS توسط مراکز مدیریت سوانح شده، اما ماموریت‌های پشتیبانی بلایا گام‌های عمده‌ای در نمایش قابلیت‌های استفاده از UAS و سنجنده و پردازش به نمایش گذاشته است! کاربرد این فناوری‌ها تنها با وسایل‌نقلیه بدون‌سرنشین نیست، بلکه می‌توان در آینده آن را برای هواپیماهای دارای سرنشین و سیستم-عامل‌های ماهواره‌ای سازگار و استفاده نمود. به طوری‌که، پردازش پردازنده مستقل، با هایپرین[1] برای شناسایی نقاط داغ فوران‌های آتشفشانی آزمایش شده است، هرچند هنوز پیشرفت این تکنیک‌ها به وضعیت عملیاتی یک چالش است (لیدیگ و تیو، ۲۰۱۴).

۴- بازیابی یا بازسازی شرایط طبیعی پس از وقوع بلایا (Recovery)

ترمیم و بهبود امکانات، معیشت و شرایط زندگی جوامع تحت تاثیر بلایا، از جمله تلاش برای کاهش عوامل خطر بلایا را بازیابی می‌گویند. وظیفه بهبود توانبخشی و بازسازی به‌محض پایان مرحله اضطراری شروع می‌شود و باید مبنای راهبردها و سیاست‌های قبلی موجود باشد که مسئولیت‌های نهادی روشن برای عمل بازیابی را تسهیل و مشارکت عمومی را مقدور نماید. برنامه‌های بازیابی با افزایش آگاهی عمومی و تعامل-پس از بلایا گره خورده‌است. بازیابی فرصت ارزشمند توسعه و پیاده‌سازی اقدامات کاهش خطر بلایا جهت کاربرد اصل «ساخت بهتر از قبل» را بعد از بلایا فراهم می‌کند (دفتر کاهش ریسک بلایای سازمان ملل متحد، ۲۰۰۷). بازسازی بر ترمیم تأسیسات آب و برق و بازسازی ساختمان‌ها متمرکز است. در حال حاضر، تحقیقات قابل‌توجهی وجود دارد که در فرآیندهای بازیابی جوامع، شناخت پایداری بازسازی محیط‌های اجتماعی، اقتصادی، مصنوع و طبیعی باید در نظرگرفته شود. چهار محیط به‌عنوان جامعه جهت ارائه فرصت‌های مشارکت سیاسی، ساختمان جامعه، شبکه و سلامت روان مرتبط‌به‌هم شامل موارد ذیل است: ۱) محیط‌زیست طبیعی جهت تفرج مردم (تفریح و سرگرمی، سلامت روان)، و منابع (جهت ارائه فرصت‌ها برای ساخت‌وساز و اشتغال)؛ ۲) محیط ساخته‌شده و تأسیسات آب و برق و سازه برای زندگی، کار و تفریح مردم؛ ۳) محیط اقتصادی جهت ارائه کالا، خدمات و معیشت مردم و ۴) محیط اجتماعی. مرحله بهبود بلایا شامل چند مرحله، ترمیم اولیه ملزومات تاسیسات و بازیابی طولانی‌مدت جوامع است. مرحله بهبود اغلب شامل اقداماتی است که خطر ابتلا به حوادث آینده را کاهش خواهد داد (لیدیگ و تیو، ۲۰۱۴).

استفاده از سنجش از دور برای کمک و یا پایش بازیابی بلایا شاید حداقل کاربرد توسعه‌یافته این فناوری است. هدف تحلیل سری‌های زمانی در مناطق گسترده با ارائه جزئیات مکانی در سطح بالا و متوسط است. در بازیابی بلایا، برخی شاخص‌های بسیار روشن وجود دارد که اغلب می‌توان به راحتی با تصویرگری سنجش از دور آن‌را اندازه‌گیری و پایش نمود. برخی از این شاخص‌ها شامل ساخت‌وساز و برقراری پناهگاه میان‌مدت و طولانی‌مدت؛ شروع و اتمام ساخت‌وساز جدید و یا بازسازی (ساختمان‌ها، پل‌ها، جاده‌ها)؛ رشد مجدد پوشش گیاهی؛ و لایروبی آبراهه بعد از جاری شدن سیل است.

