

Nuove prospettive per l'uso del remote sensing nella gestione delle emergenze da rischi Natech e l'uso della terminologia specifica

Sabina Di Franco, Rosamaria Salvatori (*), Elena Rapisardi (**)

(*) Istituto sull'Inquinamento Atmosferico - CNR, via Salaria Km 29,300, e-mail difranco@iia.cnr.it

(**) NatRisk. Università di Torino

Riassunto

Le tecniche di remote sensing hanno assunto un ruolo fondamentale nella gestione dei rischi, come è dimostrato anche dal programma Copernicus, fase operativa del GMES (Global Monitoring for Environment and Security), che offre tra i suoi servizi l'Emergency Management Service. I più recenti sviluppi del settore aerospaziale, la miniaturizzazione dei sensori, le missioni ad alta risoluzione, le costellazioni di micro-satelliti, così come l'utilizzo crescente di UAV (Unmanned Aerial Vehicle), stanno consentendo di superare le precedenti limitazioni tecnologiche (risoluzione spaziale, tempi di rivisitazione), che rendevano poco efficace l'uso di questi dati per la gestione delle emergenze. Questo lavoro pone l'attenzione sulla possibilità di utilizzare i dati provenienti dal remote sensing per quella categoria di rischi definiti "Natech" (Natural – Technological), che comprende tutti quegli incidenti tecnologici, innescati da fenomeni naturali, che avvengono in impianti o durante il trasporto di sostanze dannose. Viene inoltre evidenziata la necessità di uno specifico linguaggio, che permetta a tutti gli user un corretto e tempestivo recupero dei dati e delle informazioni necessarie. Si propongono alcuni strumenti terminologici, NHWikisaurus e EOSterm thesaurus, che possono contribuire alla condivisione semantica.

Abstract

The Earth Observation (EO) techniques are becoming increasingly important in risk management activities not only for natural hazards and natural disaster monitoring but also to ride out industrial and Natech accidents. The latest development in the aerospace industry such as sensors miniaturization and high spatial and temporal resolution missions devoted to monitoring areas of specific interest, have made the use of EO techniques more efficient and ready to use in near real time conditions. This paper summarizes the current state of knowledge on how EO data can be useful in manage all the phases of the Natech disaster, from the environmental conditions before the accident strikes to the post accident relief, from the scenario setting and planning stage to damage assessment. Moreover some terminological tools are proposed NHWikisaurus and EOSterm thesaurus, that could be useful for semantic knowledge spreading in EO and risk management.

Introduzione

La gestione del rischio è un'attività complessa che richiede un approccio multidisciplinare. Quando avviene un disastro ogni minuto è fondamentale per salvare vite umane, limitare i danni, proteggere persone, cose e ambiente. Gli eventi che si susseguono durante il verificarsi di un disastro sono, in una certa misura, ripetitivi e possono essere schematizzati in un ciclo: il cosiddetto "ciclo dell'emergenza" o del disastro. Il ciclo dell'emergenza può essere suddiviso in quattro fasi: mitigazione e prevenzione (prima dell'evento) e risposta e recupero o superamento (post evento) (Di Franco, Salvatori, 2015). La mitigazione consiste in tutte quelle azioni necessarie per ridurre l'impatto dei disastri futuri (Menoni et al., 2012). La fase di prevenzione comprende le attività necessarie per ridurre gli impatti in previsione o nell'imminenza di eventi disastrosi. La fase di

risposta attiene a tutte quelle azioni intraprese durante, o immediatamente dopo l'evento, con l'intento primario di salvare e proteggere le vite umane. Infine il termine recupero riguarda le attività relative al processo di ripristino dei servizi, alla ricostruzione delle opere e la riparazione dei danni, dopo l'evento (Alexander, 2002).

Nella letteratura internazionale vengono definiti rischi Natech (Natural - Technological) quegli incidenti tecnologici innescati da disastri naturali, si tratta di tutti quegli incidenti che si verificano in impianti, nella rete di distribuzione o durante il trasporto di sostanze pericolose, a seguito del verificarsi di un terremoto, un'alluvione, uno tsunami o altro evento naturale. (Clerc, Le Claire, 1994; Lindell, Perry, 1996; Cruz et al., 2004).

