

GESTIONE DELLE EMERGENZE DA INCENDI BOSCHIVI: UN SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI IN AMBIENTE GIS

E.M. CASTROGIOVANNI (*), G. LA LOGGIA (**), F. LO CONTI (**),
L.V. NOTO (**), M.T. NOTO (*)

(*) Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque - Osservatorio delle Acque, Palermo (IT)
E-mail: mcastrogiovanni@uirsicilia.it, mtnoto@uirsicilia.it

(**) Dipartimento di Idraulica e Applicazioni Ambientali, Università degli studi di Palermo – Palermo (IT)
E-mail: valerio@idra.unipa.it, glal@idra.unipa.it, francescoloconti@gmail.com

Sommario

Il presente studio è finalizzato alla definizione di un insieme di modelli decisionali e di procedure per la gestione a livello pre-operativo e operativo delle risorse antincendio boschivo disponibili nel territorio regionale siciliano. Per raggiungere tali obiettivi è stata messa a punto una struttura concettuale per la definizione di un sistema di supporto alle decisioni in grado di coadiuvare i responsabili della gestione delle emergenze alle diverse scale territoriali. La sintesi dello studio è costituita dall'implementazione di un prototipo relativo ad un modulo decisionale, atto a supportare le decisioni per la dislocazione in tempo reale di uomini e mezzi, con riferimento ad un'area definita del territorio siciliano.

Abstract

The goal of the this study is the definition of a set of decisional models and procedures for the management of the forest fire fighting resources available in Sicily, both in the preoperative and operative level. To reach this purpose, a specific conceptual schema was built. In particular, the conceptual structure consists in the design of a Decision Support System supporting the responsible of the forest fire emergency at the different geographic scales. The synthesis of the study is the implementation of a prototypal decisional module addressed to support decisions dealing with real-time dislocation of the resources in a defined limited area.

Introduzione

Nell'ambito di studi atti a fronteggiare l'insorgenza o lo sviluppo di incendi boschivi, il livello di pianificazione o pre-operativo è caratterizzato da una fase preparatoria durante la quale, dopo aver individuato l'obiettivo da perseguire attraverso opportune tecniche di indagine, viene avviata la progettazione di un apposito Sistema Informativo Territoriale (SIT). Tale SIT viene utilizzato sia come contenitore (*repository*) di dati spaziali che come ambiente di sviluppo per la modellistica relativamente alla determinazione dei livelli di pericolosità e rischio, nonché per la previsione dell'insorgenza e delle modalità di propagazione degli incendi. La pianificazione territoriale in generale, e nel nostro caso in particolare, prevede la conoscenza di numerose informazioni, basate essenzialmente sull'analisi delle caratteristiche fisiografiche e socio-economiche dell'area oggetto di studio, sulla dislocazione dei punti di avvistamento e/o monitoraggio, sulle modalità di intervento in casi calamitosi, sulle risorse disponibili (uomini, mezzi, risorsa idrica, etc.). In questo contesto l'utilizzo della tecnologia *GIS* consente di ottimizzare modalità e tempi nella fase di realizzazione del piano nonché durante la gestione dell'emergenza. Il *GIS* consente, infatti, l'estrapolazione di informazioni rilevanti dal punto di vista decisionale: ciò avviene non solo attraverso la mera

visualizzazione e sovrapposizione di determinati tematismi (es. mappa dei percorsi di fuga, delle torrette di avvistamento), ma anche e soprattutto attraverso i risultati di appositi modelli (es. mappa del rischio incendio, mappa dell'indice di innesco, mappa dell'indice di propagazione).

Per quanto riguarda la base dati geografica, le informazioni spaziali e alfanumeriche possono essere raccolte all'interno di un *geodatabase*, al fine di migliorare notevolmente la gestione dei dati geografici, semplificando la scrittura di applicativi e consentendo all'utente di lavorare con oggetti geografici "intelligenti". Una specifica fase di studio è relativa all'analisi e allo sviluppo della modellistica degli incendi. Le mappe provenienti dall'applicazione dei modelli, sono da suddividere in due categorie: *on-line* e *off-line*. Queste ultime possono essere considerate statiche, nel senso che forniscono un'indicazione circa il parametro rappresentato con riferimento all'istante o al periodo in esame nell'ambito di specifici contesti ambientali. Esempi sono le mappe di propagazione degli incendi simulati in aree ad elevato rischio ed ottenute con diverse condizioni al contorno che, nella fase operativa, vengono utilizzate come input insieme alle informazioni meteorologiche in *real-time*.

