

STRUMENTI GIS E TRIGGERING PER IL MONITORAGGIO ATTIVO DI INCENDI BOSCHIVI

GIS TOOLS AND TRIGGERING FOR ACTIVE MONITORING OF FOREST FIRE

M.A. Musci

Politecnico di Torino, DIATI, C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino, 011-090(5635,7700,7661),
mariaangela.musci@polito.it

PAROLE CHIAVE: open-source GIS, monitoraggio, incendi boschivi

KEY WORDS: open-source GIS, monitoring, forest fire

RIASSUNTO

Negli ultimi anni, i fattori climatici hanno determinato un drastico incremento degli incendi boschivi. Le aree maggiormente colpite sono concentrate nella zona mediterranea, in particolare in Italia nel 2015, ci sono stati 5447 incendi boschivi, per un totale di superficie bruciata pari a 37582 ha (Corpo Forestale dello Stato, 2016). Confrontando questi dati con quelli relativi agli anni precedenti emerge come il monitoraggio delle aree a rischio e la gestione degli incendi, siano aspetti fondamentali per preservare il patrimonio naturale e salvaguardare vite umane. A tal proposito, la tendenza europea è quella di sviluppare di strumenti GIS in grado di rendere più efficaci le attività di predizione, monitoraggio e pianificazione e quindi allo stesso tempo, migliorare gli aspetti di coordinazione in situazioni di emergenza. Nel presente lavoro si propone una possibile metodologia per lo sviluppo di un GIS (secondo le direttive INSPIRE), con l'intento di migliorare l'interscambio dati e favorire la collaborazione di tutte le risorse (gestionali e operative) impegnate nella lotta e prevenzione degli incendi boschivi. L'approccio metodologico descritto vuole evidenziare le potenzialità dell'utilizzo di piattaforme GIS open-source come strumenti di *decision support*. A tal proposito, ci si propone di descrivere la strategia implementativa di sviluppo del *triggering* che consente a questo strumento di presentarsi come un applicativo utile per il monitoraggio attivo e real-time.

ABSTRACT

In recent years, climate factors and seasonal trends led to a drastic increase of forest fires. The most affected regions are concentrated in the Mediterranean. In particular, in Italy in 2015, there were about 5447 forest fires, for a total of burned area of 37,582 ha (State Forestry, 2016). Comparing these data with those of previous years it is very clear that the management of these fires, and in particular the monitoring of risk areas, is a matter that should not be underestimated in order to preserve the natural heritage and safeguard human lives. That being the case, the general trend, in Italy, at the regional level is the development of GIS tools able to make more effective planning and monitoring as well as improving the coordination aspects in emergency situations. This paper aims to describe the methodology of development of a GIS tool, which wants to promote the synergy among various forces involved in the overall management of forest fires. The methodological approach highlights the potential of using open-source platforms and the possibilities of using GIS tools not only as a simple database, but also as decision assistent tools. In this regard, we intend to show the implementation strategy that allows this tool to stand as a useful real-time application for active monitoring.

1. INTRODUZIONE

In un contesto generale, in cui la sensibilità verso le problematiche legate agli incendi boschivi è decisamente aumentata anche da parte dei non addetti ai lavori, risulta ancora più sentita la necessità di fornire gli strumenti in grado di aumentare l'efficacia e l'efficienza degli interventi, sia in fase di prevenzione che in fase di lotta attiva.

Attualmente, il Corpo Forestale dello Stato, in Italia si occupa del monitoraggio e gestione degli incendi boschivi. Le informazioni territoriali legate a entrambe queste attività vengono registrate nel Sistema Informativo della Montagna (<http://www.simontagna.it/>). Con i dati raccolti mediante tale sistema, è possibile produrre un "Fascicolo territoriale" che consente di aggiornare il catasto incendi. Tuttavia, le difficoltà delle operazioni di monitoraggio e gestione degli incendi

boschivi, non possono essere colmate esclusivamente attraverso un sistema di registrazione dello storico degli eventi. Tali difficoltà diventano più evidenti quando gli eventi e gli interventi richiesti, sul territorio nazionale, riguardano incendi boschivi di grandi dimensioni, cosiddetti "big fire" (> 40ha). Nel complesso sistema di gestione delle risorse per la lotta attiva agli incendi, uno dei maggiori problemi riscontrati, è relativo alla coordinazione e collaborazione tra le forze militari e i volontari, tra le truppe in campo (aeree, terrestri e navali) e eventuali aiuti provenienti da altri paesi limitrofi o alleati. Analizzando la realtà europea, si nota che non esiste un protocollo unificato per la gestione degli interventi tra le nazioni. Alle questioni relative alla coordinazione si aggiungono quelle relative ad alle analisi del rischio sul territorio nazionale (Andrews and Rothermel 1982; Bovio 1993; Teie 2005).