Questi rischi sembrano essere in aumento, non solo per la crescita delle zone industrializzate, ma anche in relazione ai cambiamenti climatici (Karusman et al., 2011, Salzano et al., 2013). Le peculiari caratteristiche degli eventi Natech, rapidità di svolgimento, possibilità dell'innescarsi di catene di eventi, variabilità dell'estensione areale, rendono la loro gestione particolarmente complessa. Il Joint Research Centre - JRC della Commissione Europea ha richiesto nel 2004 alle autorità nazionali europee, l'identificazione delle aree potenzialmente soggette a questi eventi e ha sviluppato RAPID-N, uno strumento per mappare e valutare rapidamente i danni, che opera a scala globale (Girgin, Krausmann, 2013).

Il contributo della comunità scientifica e l'uso di tecnologie innovative come quelle connesse all'osservazione della terra, sono di importanza strategica durante tutte le fasi della gestione dell'emergenza (Joyce et al., 2009). Gli eventi causati dai rischi Natech sono caratterizzati da una rapida dinamica evolutiva con scenari che si modificano in un breve arco di tempo, e in molti casi il lavoro dei soccorritori è ritardato o reso particolarmente difficile dall'impossibilità di raggiungere le zone colpite e di operare in sicurezza. Ad esempio, nel caso di un incidente con rilascio di sostanze tossiche nell'aria, le squadre di soccorso devono evacuare rapidamente i residenti dell'area a rischio, di cui vanno definiti dimensioni e contorni. Per fare ciò è necessario avere informazioni come il punto di emissione, la direzione e la velocità del vento e le condizioni meteorologiche generali nel momento del verificarsi dell'evento. E' anche necessario conoscere le caratteristiche geografiche dell'area, la presenza e lo stato delle reti stradali e delle infrastrutture, la cartografia, di base e tematica è quindi indispensabile.

Inoltre la complessità intrinseca nei rischi Natech, rende particolarmente efficace l'uso di strumenti terminologici dedicati come glossari e thesauri che facciano chiarezza sui concetti e sui termini specifici del dominio, specialmente nel momento del verificarsi dell'emergenza.

Le tecnologie dell'osservazione della terra e la gestione dei rischi Natech

I sistemi per l'osservazione della terra nell'ambito della gestione delle emergenze rivestono un ruolo di importanza crescente, attraverso di essi si possono ricavare dati tempestivi e accurati non solo per la valutazione dei danni durante un evento, ma anche tutte le informazioni necessarie per le attività pre e post emergenziali.

I satelliti orbitanti intorno alla Terra sono numerosi ed equipaggiati con sensori attivi e passivi che operano coprendo tutte le lunghezze d'onda dall'ultravioletto alle microonde, si può supporre quindi che la superficie della terra sia monitorata dallo spazio, anche nei momenti e nei luoghi in cui accadono le emergenze. Le missioni spaziali in atto sono versatili e utili per vari obiettivi, i sensori montati sui satelliti, possono essere dedicati a tematiche specifiche (es. l'osservazione del ghiaccio polare, la vegetazione, la qualità dell'acqua, ecc.). I dati attualmente provenienti dai sensori sono comparabili con i dati provenienti dalle prime missioni spaziali, questo consente di eseguire analisi multi-temporali impossibili fino a poco tempo fa, come la misura dell'urban sprawl o l'estensione delle calotte polari.