یک مثال از بررسی پایداری محیط طبیعی در ایران توسط صفاری و همکاران (۱۳۹۳)، در دریاچه ارومیه صورت گرفت، که در آن با استفاده از تصاویر لندست سال‌های مختلف وضعیت

1. Hyperion

سیستم دریاچهٔ از قبیل تحلیل مولفه‌های اصلی، ترکیب باندی کاذب و بررسی پروفیل تغییرات انعکاس آب دریاچه در دورهٔ تعادل، حد آستانه و مرگ اکوسیستم را مطالعه نمودند.

مثال دیگر در ایالات متحده، پس از طوفان کاترینا در آمریکا، مقدار بازسازی منازل با تصاویر Quickbird که دارای قدرت تفکیک مکانی بالا است، با حضور و عدم حضور رنگ آبی پوشش سقف تشخیص داده شد. در مورد پیشرفت بازیابی در یک منطقه کوچک از نیواورلئان، عوارض قابل‌توجه در تصویر یک هفته قبل از طوفان و بعد از آن نشان داده شد. در ماه مارس سال ۲۰۰۶ خانه‌های موقت آشکار است و پس از سه سال از این رویداد هنوز هم دیده می‌شود، هرچند تعدادی از سقف‌های پوشش داده شده در برزنت آبی رنگ کاهش یافته است. تحلیل نرخ نسبی تغییرات نشان داد که پس از این رویداد سطوح غیرقابل‌نفوذ و خطوط ارتباطی مانند جاده‌ها به سمت بازیابی کاملا سریع پیش می‌روند، در حالی‌که تکامل پوشش گیاهی تا حدودی طولانی‌تر است. کلید کار ضروری برای تعیین وقوع هرگونه تغییر و استخراج نرخ تغییر، وجود یک سری زمانی از داده می‌باشد. سرعت بازیابی وقوع رانش زمین گسترده در شمال نیوزیلند را نیز می‌توان از یک سری تصویرگر SPOT-۵ و ALOS AVNIR-۲ مشاهده نمود. شکاف روشن پس از وقوع رانش زمین با تصویرگری رنگ مادون قرمز آشکار است. یک سال بعد، بسیاری از دامنه‌های گیاهی در بخش شرقی بازسازی شد، درحالی‌که رانش زمین در منطقه غربی بیش‌ازحد رشد داشته است. این بازیابی در مجموعه‌ای از تصاویر NDVI، که کنتراست رانش زمین (سیاه) و پوشش گیاهی اطراف آن (سایه‌های مختلف خاکستری) را برجسته می‌کند آشکارتر است. در منطقه تحت پوشش که هزاران رانش زمین رخ می‌دهد، سنجش از دور ماهواره‌ای تنها شیوه جمع‌آوری موثر در وقت و هزینه داده‌ها برای درک بازسازی این منطقه است. از تکنیک‌های مشابه می‌توان جهت بازتولید زیستگاه بومی پس از آتش‌سوزی بوته‌ها استفاده کرد (جوش و همکاران، ۲۰۰۹).