Infine, nell'ambito della progettazione del Sistema di Supporto alle Decisioni, al fine di tenere in conto l'interazione tra l'incendio stesso ed il territorio interessato, è necessario disporre di modelli utili per risolvere problemi di ottimizzazione, come quello relativo all'allocazione delle risorse, all'individuazione delle vie di fuga e dei percorsi di avvicinamento al fronte del fuoco ai fini delle operazioni di spegnimento (Mussumeci e Condorelli, 2001).

Metodologia

La struttura portante a base del sistema proposto è la piattaforma *GIS*: essa, infatti, oltre a contenere i dati spaziali in input ai modelli, costituisce l'ambiente in cui vengono processati alcuni moduli (i modelli scelti) e vengono visualizzati gli output spaziali; in breve essa costituisce anche l'interfaccia tra i modelli e i dati.

Al fine di giungere alla definizione di un *Geo-DSS*, si è messa a punto una struttura concettuale (fig. 1) dove sono state individuate tre macroaree: area dei dati (*Data*), area dei modelli (*Model*), area di supporto alle decisioni (*DSS*). L'area dei dati è deputata alla raccolta, all'archiviazione e alla gestione di tutti i dati e le informazioni necessarie al *SIT-DSS*. In esso è possibile distinguere una parte dedicata a ricevere e immagazzinare dati meteorologici da previsione (area *Data-Forecast*), una parte dedicata ai dati meteorologici e satellitari in tempo reale (area *Data-Realtime*), una parte dedicata ai dati climatici storici (area *Data-Clima*) e infine il geodatabase (dati territoriali - area *GeoData*). L'area dei modelli è costituita dalla parte dei modelli finalizzati alla determinazione dell'indice di innesco (*Model-Trigger*) e da quelli finalizzati alla propagazione (*Model-Spread*). L'area di supporto alle decisioni comprende tutte quelle procedure che si appoggiano a dati e modelli e sono finalizzate alla gestione delle emergenze da incendi boschivi in fase previsionale (*DSS-Forecast*), in fase operativa (*DSS-Nowcast*) e in fase di determinazione della pericolosità e del rischio su base stocastica (*DSS-Mapping*).

Per quanto riguarda le linee di utilizzo si distinguono: linea di *mappatura del rischio*, linea di *gestione pre-operativa* dell'emergenza (fasi di pre-allerta e allerta), linea di *gestione operativa*.

La linea di *mappatura del rischio* è la catena procedurale che ha come obiettivo ultimo i prodotti dell'area *DSS-Mapping*; prevede l'utilizzo di dati climatici storici (*Data-Clima*), di dati territoriali (*Geo-Data*) e dei modelli (*Model*) per creare mappe relative alla pericolosità e al rischio incendi boschivi all'interno di un framework statistico (probabilità di accadimento).

La linea di *gestione pre-operativa* ha come obiettivo ultimo i prodotti dell'area *DSS-Forecast*. Questa linea prevede l'utilizzo di alcuni precursori meteorologici (previsioni meteo di vento, temperatura, umidità e precipitazione fornite da modelli ad area limitata *LAM*) insieme ai dati territoriali (*Geo-Data*) all'interno dell'area *Model*. I modelli di tale area saranno in grado di fornire la creazione di scenari di innesco e di propagazione dell'incendio con un tempo di previsione (da 1 a 3 giorni) sufficiente a porre in atto tutte le misure di prevenzione suggerite dal *DSS-Forecast* (allocazione preventiva di uomini e mezzi in aree probabilmente a rischio incendio).