Una parte di queste criticità potrebbero essere parzialmente risolte mediante l'ausilio di sistemi informativi territoriali (GIS). I GIS (Geographic Information System), infatti, se usati nel pieno delle loro potenzialità come strumenti di integrazione delle informazioni e di analisi preventiva, potrebbero consentire una ottimizzazione delle procedure di monitoraggio e gestione incendi (Kliskey A.D., 1995, Fiorucci P. et al., 2008). Lo sviluppo del modello GIS deve basarsi su una metodologia che tenga in considerazione il miglioramento dell'efficienza delle operazioni antincendio in corso e la protezione delle vite umane, dell'ambiente e dei beni attraverso lo sviluppo di tecnologie innovative per garantire l'integrazione tra i sistemi esistenti e nuovi. Inoltre, ci si pone l'obiettivo di aumentare l'interoperabilità dei mezzi antincendio e di spianare la strada per l'integrazione di tali soluzioni (Chuvieco et al 2010).

Nelle parti che seguiranno, verrà descritta la metodologia usata per la progettazione del modello GIS proposto strutturato secondo la direttiva europea INSPIRE per la gestione dei dati geospaziali. Attualmente, a livello regionale esistono diversi GIS in grado di fornire supporto alla decisione e analisi utili nelle diverse fasi di gestione incendi. Tuttavia, manca in maniera quasi ricorrente la possibilità di avere un dato (aggiornato o in tempo reale), omogeneo e coerente nel formato e nel contenuto, compatibile con le tecnologie (come ad esempio sensori per la rilevazione, applicazioni mobile, ecc) oggi disponibili e completo. Inoltre manca un supporto cartografico armonizzato per gli incendi boschivi, il catasto incendi e le mappe di rischio.

Nella maggior parte dei casi le informazioni raccolte nel GIS sono parziali e riguardano solo una fase dell'intero processo di gestione. Esistono, infatti, sistemi utilizzati solamente per la previsione oppure per la pianificazione o per la gestione dell'emergenza, senza però uno strumento in grado di dare una visione completa e integrata.

Inoltre, manca un sistema centrale completo che registri distribuzione e disponibilità delle risorse nei periodi di rischio. Allo stesso tempo, i sistemi di catasto incendi dovrebbero gestire la registrazione sistematica delle valutazioni delle operazioni antincendio in termini di costi e risorse impiegate.

Infine, va rilevato che i metadati delle mappe osservate sono quasi mai disponibili ed è impossibile determinare la veridicità dei dati. Volendo riportare un esempio, si pensi al Web-GIS (Progetto incendi) consultabile sul Geoportale Nazionale realizzato a livello italiano dalla Società Botanica Italiana e dal Centro Interuniversitario di Ricerca Biodiversità Fitosociologia ed Ecologia del Paesaggio (C.R.I.B.F.E.P.). Questo GeoDB registra solo i dati relativi alle aree bruciate e al rischio incendi nei Parchi nazionali. Mancano, quindi, tutte le informazioni relative alle cause dell'incendio, alla stima dei danni, alle condizioni meteorologiche che lo hanno scatenato e ai costi delle operazioni e le modalità di spegnimento. Queste informazioni, opportunamente inserite in uno strumento GIS, potrebbero essere d'aiuto per la previsione, la gestione e la documentazione degli incendi boschivi.

2. DESCRIZIONE METODOLOGIA PER LO SVILUPPO DI UN MODELLO GIS PER IL MONITORAGGIO ATTIVO DI INCENDI BOSCHIVI

2.1 Dal modello esterno al modello logico

Al fine di proporre uno strumento innovativo per la gestione degli incendi boschivi di grandi dimensioni, è stato realizzato un sistema complesso, composto da vari moduli integrati dedicati a:

- 1) previsione
- 2) monitoraggio
- 3) pianificazione
- 4) lotta attiva
- 5) pratiche post-incendio.

Il modello gestionale considerato prevede un centro di controllo unico per il coordinamento delle operazioni, sia di monitoraggio, che di intervento e di post-incendio. Tra gli aspetti tecnologici da progettare e sviluppare c'è quello di una piattaforma SDI (Spatial Data Infrastructure) basata essenzialmente su un GIS (Geographic Information System) in grado di realizzare un elevato livello di integrazione di dati, multi-fonte e multi-temporali.