یافته‌ها

بر این اساس، حداقل کارکردهای سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات مکانی در مبحث مدیریت بحران به‌طور خلاصه شامل موارد و مثال‌های زیر است: ۱) بررسی شناسایی توزیع و ویژگی‌های مناطق تحت تاثیر بلایا (مانند شناسایی پهنه‌های مستعد توفان نمکی؛ فیضی زاده و همکاران، ۱۳۹۵)؛ ۲) ایجاد پایگاه داده مرتبط و آشکارسازی موقعیت مکانی و توزیع آن (مانند مطالعه کلانتری و همکاران،۱۳۹۳؛ ۳) تحلیل و پژوهش توزیع و توسعه بلایای ثانویه؛ ۴) ارائه پشتیبانی فنی امدادرسانی پس از بلایا و بازسازی علمی؛ ۵) تلفیق با سامانه اطلاعات مکانی (GIS) و تعیین رابطه و قوانین بین خطر و عوامل (مانند مطالعه بهرام پور و بمانیان، ۱۳۹۱)؛ ۶) ارزیابی ریسک (مانند مطالعه رنجبر و همکاران، ۱۳۹۳)؛ ۷) منطقه‌بندی؛ ۸) ارزیابی خسارات شامل پرس‌وجو و نمایش، ارزیابی داده‌ها، تولید خودکار گزارش‌های ارزیابی انواع خسارات اقتصادی و تلفات انسانی (مانند مطالعه صفاری و همکاران، ۱۳۹۳)؛ ۹) بهبود و تسهیل فرمان تصمیم‌گیری اضطراری و قدرت ارزیابی، بهبود دقت و بهره‌وری ارزیابی (مانند مطالعه کلانتری و همکاران،۱۳۹۳)؛ ۱۰) پیش‌بینی و هشدار؛ ۱۱) توزیع اطلاعات بلایای مبهم به عموم مردم با کمک WebGIS؛ ۱۲) فناوری GPS با تعیین موقعیت شی در مناطق بلایا برای بهبود بهره‌وری جمع‌آوری اطلاعات و دفع اضطراری بلایا؛ ۱۳) پایش پویای بلایای طبیعی جنبه‌های هواشناسی کاربردی، ماهواره‌های هواشناسی (مانند مطالعات خسروی و آخوندزاده،۱۳۹۳؛ میراحسنی و همکاران، ۱۳۹۶).

کاربرد انواع داده‌ها در چرخه مدیریت بحران به همراه مثال سنجنده در جدول ۱ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که بعضی نمونه‌های سنجنده و داده در جدول ۱ ممکن است فعال نباشند، با این‌حال می‌توان از بسیاری سنجنده‌های جایگزین با ویژگی‌های مشابه نیز استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

کاربرد علم سنجش از دور، در مدیریت بحران هنوز نوپاست است و چالش‌های بسیاری در کاربردی کردن آن به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه وجود دارد. بر اساس رویدادهای صورت گرفته در سال‌های اخیر و از آنجا که ایران یکی از بلاخیزترین کشورهای جهان است، اهمیت استفاده از توان حداکثری از منابع سوی مدیران

جدول ۱: مثالهایی از داده و اطلاعات مورد نیاز در طول مراحل کاهش، آمادگی، مقابله و بازسازی بلایا (Joyce et al., ۲۰۰۹)