Le missioni dell'ESA (European Space Agency), dell'EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites), della NASA (National Aeronautics and Space Administration), del NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), del DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt), e dell'ASI (Agenzia Spaziale Italiana), forniscono

un'ampia varietà di sistemi osservativi che verranno ulteriormente arricchiti dalle missioni Sentinel, nell'ambito del programma europeo Copernicus. La maggior parte dei programmi spaziali europei sono indirizzati verso la gestione delle emergenze, non solo da un punto di vista tecnico-scientifico, ma anche come impegno economico da parte di paesi ed imprese. Ad esempio nel programma GMES (Global Monitoring for Environment and Security), ora Copernicus, la gestione delle emergenze ha avuto da subito un ruolo cruciale, è infatti uno dei "Fast Track Services", i servizi forniti e finanziati dal programma. Il servizio è attualmente operativo e svolge attività di "rapid mapping", a richiesta fornisce informazioni geospaziali immediatamente dopo (ore o giorni) il verificarsi di un evento: dal 2012 il servizio ha fornito mappe a seguito di circa un centinaio di richieste, correlate ad eventi idro-meteorologici e a incendi (European Commission. Copernicus Emergency Management Service - www.emergency.copernicus.eu). In quest'ambito la geomatica sta studiando come migliorare, semplificare e rendere più rapidi ed efficienti i flussi per la realizzazione di mappe tematiche (Ajmar et al., 2015).

Le immagini satellitari non solo sono utili nel fornire dati "real-time", o "near real-time" per la gestione dei disastri, ma diventano fondamentali anche nelle fasi di prevenzione e mitigazione (Showalter et al., 1999). Gli incidenti industriali, sia quelli causati direttamente dalle attività umane che quelli innescati da eventi naturali, ad eccezione degli sversamenti di petrolio in mare aperto, sono meno "imprevedibili" dal punto di vista della localizzazione spaziale, poiché avvengono in aree industriali note e definite (Marzo et al., 2015).

I fenomeni naturali, anche se intrinsecamente caratterizzati da una maggiore "imprevedibilità" geografica, di solito coinvolgono porzioni di territorio più ampie e grazie alla loro scala è stato possibile utilizzare i satelliti anche quando le risoluzioni delle immagini non avevano il dettaglio e la scala di quelle odierne. Proprio il progresso tecnologico su risoluzione e scala, nonché il maggior numero di satelliti disponibili, permette l'uso di questi ultimi anche per l'analisi e il monitoraggio dei rischi industriali e, di conseguenza, dei cosiddetti Natech.

Nell'ambito del progetto GEOSS i sensori satellitari attualmente disponibili sono stati utilizzati sia per attività di prevenzione, che per il monitoraggio dei danni provocati da disastri naturali (terremoti, piene, incendi boschivi, ecc...). Gli eventi Natech possono essere più complessi da analizzare in remoto, in quanto l'area in cui avviene l'incidente innescato dalle cause naturali può essere piccola. Se però si considera la durata nel tempo dell'evento e gli effetti che l'evento produce, l'area che subisce danni può essere anche molto estesa. Per analizzare le zone colpite dagli eventi calamitosi è necessario avere cognizione di causa del tipo di dati da utilizzare in relazione anche all'estensione geografica e alla risoluzione spettrale. Ad esempio immagini multispettrali ad alta risoluzione possono essere utilizzate per ottenere delle mappe dell'uso del suolo necessarie per derivarne mappe multi-rischio (Sengupta, 2007).

I grandi incidenti negli impianti industriali, sia innescati da eventi naturali che antropici, provocano spesso la repentina fuoriuscita di sostanze chimiche pericolose e possono innescare degli "effetti domino", che causano danni gravi ed estesi (Antonioni et al., 2009); i dati del telerilevamento, anche se difficilmente possono venire usati per le attività di "previsione" di questi incidenti, sono però fondamentali, se raccolti tempestivamente, nella fase di intervento per formulare le strategie di azione e migliorare le attività di primo soccorso. Sono inoltre essenziali per la valutazione dei danni sia sulle costruzioni, sia sull'ambiente - aria, acqua, suolo - (Galderisi et al., 2008).