Le finalità principali del GIS riguardano la produzione di mappe di analisi di rischio preventiva e real-time, la gestione dei dati storici legati alle missioni, la dislocazione delle risorse disponibili per il monitoraggio e la gestione delle emergenze sul territorio nazionale, la produzione di mappe di danno.

L'accesso a tali dati deve essere pensato in maniera gerarchica, distinguendo le autorizzazioni in funzione del tipo di utenza e delle modalità d'impiego.

Per la realizzazione del modello GIS, è stato seguito il processo di modellazione definito dallo standard ANSI / X3 / SPARC (Laurini, Thompson, 1992), che porta dalla complessità della realtà a uno schema convenzionale che descrive, soggetti e mezzi utilizzati nelle operazioni antincendio. La traduzione di questo schema in termini di modello di rappresentazione dei dati adatto al sistema di gestione definisce il passaggio dalla modellazione concettuale a quella logica (Fig. 1) (Azteni P, Ceri S. et al., 2009).

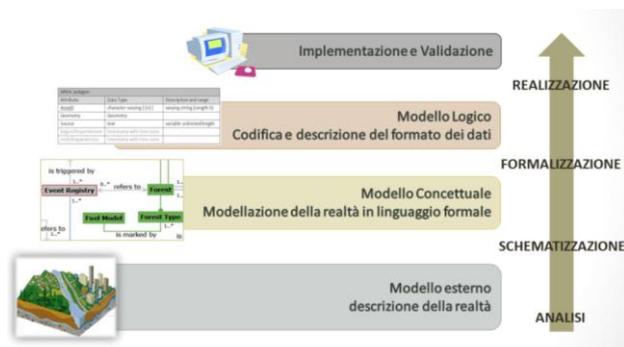


Figura 1. Processo di modellazione di un GIS

E' stato fatto comunque un ulteriore sforzo per rendere il modello conforme agli standard (INSPIRE, ISOTC211, CityGML). Si è partiti perciò dallo sviluppo di un modello esterno che prendesse in considerazione tre grandi categorie di oggetti traducibili in un insieme di dati utili: le autorità competenti (il comando), gli oggetti da difendere (il territorio), l'evento e l'innescò (l'incendio e il punto di origine) (Fig. 2).

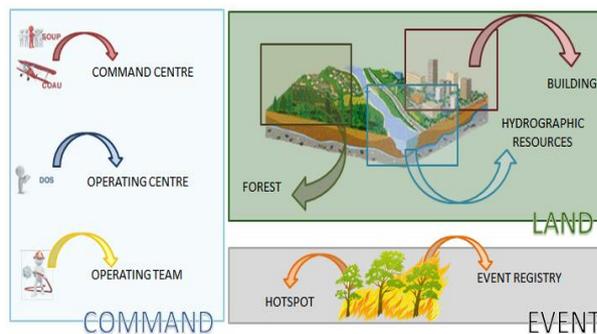


Figura 2. Dalla realtà al modello esterno

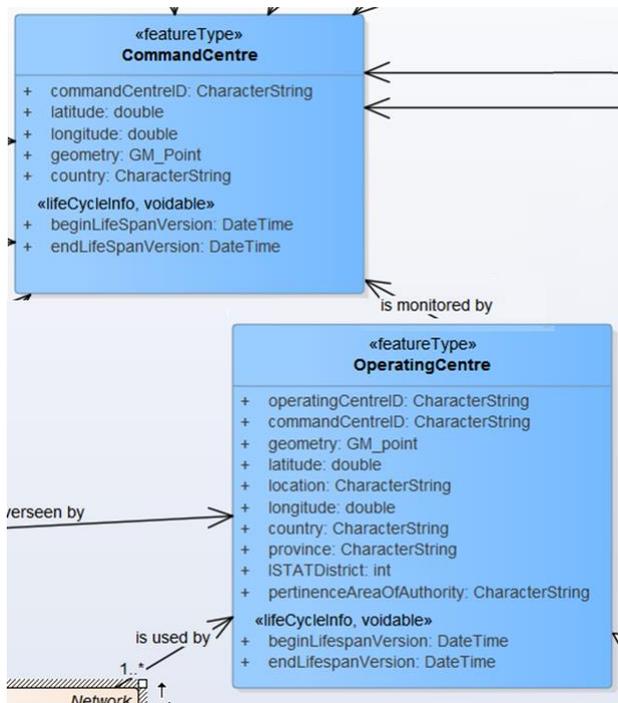


Figura 4. Esempio di entità pensata per il caso d'uso. Estratto del modello in UML

E' chiaro che, visto il carattere molto generale della suddetta specifica europea, è stato necessario adattarla al problema specifico e inserire entità *ad hoc* per i dati relativi alla catena di comando, alla caratterizzazione dei modelli di combustibile e dei tipi forestali (Burgan et al, 1998; Cesti 1999, Cesti 2002; Han Shuting et al, 1987). Si riportano in Figura 4 due esempi di entità create per lo specifico caso d'uso, in particolare l'entità che definisce il *Command Centre* e l'*Operating Centre*. In questo caso infatti, benché gli attributi sono stati pensati per la specifica entità, il formato dei dati è stato mantenuto conforme a quello suggerito da INSPIRE.