نوع مدیریت	نوع اطلاعات	داده موردنیاز	مثال سنجنده	مثال کاربرد
کاهش (Mitigation, Reduction)	موقعیت تراس‌های گسل و مناطق گسیختگی	DEM[1] قدرت تفکیک بالا	Airborne LIDAR SAR	استفاده در آمایش سرزمین اراضی اطراف گسل فعال جهت کاهش ریسک توسعه آینده در موقعیت خطر
	جابجایی گسل	SAR تداخلی	ERSI, ENVISAT[2] ASAR[3], ALOS[4] PALSAR[5]	جابه جایی گسل استفاده شده در مدل‌های عددی به منظور پیش‌بینی بزرگی زلزله‌های ممکن
	نقشه‌سازی دشت سیلابی	DEM	AIRBORNE LIDAR, ERSI/2, ENVISAT ASAR, ALOS PALSAR	تعیین دشت‌های سیلابی می‌تواند به آگاه سازی تغییرات در کاربری، و تعیین نواحی توسعه محاسبات محافظتی کمک نماید.
	پوشش / کاربری زمین	SAR اپتیک و تداخلی	SPOT, ASTER[6] RADARSAT-2	استفاده برای برنامه‌ریزی مدیریت آبخیز برای کاهش خطر سیل و لغزش زمین
	تغییرات پوشش گیاهی	داده زمانی مورد اطمینان	SPOT, ASTER RADARSAT-2	تعیین زون‌های خشکسالی، آگاه سازی نقشه خطر آتش
	تعیین جریان گدازه و لاهار	DEM تصویرگر اپتیک قدرت تفکیک بالا	SAR, Airborbe LiDAR, SPOT, AVNIR-2, ASTER	منطقه بندی خطر، آگاه سازی عمومی، تعیین موقعیت سرپناه امن
	تعیین موقعیت شیب‌های غیرثابت واقعی و بالقوه	DEM, SAR تداخلی، تصویرگر اپتیک استریو قدرت تفکیک بالا	فوتوگرافی هوایی Airborbe LiDAR, ESRI/ 2, ENVISAT ASAR, ALOS PALSAR, .	نقشه‌سازی خطر برنامه‌ریزی فرا ساختاری
	نقشه‌های فراساختاری خطوط اصلی	تصویرگر اپتیک قدرت تفکیک بسیار بالا	فوتوگرافی هوایی Quickbird[7], Ikonos[8], World-view[9] .	کمک به نقشه‌سازی خطر جهت تعیین فراساختار کلیدی خطر، تسکین یا ساخت نیازها، برای ارزیابی خطر بعدی بعد از بلایا نیز استفاده می‌شود.
	داده توپوگرافی خطوط اصلی	تصویرگر اپتیک رزولوشن متوسط تا بالا	فوتوگرافی هوایی، SPOT, ANVIR-2, Quickbird, Ikonos World-view	مدلسازی خطر
آمادگی (Readiness)	اخطار هواشناسی شدید	RADAR, تصویرگر مریی و فروسرخ مقیاس وسیع	GOES[10], NOAA, Meteosat	ارائه اخطار پیشرفت وقایع بزرگ جهت برنامه ریزان اضطراری و عمومی و هواشناسان
	حرکت و تغییر شکل زمین	InSAR[11], PS InSAR	ERSI-1/2, ENVISAT ASAR, ALOS PALSAR	سرعت جنبش رانش زمین با حرکت آرام. اغلب سرعت نسبت تغییر شکل نشان می‌دهد که یک رخداد بزرگ در حال انجام است.
	رطوبت خاک	SAR طول موج باند	SMAP[12]	کمبود آب منجر به خشکی و کمبود تولید کشاورزی می‌گردد، توانایی خاکها در نگهداری آب جهت نشان دادن پتانسیل سیل و رانش زمین
	تنوع دمای زمین	تصویرگر دمایی، یا SWIR[13] در مورد عوارض بسیار داغ	ASTER, MODIS, AVHRR	پایش سیکل‌های سرما و گرما آتشفشان برای درک پیش بینی مشخصات فوران
	نقشه‌سازی ساخلی و عمق سنجی	SONAR، مسافت یابی عمق لیزر	LDAS[14], Topex Poseidon[15]/ jason	مدلسازی خطر سونامی
	نمایش و تبلیغ خطرات بالقوه	تصویرگر اپتیک قدرت تفکیک متوسط تا بالا، اغلب همپوشانی DEM	عکسبرداری هوایی Quickbird, Ikonos ترکیبات رنگ‌های سیاه و سفید یا واقعی برای راحتی درک	برای استفاده در آموزش عمومی در مورد خطرات و ریسکها درآمادگی فردی بیشتر و سریعتر خانواده‌ها و سازمان‌ها
	تشخیص تغییرات دمای دریا یا فشار اتمسفری در سیکلون/گردبادها/ مختصات تعیین طوفان	تصویرگر مقیاس وسیع	MODIS, GOES, AVHRR	اخطار پیشرفت یا شروع شرایط آب‌وهوایی شدید در آینده