Opportunità future: piccoli satelliti e UAV

Considerando quanto detto nei paragrafi precedenti, tra i servizi di EO, in caso di incidenti in cui è necessaria un'informazione immediata, possono essere molto utili i dati forniti dalle costellazioni di "piccoli" satelliti (Kucera et al., 2012); i satelliti tradizionali infatti hanno tempi di rivisitazione non adatti per questo tipo di servizio. Le missioni con i "piccoli" satelliti, di contro, possono essere appositamente progettate per un scopo specifico quale, ad esempio, il monitoraggio di un'area industriale (Sandau, 2010) utilizzando tecnologie già pronte, le cosiddette (off-the-shelf technologies). E' possibile, inoltre, creare sistemi molto piccoli (bus and payload) rivedendo

l'ingegneria di sistemi già esistenti e cercando di miniaturizzarli. In generale, piccoli satelliti sono equipaggiati con spettroradiometri in VIS-nearIR e i dati sono disponibili in giornata; in futuro, si prevede di aumentare la capacità di elaborazione a bordo e inviare i dati agli utenti già corretti ed appositamente elaborati per la specifica applicazione (Sandau, 2006). Nei prossimi anni lo sviluppo di missioni con piccoli satelliti sarà inoltre favorita dalla comparsa sul mercato di nuovi sistemi di lancio dedicati dalla necessità di "testare" le diverse componenti prima di una missione più articolata e costosa, dallo sviluppo di sistemi interconnessi di piccole stazioni di ricezione e, ultimo ma non meno importante, dalla richiesta di dati in tempo reale per gli eventi con rapida evoluzione, come incidenti industriali o disastri naturali (Sandau, 2010). Verrà sicuramente implementata l'interferometria 3D che può essere estremamente utile nel monitoraggio dei cambiamenti di uso del suolo, tra cui lo studio delle deformazioni in aree urbano-industriale e la stima dei danni derivanti da incidenti industriali (Sandau e Briess, 2010).

In futuro, aumentando della risoluzione spaziale delle immagini aumenterà la domanda di dati ottici da integrare con i dati acquisiti dai sensori a microonde e con i dati rilevati dai sensori montati su droni ((Lewis, 2011, Sandau, Briess, 2008) o UAV (Unmanned Aerial Vehicle). In particolare, i micro-UAV (peso inferiore a 2 kg) rappresentano l'ultima frontiera per l'osservazione della Terra ad alta risoluzione e bassa quota. Su i micro-UAV possono essere installati, infatti, vari sensori che li rendono utilissimi per le attività di monitoraggio del territorio nelle aree urbane e naturali.

Recentemente i micro-UAV hanno avuto un notevole sviluppo in seguito alla maggiore affidabilità e ai costi ridotti per l'utilizzo di sensori basati sulle nano-tecnologie (AA. VV., 2011).

Con UAV, è anche possibile osservare la superficie terrestre, con vista nadirale e prospettica, ottimi requisiti per valutare i danni derivanti da incidenti industriali quali, ad esempio il crollo degli edifici. I dati prodotti possono inoltre essere condivisi come livelli informativi su piattaforma web (geoSDI) in pochissimo tempo (dell'ordine di dieci minuti) fondamentali in caso di emergenza, poiché hanno una risoluzione molto alta ed un corretto posizionamento geografico (AA. VV., 2011).