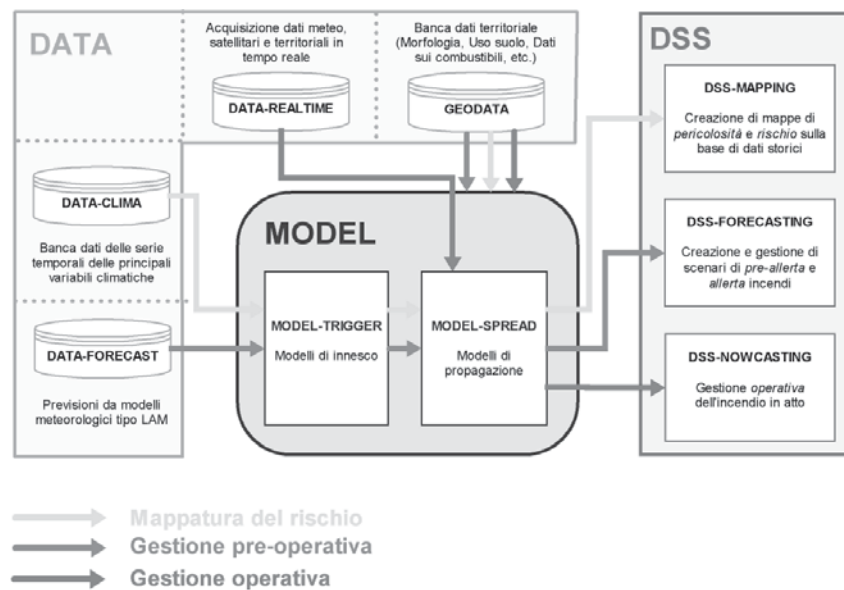


Figura 1 - La struttura del Geo-DSS

La linea di *gestione operativa* dell'emergenza incendio ossia la catena procedurale che ha come obiettivo ultimo i prodotti dell'area *DSS-Nowcast*. Essa prevede l'utilizzo di dati provenienti da reti di rilevamento a terra relative a misure di vento, temperatura, umidità e precipitazione attraverso le reti del Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (SIAS) e dell'Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque (OA-ARRA). In caso di incendio appena innescato, altre fonti sono costituite dal sistema di avvistamento del Corpo Forestale, da specifiche piattaforme satellitari (*Data-Realtime*) e dai dati territoriali (*Geo-Data*) all'interno del modello di propagazione *Model-Spread*. *Model-Spread*, in particolare, consentirà la creazione di scenari di propagazione dell'incendio in atto fornendo anche i tempi di arrivo dei fronti dell'incendio e permettendo quindi tutte le misure di gestione operativa suggerite dal *DSS-Nowcast* (allocazione di uomini e mezzi in aree che saranno probabilmente percorse dall'incendio e individuazione delle vie di fuga).

Nell'ambito del *Data-Clima*, le criticità del territorio, con riferimento all'individuazione delle zone suscettibili agli incendi boschivi e la delimitazione delle aree in cui il rischio è alto, sono state evidenziate attraverso le analisi svolte incrociando i dati climatici (storici) misurati dalle reti di rilevamento di OA-ARRA e SIAS e le informazioni sulle caratteristiche degli eventi di incendio storici ricavate dal catasto delle aree percorse da incendi. Per il *Data-Forecast* la previsione dei dati meteorologici per l'implementazione in modalità pre-operativa, può essere ottenuta dai modelli di circolazione regionale *SILAM* (*Sicily Limited Area Model*) avente una risoluzione spaziale di 5 Km e temporale di 3 h. Per il *Data-Realtime* il sistema prevede l'ausilio delle succitate reti meteo-climatiche, la localizzazione attraverso sistemi di radiolocalizzazione, l'impiego del sistema delle torrette di avvistamento, e del *NEAR Real-Time*, un sistema di monitoraggio satellitare per la localizzazione degli incendi (*Telespazio Hot Spot*) da dati *MSG-SEVIRI* che consiste nella rilevazione automatica e nel monitoraggio degli incendi anche di piccola estensione (mezzo ettaro) con elevata frequenza temporale (15 min).