مقابله (Response)	طغیان آب	SAR، اپتیک	Radarsat, SPOT, ASTER Quik-bird, Ikonos	تعیین بزرگی، موقعیت و طول تاثیرات، استفاده SAR موقعی که پوشش ابر هنوز نامعلوم می‌باشد.
	طوفان گسترده، یا بار القا شده، زلزله، رانش زمین	SAR، قدرت تفکیک متوسط تا بالا اپتیک	Radarsat, SPOT, ASTER Quickbird, Iikonos	تعیین بزرگی، موقعیت و طول تاثیرات
	خاکسترهای اتشفشانی و گازها	فروسرخ طول موج کوتاه، فروسرخ گرمایی	GOES, TOMS/OMI[16], MODIS	تفکیک زمانی بالا، حداقل تصویرگری روزانه مورد نیاز است. استفاده برای خاکستر آتشفشان‌ها و جهت اخطار به خطوط هوایی با مسیر پرواز پرخطر.
	اطلاعات عموم در طول وقایع	تصویرگر اپتیک قدرت‌تفکیک بالا	Quickbird, Iikonos	کمک به جوامع در معرض تهدید ریسک منجر به خطر.
	موقعیت کشتی	SAR	Terra SAR-X[17], Cosmo Sky-Med	تعیین محل کشتی‌ها در اقیانوس در طول طوفان
	تغییرشکل قبل لرزش و بعد لرزش	InSAR	بزرگی زلزله و پیش بینی شوک‌های بعدی ممکن	تطابق بزرگی زلزله و پیش‌بینی شوک های بعدی ممکن
بازسازی و جبران (Recovery)	نسبت جبران مثلا برداشت خاشاک و بازسازی و رشد مجدد پوشش گیاهی	تصویرگر قدرت‌تفکیک بالا در یک سری زمانی پیوسته	فوتوگرافی هوایی، Quickbird, Worldview, Iikonos	مقایسه تاثیر راهبردهای بازسازی مختلف؛ تعیین استفاده مناسب بودجه کمکی؛ بازسازی پناهگاه حیات وحش (مثلا بعد از آتش سوزی)؛ تعیین نواحی "در خطر مانده" بازسازی نشده که برای وقایع آینده آسیب پذیرتر هستند.
	موقعیت‌های فراساختار و تسهیلات	تصویرگر قدرت‌تفکیک بسیار بالا	فوتوگرافی هوایی، Quickbird, Worldview, Iikonos	ایجاد نقشه‌های خط اساسی جدید
	DEM بازنگری	InSAR, LiDAR	ERSI-1/2, ENVISAT ASAR, ALOS PALSAR	پس از زلزله بزرگ یا فوران آتشفشان قوی در صورت ایجاد تغییرات محلی و منطقه‌ای در ارتفاع
	حالت طبیعی	تصویرگر قدرت تفکیک بسیار بالا	تصویربرداری هوایی، Quickbird, Worldview, Iikonos	نواحی برنامه برای تخصیص بودجه

و برنامه‌ریزان جهت کاهش خطرات و تلفات بلایا با استفاده از علوم و فنون به‌روز و کارا را روشن می‌سازد. به دلیل اهمیت مساله، امید است که این نوشتار در قالب اشاره به پژوهش‌های صورت گرفته و راهکارهای ارائه شده توسط علم سنجش از دور به عنوان ابزاری کارا، در حیطه چرخه مدیریت بحران بتواند به مرور این رویکرد کمکی هرچند کوچک بنماید.