I dati acquisiti con gli UAV saranno sempre più richiesti in particolare per eventi calamitosi, sia di origine naturale, antropica o Natech. Essi, infatti, possono montare a bordo contemporaneamente sia fotocamere sia strumenti dedicati ad acquisire informazioni specifiche sull'evento da analizzare. In caso di incidenti su aree industriali, per esempio, in cui è possibile la fuoriuscita di gas tossici e nocivi, noti in precedenza, i sensori possono essere progettati ad hoc per campionare il particolato atmosferico, rilevare la concentrazione delle sostanze tossiche e raccogliere campioni da analizzare in laboratorio (Wang et al., 2013). Questi sensori possono quindi fornire informazione sulle aree in cui particolato (fumo e ceneri) e/o inquinanti possono ricadere, con evidenti vantaggi per l'organizzazione delle procedure di intervento sul territorio. Inoltre possono monitorare le zone a rischio più elevato dove è impossibile l'accesso ai soccorritori. L'uso di questi mezzi è particolarmente efficace nel caso di incidenti in cui si prevede una reazione a catena (esplosioni, incendi e crolli) per la formulazione di un piano di ricerca e salvataggio e per la prevenzione dell'effetto domino stesso. Durante gli incidenti in impianti che contengono sostanze chimiche pericolose, possono essere prodotti gas facilmente infiammabili, che generano esplosioni. Queste esplosioni causano improvvisi movimenti delle masse d'aria e temperature molto elevate. Gli UAV, però, spesso non sono in grado di far fronte a temperature elevate; non possono nemmeno mantenere la stabilità sufficiente per minimizzare le deformazioni delle immagini. L'equilibrio, la stabilità e il controllo del velivolo durante il volo nonché la durata delle batterie sono oggetto di studio per poter minimizzare questi inconvenienti (AA. VV., 2011). Di contro, questi velivoli possono essere di notevole supporto in quanto, volando a bassa quota, a differenza dei satelliti, possono acquisire immagini sotto la copertura nuvolosa e sono estremamente meno costosi di aeromobili con equipaggio.

Lo sviluppo di sistemi unmanned non richiede fondi eccessivi e potrebbe combinare gli interessi del mondo scientifico e di quello industriale. Nel caso di monitoraggio pre- o post- incidente, infatti, la possibilità di utilizzare dati acquisiti da sensori dedicati prevede il coinvolgimento della piccola e

media industria; la possibilità di finalizzare le acquisizioni a specifici utilizzi può diversificare e aumentare notevolmente i potenziali utenti.

La terminologia

Le parole assumono significati diversi a seconda del contesto nel quale sono utilizzate e molte ambiguità emergono quando il dominio di conoscenza al quale appartengono è complesso o poco chiaro. Gli strumenti terminologici, ovvero strumenti come glossari, lessici e thesauri, aiutano sia chi produce, organizza e cataloga l'informazione, qualunque essa sia, sia quanti usufruiscano delle informazioni stesse. In particolare rendono la ricerca di queste ultime efficace e rapida, minimizzando l'effetto del rumore di fondo e massimizzando la precisione nel recupero delle informazioni cercate. Questi concetti, validi ogni qual volta si utilizzi il linguaggio per la comunicazione, divengono ancora più discriminanti in domini che utilizzano termini specialistici e tecnici come quelli legati alle attività di osservazione della terra e della gestione delle emergenze. Inoltre, la necessità di liberare il campo da ogni "ambiguità semantica" diventa ancora più pressante nel momento della pianificazione del rischio e del soccorso. La mole di dati attualmente a disposizione è un vero e proprio tesoro di informazioni, ma un tesoro di cui non possediamo la mappa, un modo per costruirla è partire dalle "parole". Le parole sono quelle che usiamo quando facciamo una ricerca e sono i machine-readable metadata come le key words associate a i prodotti e servizi relativi all'earth observation (EO), che ci permettono di trovare le informazioni ricercate; usiamo le parole quando classifichiamo e organizziamo le informazioni; usiamo le parole e le relazioni tra i concetti definiti da esse quando organizziamo i contenuti.

Molto si sta facendo nel campo dell'informatica dove con le SDI (Spatial Data Infrastructure) si è raggiunto un elevato grado di interoperabilità anche grazie al brokering approach (Nativi et al., 2013), per il recupero e la gestione dei dati. Queste infrastrutture permettono, anche attraverso l'uso di ontologie, la gestione semantica del sistema, ma alcuni bisogni rimangono ancora non soddisfatti soprattutto quando le query vertono su qualcosa di molto specifico, o al contrario quando non si è esperti nel settore e non si sa bene cosa cercare. Di fatto la "componente umana" del sistema utilizza i termini per interrogare il sistema stesso e avere a disposizione una chiara semantica sui rischi e sui sistemi di EO, significa innanzitutto avere dei risultati migliori nel recupero delle informazioni ed impegnarsi in una prospettiva di «conoscenza resiliente», in grado di usare le conoscenze scientifiche e degli esperti in un'ottica di «spiegazione» e «comprensione», elementi chiave per prendere la decisione migliore di fronte a un disastro. Se in qualche modo tecniche e conoscenze scientifiche hanno una sorta di "interoperabilità-contestuale", la gestione del rischio e le attività operative sono strettamente legate ai domini semantici determinati anche da differenze politiche e culturali; ciò significa che vi è la necessità di rendere esplicite le relazioni esatte e precise tra concetti (e termini) appartenenti ad una ampia gamma di discipline e anche a lingue diverse.