Sulla base dei modelli sviluppati in ambito scientifico e di quelli utilizzati dai soggetti preposti alla gestione del territorio, si è strutturata l'area *Model* del *SIT-DSS* in esame in due parti: un primo modello (modello di innesco - *Model-Trigger*) che fornisce indicazioni distribuite nel territorio sulla localizzazione delle aree in cui risulta maggiore la probabilità che l'incendio si inneschi, e un modello di propagazione (*Model-Spread*) che sulla base della localizzazione di un principio d'incendio, delle grandezze meteo-climatiche e delle caratteristiche della copertura del suolo in relazione alle proprietà di combustibilità, fornisce la descrizione spaziale dinamica di un evento.

L'indice di innesco scelto coincide con quello già adottato dal SIAS (Ventura et al., 2001); tale indice viene attualmente utilizzato per la restituzione di mappe di suscettibilità all'innesco, sulla base dei dati meteo-climatici di previsione forniti dal modello *SILAM*. Il metodo si basa sulla derivazione di un indice detto *Indice di Innesco* ed indicato con *II* funzione della temperatura massima dell'aria e della precipitazione giornaliera.

Il modello di propagazione (*Model-Spread*) che è stato selezionato per la stima della dinamica e dello sviluppo dell'incendio è il modello *FARSITE* (Finney, 2004).

L'area DSS è stata sviluppata in forma di prototipo con lo scopo primario di descrivere il flusso informativo, il tipo e la successione dei processi elaborativi nella gestione pre-operativa e operativa dell'emergenza, definendo un insieme di "domande tipiche" e mostrando come il sistema sia in grado di indirizzare l'utilizzatore verso le relative risposte e le conseguenti decisioni.

Nel caso di *DSS-Mapping*, le potenzialità del DSS nella gestione delle risorse per l'emergenza e nella pianificazione strategica, sono strettamente in relazione con:

- la caratterizzazione climatica secondo l'analisi statistica dei dati meteorologici storici;
- set di scenari ottenuti da specifiche condizioni meteorologiche del passato;
- scenari descrittivi di alcune ipotetiche situazioni critiche.

Il supporto decisionale risulta quindi dipendere da un set di scenari a priori sviluppati in modalità *off-line*. I principali obiettivi non sono solo suggerimenti per l'allocazione ottimale delle risorse disponibili, ma anche l'analisi delle situazioni che potenzialmente possono generare la crisi del sistema di sicurezza.

Per il *DSS-Forecasting*, il sistema di pre-allerta è fondamentalmente orientato al suggerimento di opzioni per l'allocazione di presidi di sicurezza prima dell'emergenza e per l'individuazione dei possibili percorsi di allontanamento per la popolazione coinvolta nell'evacuazione.

In questo contesto i fattori rilevanti sono:

- la classe di rischio scelta nelle aree sulla base della mappa di innesco;
- le posizioni dei punti d'acqua;
- la previsione delle condizioni meteorologiche;
- l'efficienza del trasferimento dei dati.

Operativamente gli input sono il tempo dell'evento atteso e la classe di rischio che vogliamo analizzare.

Per quanto concerne il *DSS-Nowcasting*, lo strato informativo di base è la mappa in cui risulta localizzato l'incendio reale.

In particolare, informazioni sui focolai reali possono essere forniti dalle seguenti fonti:

- avviso da parte dell'operatore su torrette di avvistamento;
- avviso tramite la rete di radiolocalizzazione;
- mappe di focolai rilevati da satellite;
- informazioni derivate dalle misure della rete di rilevamento in real-time.

Al fine di consentire la minimizzazione dei possibili falsi allarmi, le "notizie d'evento" necessitano di essere verificate incrociando le informazioni provenienti dalle diverse fonti.

Caso applicativo e risultati

La metodologia messa a punto è stata applicata ad un'area ben definita, il territorio della provincia di Messina. Limitatamente a quest'area e partendo dalle informazioni meteo-climatiche, sono stati costruiti strati informativi relativi a precipitazione, temperatura massima e minima e pioggia efficace, utilizzati per derivare l'indice di innesco secondo la procedura adottata dal SIAS (figura 2).