1. Digital elevation model
2. European Space Agency Satellite with a suite of SAR and optical sensors
3. C Band Advanced Synthetic Aperture RADAR
4. Japanese Space Agency (JAXA) Advanced Land Observing Satellite L Band
5. SAR satellite. Useful for deformation monitoring in regions of dense vegetation
6. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer on board NASA's Terra satellite. Useful for monitoring volcanic activity
7. Very high spatial resolution commercial satellite (Digital Globe). Useful for local scale mapping and monitoring (e.g. buildings and assets)
8. Very high spatial resolution commercial satellite (GeoEye). Useful for local scale mapping and monitoring (e.g. buildings and assets)
9. Very high spatial resolution commercial satellite (Digital Globe). Useful for local scale mapping and monitoring (e.g. buildings and assets). Currently only panchromatic.
10. Geostationary Operational Environmental Satellites - used for metrological applications
11. Interferometric Synthetic Aperture RADAR - technique used for measuring surface deformation
12. Soil Moisture Active Passive - since 2012
13. Short Wave Infrared. Used for volcanic ash and gas monitoring and also vegetation applications
14. Laser Airborne Depth Sounder
15. Joint CNES / NASA satellite altimetry mission, used for studying sea level, ocean bathymetry, tides and ocean currents (now succeeded by Jason)
16. Ozone Monitoring Instrument - used for monitoring volcanic gas emissions
17. X-band SAR satellite

منابع

امینی ورکی، سعید، مهدی مدیری، فتح اله شمسایی زفرقندی و علی قنبری نسب. ۱۳۹۳. شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو. علمی پژوهشی مدیریت بحران، ۳، ۵-۱۸.
http://www.joem.ir/article_11584.html

بمانیان، محمد رضا؛ مجتبی رفیعیان، محمد مهدی خالصی و رضا بمانیان. ۱۳۹۲. کاهش خطرپذیری شهر از بلایای طبیعی (زلزله) از طریق برنامه ریزی کاربری زمین. علمی پژوهشی مدیریت بحران، ۱(۲)، ۵-۱۵.
http://www.joem.ir/article_2777_287.html..

بهرام پور، مهدی؛ و محمدرضا بمانیان. ۱۳۹۱. تبیین الگوی جانمایی پایگاه‌های مدیریت بحران با استفاده از GIS ، نمونه موردی شهر تهران منطقه۳. علمی پژوهشی مدیریت بحران، ۱(۱)، ۵۱-۵۹.
http://www.joem.ir/article_1407.html

خسروی ایمان؛ و آخوندزاده مهدی. ۱۳۹۳. مدلسازی و پیش بینی سری زمانی شاخص‌های خشکسالی با روش‌های یادگیری ماشین به منظور مدیریت مخاطرات (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ شرقی اصفهان(، دانش مخاطرات، ۲، ۱، ۱۳، ۶۵-۵۱....https://journals.ut.ac.ir/article_53921_0.html

رنجبر، حمیدرضا؛ علیرضا آزموده اردلان، حمید دهقانی، محمدرضا سراجیان و علی علیدوستی. ۱۳۹۳. تسهیل فاز واکنش مدیریت بحران زلزله با استخراج خودکار ساختمان‌ها بر مبنای آنالیز بافت از تصاویر ماهواره‌ای. علمی پژوهشی مدیریت بحران، ۳(۱)، ۵-۱۹.
http://www.joem.ir/article_9899.html

صلواتیان، سیاوش، ۱۳۹۶. طراحی الگوی جامع نقش رادیو و تلویزیونهای محلی و ملی در مدیریت مخاطرات طبیعی ایران. مدیریت مخاطرات محیطی، ۳،۳ ۲۳۲-۲۱۱..https://jhsci.ut.ac.ir/article_61932.html

عبدالشاه، محمد؛ سید امیرمحمد خطیبی، سیامک حسینی، محمد علی بهشتی نیا. ۱۳۹۶، بهینه سازی زمان سیستم امداد رسانی در شرایط مخاطره با تقسیم وظایف بین مراکز و در نظرگیری ظرفیت حداکثری ناوگان (مطالعه موردی: شهر قزوین). مدیریت مخاطرات محیطی، ۴،۲، ۱۵۶-۱۴۳.
https://journals.ut.ac.ir/article_64044.html