Si propongono qui due strumenti utili per affrontare le criticità connesse al corretto utilizzo di linguaggi specifici: l'NHWikisaurus (<http://www.nhwikisaurus.com/>) e Earth Observation Systems Thesaurus - EOSterm (<http://thesaurusonline.ii.cnr.it/vocabs/eosterm/en/index.php>).

Il NHWikisaurus, nasce dalla collaborazione tra la facoltà di Scienze della Terra dell'Università di Torino e dell'IIA - CNR (Rapisardi et al., 2014) e propone un prototipo collaborativo di produzione dei contenuti nella parte wiki e per gli articoli di approfondimento, mentre nel contempo offre strumenti terminologici "classici" (thesaurus, glossario e ontologia), per una corretta comprensione dei concetti e delle parole legate ai rischi naturali. In una tematica complessa come quella della gestione dei pericoli e dei rischi, lo sforzo di costruire una mappa tra i concetti aiuta molto a ridurre ed organizzare la complessità di tutto il sistema, nelle sue diverse fasi dalla prevenzione, alla gestione dell'emergenza, dal superamento delle crisi all'analisi migliorativa del processo. Sono stati identificati i fenomeni, i processi, gli attori e le azioni e sono state costruite le relazioni tra questi "entità".

EOStem - Earth Observation Systems Thesaurus, nasce da un progetto del CNR IIA (Plini et al., 2007, 2014), volto alla costruzione di un sistema terminologico per telerilevamento e GIS. I termini selezionati ed organizzati con relazioni gerarchiche, di equivalenza e associative, contiene circa 3.000 termini in italiano ed inglese. Le principali fonti dalle quali è stata ricavata la terminologia sono le seguenti: AGI, CCRS Remote Sensing Glossary of Canada Centre, ATIS Telecom glossary 2000, Glossary of Cartographic Terms” of Texas University, Dictionary of Abbreviations and Acronyms in GIS, Cartography and Remote Sensing of the University of California, Glossary of Oceanography, Climatology and the Related Geosciences, GIS Glossary” of Environmental Systems Research Institute Inc. (ESRI), Glossary of GIS and Metadata terms of Environmental On-Line Services (ERIN).

Conclusioni

Negli ultimi anni si è dimostrato come l'integrazione ed il confronto delle immagini raccolte attraverso diverse piattaforme, satelliti, aeroplani, elicotteri, UAV, possa fornire informazioni utili ai soccorritori e a chi gestisce l'emergenza. Inoltre l'elaborazione dei dati provenienti dall'EO costituisce una base conoscitiva per creare scenari incidentali, individuare le zone a rischio Natech e di conseguenza creare piani per la pianificazione dell'emergenza, dalla prevenzione alla ricostruzione, così come fornisce dati utili per le analisi post evento. La visione di insieme mostra chiaramente come i dati del remote sensing siano una fonte di informazioni sempre più importante, sia per i rischi Natech che per tutte le altre tipologie di rischio, in tutte le fasi del ciclo dell'emergenza, dalla fase di prevenzione a quella della gestione dell'emergenza, alla ricostruzione, per poi tornare di nuovo alla prevenzione secondo un ciclo di miglioramento continuo.

Una delle sfide cruciali dei prossimi anni sarà quella di pianificare accuratamente le missioni dei micro-satelliti al fine di massimizzarne l'uso per l'osservazione delle aree potenzialmente a rischio per migliorarne la valutazione e la gestione e per studiare i fattori di causalità e le connessioni tra rischi antropici e rischi naturali.