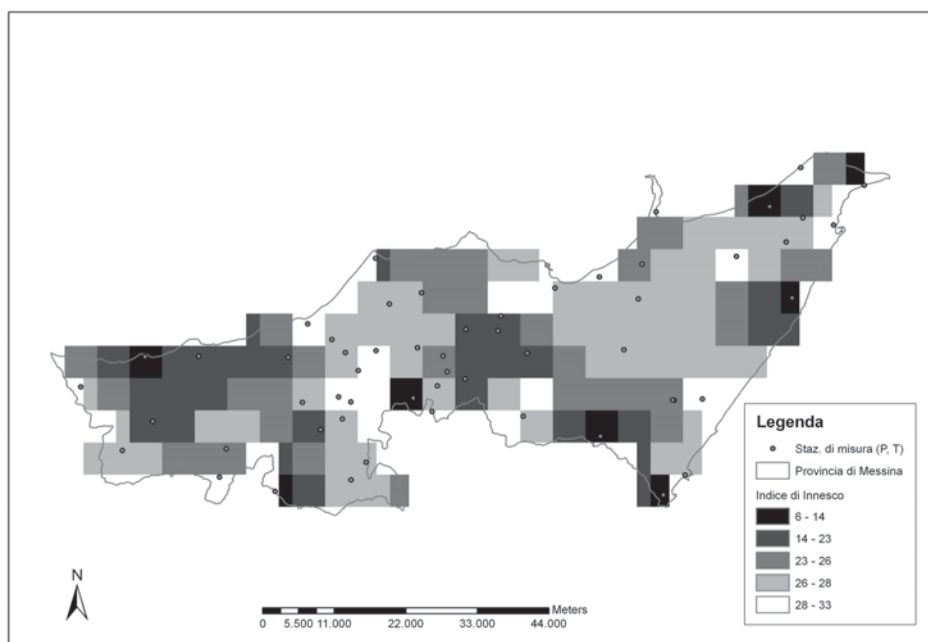


Figura 2 - Indice di innesco del giorno *i*-esimo

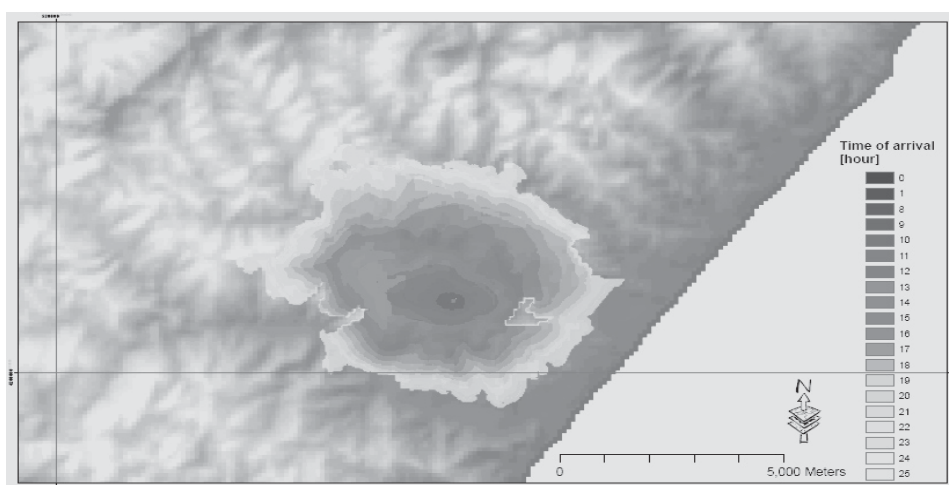


FIGURA 3 - TEMPO DI ARRIVO DELL'INCENDIO IN FIRESITE

Utilizzando il software FARSITE, a partire dalla localizzazione dell'innesco in un punto per cui la mappa dell'indice di innesco restituisce valore elevato, è stato sviluppato lo scenario di un incendio, e avviata la simulazione per un periodo di tempo ben definito, dal 10 all'11 agosto 2007. I prodotti ottenuti dal modello sono i temi raster relativi a: tempo di raggiungimento dell'incendio (figura 3), tasso di propagazione, intensità di reazione, lunghezza della fiamma, calore per unità di superficie, intensità di incendio in prossimità del limite; la lettura di tali output consente di sintetizzare l'evoluzione dinamica dell'incendio. Per migliorare l'interpretazione dei dati disponibili ed elaborati, sono stati sviluppati ulteriori opportuni tematismi dedicati al supporto alla decisione, quali:

- la distribuzione dell'incendio nelle diverse tipologie di uso del suolo, con possibile allarme ai centri abitati;
- le strade potenzialmente interessate dall'incendio, le posizioni delle risorse per la lotta antincendio (ottenendo l'informazione su eventuali necessità di ulteriori risorse);
- i percorsi da seguire per lo spegnimento dell'incendio e per il soccorso, valutando i tempi necessari per l'intervento ed il soccorso, la tipologia di risorse da utilizzare, l'eventuale mancanza di percorsi idonei;
- i percorsi da seguire per l'allontanamento dalla zona interessata dall'incendio (figura 4).

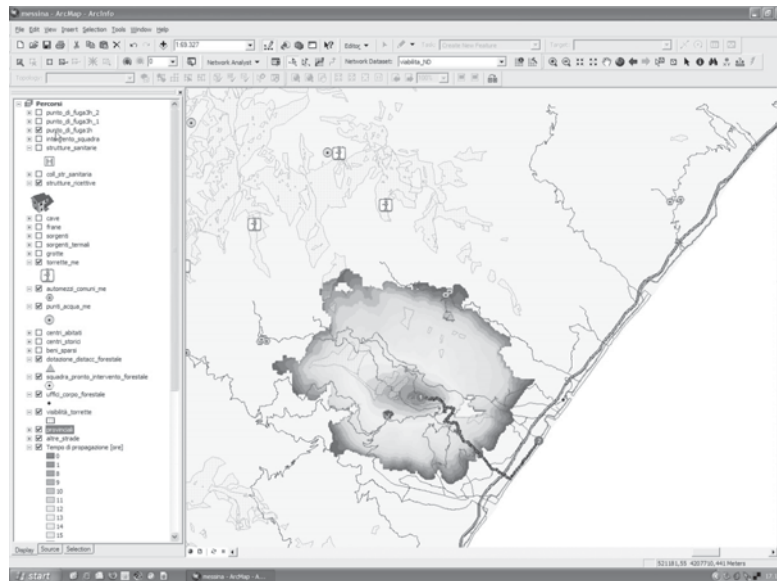


FIGURA 4 - VIE DI FUGA

Conclusioni

La piattaforma GIS qui utilizzata, oltre a svolgere la funzione di contenitore dei dati spaziali che costituiscono gli input dei modelli, è l'ambiente in cui sono stati inseriti i moduli di elaborazione relativi ai modelli scelti e dove è possibile visualizzare con sintesi analitica gli output spaziali. Lo studio ha così consentito a mettere a punto non una vera e propria applicazione *stand-alone* ma piuttosto un approccio metodologico e procedurale che si compone di diversi metodi e modelli, utile a fornire le basi per lo sviluppo di applicazioni che operativamente siano in grado di supportare il decisore.

Bibliografia

- Finney M.A. (2004), "Fire Area Simulator-model development and evaluation", *Res. Pap. RMRS-RP-4*, U.S.D.A., Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT
- Guariso, G., Corani, G. (2002). "Il contributo dell'informatica ambientale: misure e modelli per la pianificazione delle risorse fisiche", *Il Territorio*, Franco Angeli, Milano, 22: 18-26
- Mussumeci G., Condorelli A. (2001), "Gestione dell'emergenza d'incendio - Un GIS per la previsione dell'avanzamento del fronte di fuoco e la determinazione dei percorsi di avvicinamento ai fini delle operazioni spegnimento", *Documenti e Territorio*, Centro interregionale di coordinamento e documentazione per le informazioni territoriali, 48: 22-27.
- Ventura F., Marletto V., Zinoni F., (2001). "Un metodo per il calcolo dell'indice meteorologico del rischio di incendio forestale", *Sherwood, Foreste e alberi oggi*, 7(6): 13-16.