فرجی سبکبار، حسنعلی؛ مرتضی امیدی‌پور، مهدی مدیری و امیر بسطامی‌نیا. ۱۳۹۴. ارائه مدل پهنه بندی آسیب پذیری شهر اهواز با استفاده از مدل مرتب سازی گزینه‌ها مبتنی بر پروفایل .(SSP) علمی پژوهشی مدیریت بحران، ۳(۲)، ۴۵-۵۶...http://www.joem.ir/article_12751.html

فیضی زاده، بختیار؛ هژار شهابی، هوشنگ سیفی. ۱۳۹۵. شناسایی پهنه‌های مستعد توفان‌های نمکی دریاچه ارومیه با استفاده از پردازش فازی شی گرای تصاویر ماهواره ای. مدیریت مخاطرات محیطی، ۳،۳: ۲۶۹-۲۸۴.
https://jhsci.ut.ac.ir/article_62039.html..

کلانتری اسکوئی، علی؛ مهدی مدیری، علی اصغر آل شیخ، و رضا حسنوی. ۱۳۹۳. ارائه‌ی چارچوبی برای ارزیابی ریسک در سامانه‌ی اطلاعات مکانی (GIS) و زیرساخت داده‌های مکانی (SDI) بخشی بر اساس منطق فازی. علمی پژوهشی مدیریت بحران، ۳، ۳۱-۴۴.
http://www.joem.ir/article_11586_1684.html

میراحسنی، مرضیه سادات؛ عبدالرسول سلمان ماهینی، علیرضا سفیانیان، رضا مدرس، رضا جعفری و جهانگیر محمدی. ۱۳۹۶. ارزیابی شاخص وضعیت حرارتی پوشش گیاهی (VTCI) ماهواره مودیس در پایش خشکسالی پوشش گیاهی حوضه آبخیز زاینده‌رود. نخستین همایش بین المللی سامانه اطلاعات جغرفیایی جاده ابریشم، ۳ تا ۵ خرداد ۱۳۹۶، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.
https://www.civilica.com/Paper-SILK01-SILK01_029.html

صفاری، امیر؛ سعید رحیمی هرآبادی، سعید گودرزی مهر، هادی کریمی. ۱۳۹۳. پایداری محیط در ژئوسیستم‌ها با رویکرد به مخاطرات و تحلیل‌های مبتنی بر داده‌های ماهواره ای (مطالعهٔ موردی: سیستم دریاچه ای ارومیه) ، دانش مخاطرات، ۱،۱، ۶۸-۴۷.
https://jhsci.ut.ac.ir/article_52613_0.html.

ESA – Free Sentinel Satelite data website: http://www.esa.int/ Our Activities/ Observing the Earth/Copernicus/Free access to Copernicus Sentinel satellite data, (accessed 22.01.17).

ESRI – Environmental Systems Research Institute. (2012). GIS Dictionary: desktop-GIS. http://support.esri.com/en/ knowledgebase/Gisdictionary/term/ desktop-GIS>, (accessed 17.06.14.).

Joyce K., Wright K. C., Samsonov S. V., (2009). Remote sensing and the disaster management cycle, Advances in Geoscience and Remote Sensing. www.intechopen.com

Leidig, M., Teeuw, R.M., (2014). Quick Guide to Free Geoinformatics for Disaster Management: http://research. mlabs.org.uk/blog/?page id=20, (accessed 17.6.14.).

Li Q., (2010), Applications on Spatial Information Technology in Natural Disaster, Procedia Environmental Sciences 10 (2011) 1396 – 1400. https://www.sciencedirect.com/science/article/ pii/S187802961100418X

UNISDR, 2007.website: http://www.unisdr.org, (accessed 04.07.16.).

USGS website: https://landsat.usgs.gov/landsat-collections, (accessed 22.01.17).

Westen C. V. (2010), Remote Sensing and GIS for Natural Hazards Assessment and Disaster Risk Management, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente Hengelosestraat. DOI: 10.1016/ B978-0-12-374739-6.00051-8. https://www.researchgate. net/publication/285929471_Remote_Sensing_and_GIS_ for_Natural_Hazards_Assessment_and_Disaster_Risk_ Management.