Inoltre gli UAV sembrano essere particolarmente adatti nelle operazioni di soccorso, anche in quelle situazioni o luoghi dove per le squadre di soccorso non è sicuro intervenire (ad esempio per la presenza di crolli o sostanze nocive).

Inoltre la gran mole di dati a disposizione rende utile l'uso di strumenti terminologici che, attraverso i concetti e i termini in essi contenuti, ne facilitino la catalogazione, la gestione e il recupero, in modo da rendere le informazioni fruibili in tempi rapidi. Sarebbe utile disporre di glossari e thesauri relativi specificamente ai rischi Natech e alla tecnologia necessaria per la loro gestione.

Riferimenti bibliografici

- AA. VV. (2011), "Dipartimento IUAV per la Ricerca. Unità di Ricerca: Nuove tecnologie per la conoscenza del territorio e dell'ambiente. "City Sensing" e "Near Mapping" microdrone i-uav piattaforma aerea leggera a bassa quota per il monitoraggio città' ambiente e territorio, rilievi di parchi, infrastrutture, aree industriali, edifici, aree in dissesto idrogeologico, applicazioni tematiche di protezione civile", *Rapporto Conclusivo*, <http://www.ricercasit.it/smartcities/ricerca/Pervasive%20Real%20Time%20Sensing/MicrodroneUAV/Progetto%20I-UAV.pdf>
- Alexander D. (2002), "From civil defence to civil protection and back again", *Disaster Prevention and Management*, 11, (3): 209-213
- Ajmar A, Boccardo P, Disabato F, Giulio Tonolo F. (2015), "Rapid Mapping: geomatics role and research opportunities", *Geodesy And Geomatics To The Edge. Rendiconti Lincei*, 26, 1: 63-73 DOI: 10.1007/s12210-015-0410-9
- Antonioni G, Bonvicini S, Spadoni G, Cozzani V. (2009), "Development of a framework for the risk assessment of Na-Tech accidental events", *Reliability Engineering & System Safety*, 94, 9: 1442-1450
- Clerc A, Le Claire G. (1994), "The environmental impacts of natural and technological (Na-tech) disasters", *Background discussion paper for The World Conference on Natural Disaster Reduction, Yokohama, Japan, 23-27 May 1994*
- Cruz AM, Steinberg LJ, Vetere Arellano L, Nordvik JP, Pisano F. (2004), "State of the Art in Natech Risk Management (NATECH: Natural Hazard Triggering a Technological Disaster)", *EUR 21292 EN*, © European Communities
- Di Franco S, Salvatori R. (2015), "Current situation and needs in man-made and Natech risks management using Earth Observation techniques", *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 1: 72-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2015.06.004>
- European Commission. Copernicus Emergency Management Service, <http://emergency.copernicus.eu/mapping/#zoom=2&lat=20.25728&lon=17.0555&layers=0B000000T>
- Galderisi A, Ceudech A, Pistucci M. (2008), "A method for Na-tech risk assessment as supporting tool for land use planning mitigation strategies", *Nat Hazards*, DOI 10.1007/s11069-008-9224-8
- Girgin S, Krausmann E. (2013), "RAPID-N: Rapid Natech risk assessment and mapping framework", *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26: 949 - 960, DOI:10.1016/j.jlp.2013.10.004
- Joyce KE, Wright KC, Samsonov SV, Ambrosia VG. (2009), *Remote sensing and the disaster management cycle. Advances in Geoscience and Remote Sensing*, Gary Jedlovec (Ed.), ISBN: 978-953-307-005-6, InTech, DOI: 10.5772/8341
- Krausmann E, Cozzani V, Salzano E, Renni E. (2011), "Industrial accidents triggered by natural hazards: an emerging risk issue", *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11: 921-929, DOI:10.5194/nhess-11-921-2011
- Kucera J, Lemoine G, Kemper T. (2012), "Post-Disaster Needs Assessment: the role of remote sensing and geospatial information", *IPSC - Institute for the Protection and Security of the Citizen. JRC- European Commission. Vienna*, PDNA training, https://www.gfdrr.org/sites/gfdrr.org/files/3_JRC-Remote_Sensing.pdf
- Lewis PE. (2011), "The Evolution of Airborne Chemical and Radiological Remote Sensing For Emergency and Natural Disaster Response", *National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) - USA. SPIE 2011 Remote Sensing PlenaryTalk*, <http://spie.org/Documents/AboutSPIE/PDF/ERS11-plenary-Lewis.pdf>
- Lindell MK, Perry RW. (1996), "Identifying and managing conjoint threats: earthquake-induced hazardous materials releases". *The US. J Hazard Mater* 50: 31-46