Per quanto riguarda, invece, la caratterizzazione delle entità legate ai modelli di combustibile e i tipi forestali, si vuole mettere in evidenza che è stata fatta un'approssimazione. A tal proposito, si sottolinea che attualmente in Italia, così come in Europa, manca un sistematico rilievo delle foreste e una metodologia standardizzata per la definizione dei modelli di combustibile. Un ulteriore sviluppo della ricerca in questo senso potrebbe migliorare la capacità di previsione degli incendi e di conseguenza la gestione.

Un altro aspetto di rilievo del modello è l'uso di entità statiche e dinamiche. Mentre le informazioni statiche vengono registrate a priori nel sistema (ad esempio le mappe, posizione delle centrali operative, etc.), le informazioni dinamiche (ad esempio la posizione delle truppe in campo o le risorse disponibili) vengono raccolte durante l'evento.

A livello di modellazione ciò si traduce con un diverso metodo di rappresentazione e strutturazione. Nel caso delle entità statiche abbiamo un'unica tabella (ad es. *Command Centre*, Fig. 4), che resta comunque sempre la stessa durante l'evento. Nel caso delle entità dinamiche si hanno due tabelle: una relativa ai dati che non mutano e un'altra, invece, strettamente legata alle informazioni che durante l'evento si aggiornano. Un esempio esplicativo è riportato in Figura 5. In questo caso l'entità *Operating Team* risulta essere composta dalla parte statica (*OperatingTeam*) e dalla sua parte dinamica (*OperatingTeamPosition*) che descrive la posizione delle truppe

in campo. In base alla posizione delle truppe, la tabella si aggiorna.

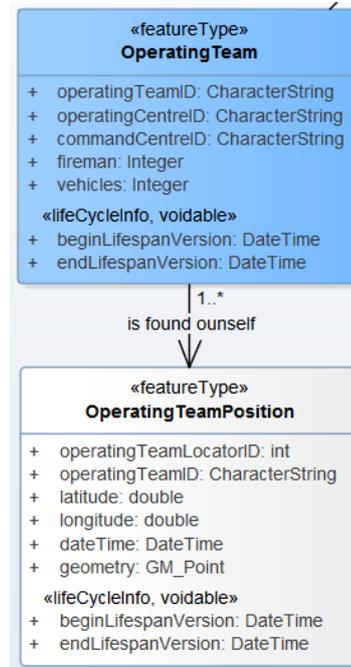


Figura 5. Esempio di entità dinamica per il caso d'uso. Estratto del modello in UML

Tali informazioni dinamiche permettono la gestione dei dati in tempo reale e l'aggiornamento continuo del geo-database. Ciò significa che l'aggiornamento delle tabelle contenenti i dati forniti da fonti dati esterne, viene effettuata direttamente attraverso uno script SQL.

Un'opzione presa in considerazione per l'acquisizione in tempo reale e la comunicazione dei dati aggiornati potrebbe prevedere l'uso di file JSON e protocolli forniti dalle fonti esterne e sensori impiegati.

2.2 Progettazione del modello in Enterprise Architect

Il modello definito è stato implementato mediante il software Enterprise Architect (EA), prodotto da Sparx Systems. Si tratta di un software proprietario, ed è raccomandato da numerosi documenti ufficiali (come la direttiva INSPIRE ed il Open Geospatial Consortium – OGC) per l'elaborazione dei modelli di dati. Questo software è in grado di automatizzare la costruzione di un diagramma UML (Unified Modelling Language), permettendo il riutilizzo e l'estensione degli schemi già disponibili, e di velocizzare le ultime fasi di progettazione database. Per generare un modello delle classi in UML con un formato di dati interoperabile, che fosse quindi conforme alla direttiva INSPIRE, all'interno di EA sono stati importati il profilo INSPIRE UML (che è un file XML contenente la definizione di ogni elemento presente nel diagramma UML, che potrebbe essere utile per interpretare il suo significato da esseri umani o macchine) e l'*INSPIRE Repository*.