- Marzo E, Busini V, Rota R. (2015), "Definition of a short-cut methodology for assessing the vulnerability of a territory in natural-technological risk estimation", *Reliability Engineering and System Safety*, 134: 92–97
- Menoni S, Molinari D, Parker D, Ballio F, Tapsell S. (2012), "Assessing multifaceted vulnerability and resilience in order to design risk-mitigation strategies", *Nat Hazards*, 64: 2057–2082, DOI 10.1007/s11069-012-0134-4
- Nativi S, Craglia M, Pearlman J. (2013), "Earth Science Infrastructures Interoperability: The Brokering Approach", *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 6, 3, DOI: 10.1109/JSTARS.2013.2243113
- Plini P, Di Franco S, De Santis V, Salvatori R. (2015), "EOStem - Earth Observation Systems Thesaurus", <http://thesaurusonline.iiia.cnr.it/vocabs/eostem/en/index.php>
- Plini P, Salvatori R, Di Franco S, De Santis V. (2007), "L'organizzazione di metadati e dati relativi a piattaforme aeree e satellitari per il telerilevamento", *11ª Conferenza Nazionale ASITA, Torino*
- Rapisardi E, Di Franco S, Giardino M. (2014), "Web Participatory Framework for Disaster Resilience: Coping with Information Deluge", *Conference: IAEG 2014, Engineering Geology for Society and Territory*, 7
- Salzano E, Basco A, Busini V, Cozzani V, Marzo E, Rota R, Spadoni G. (2013), "Public awareness promoting new or emerging risks: Industrial accidents triggered by natural hazards (Natech)", *Journal of Risk Research*, 16, 3-4: 469-485, DOI: 10.1080/13669877.2012.729529
- Sandau R. (2006), *International Study on Cost-Effective Earth Observation Missions*, Balkema A.A. Publishers, Taylor & Francis Group, Leiden, The Netherlands, 160. ISBN10:0-415-39136-9, ISBN13:9-78-0-415-39136-8
- Sandau R, Briess K. (2008), "Potential for advancements in remote sensing using small satellites", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XXXVII, B1, Beijing
- Sandau R, Briess K. (2010). "The role of small satellite mission in global change studies-Advances", *Chuvieco, E., Li, J., Yang, X. (Eds). Earth Observation of Global Change. Springer Science & Business Media*, 298
- Sandau R. (2010), "Status and trends of small satellite missions for Earth observation", *Acta Astronautica*, 66: 1 - 12
- Sengupta A. (2007), "Industrial hazard, vulnerability and Risk Assessment for land use Planning: A case study old Haldia, west Bengal, India", *International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC)*, http://www.itc.nl/library/papers_2007/msc/iirs/sengupta.pdf
- Showalter PS, Ramspott M. (1999), "The use of remote sensing in detecting and analyzing natural hazards and disaster, 1972-1998. A partially annotated Bibliography". *J.M. Lovell Center for Environmental Geography and Hazards Research, Southwest Texas State University.*, 1
- Wang L, Zhou W, Zhao S.(2013), "Application of Mini-UAV in Emergency Rescue of Major Accidents of Hazardous Chemicals", *International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE 2013)*