Utilizzando quest'ultimo, le classi INSPIRE selezionate sono state estratte dall'*INSPIRE Repository* e importate in un nuovo modello. In questo modo è possibile mantenere tutte le caratteristiche e le relazioni con le altre parti del modello di dati INSPIRE. Questa operazione risulta particolarmente utile ai fini dell'integrazione, perché non sempre i database strutturati seguendo uno stesso standard risultano poi coerenti con esso. Al

fine di estendere lo standard, in modo da rendere il modello adatto alla gestione degli incendi boschivi, è stata utilizzata la procedura indicata dal OGC come *best practice* (Van den Brink et al., 2012) in EA: per creare le estensioni del modello di dati, è stato utilizzato l'OGC CityGML.

CityGML è pubblicato dalla OGC, che è un consorzio internazionale che si occupa della standardizzazione geografica sviluppando linguaggi, protocolli, servizi e dati geografici e modelli di metadati.

Lo scopo del CityGML è la rappresentazione di modelli 3D delle città nelle mappe digitali urbane. La scala di rappresentazione, in questo caso, è più grande rispetto a quella del modello di dati INSPIRE. Esiste, perciò, qualche incongruenza tra i due modelli esistenti. La risoluzione di tali incongruenze rappresenta la principale sfida per superare le problematiche relative all'armonizzazione di modelli. Tuttavia, entrambi i modelli di dati, sopra citati, sono scambiati in forma di GML (Geographic Markup Language, sviluppato da OGC) *application schema*, e quindi possono essere utilizzati in modo molto simile.

Quindi utilizzando l'OGC CityGML, gli attributi di estensione sono stati inseriti nel modello come sottoclassi con lo stesso nome della classe estesa, mediante l'utilizzo dello stereotipo <<ADEElement>> (Fig. 6). Tale stereotipo è una caratteristica che verrà opportunamente letta dal software per eseguire la traduzione corretta. Ovvero, aggiungendo gli attributi della sottoclasse come attributi della classe "genitore" come estensione. Le nuove classi da inserire sono aggiunte semplicemente con lo stereotipo <<featureClass>> e collegate con le relazioni che presentano il tag << ADE>>. Alcune informazioni preliminari, come i problemi dei *namespace* o simili possono essere impostati come proprietà generali dello schema modellato.

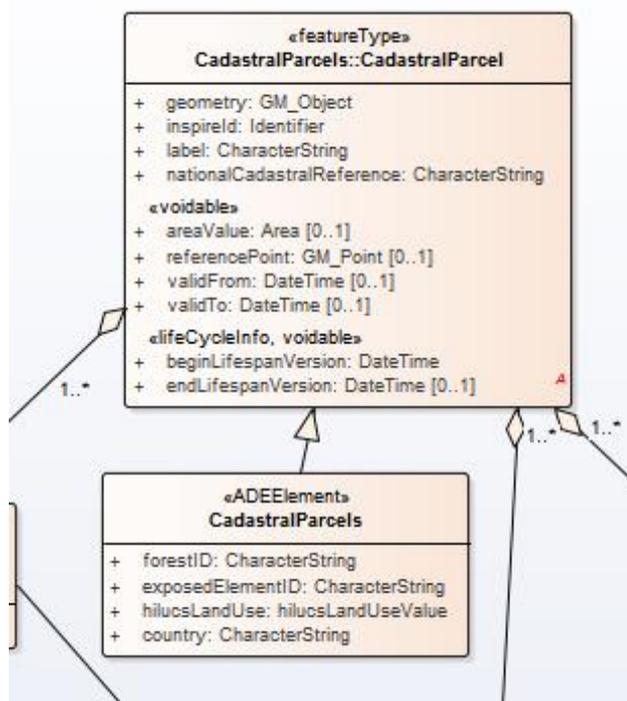


Figura 6. Modello delle classi in EA: utilizzo dello stereotipo << ADEElement >>

La struttura fisica del database è stata realizzata in maniera semi-automatica. Dunque, il modello delle classi in UML è stato convertito in formato XSD (XML Schema Definition)

attraverso una funzionalità specifica di Enterprise Architect, in modo tale che sia utilizzabile come *GML Application Schema*. Questo file XSD è stato importato e validato con il software Altova XMLSpy. Tuttavia è possibile effettuare questo ultimo step con altri software equivalenti open source, come ad esempio XPad. Nel processo di validazione del modello, il riconoscimento dei *dataTypes* è stato una delle problematiche principali. Infatti, gli XML schema dei tipi di dato INSPIRE non venivano riconosciuti automaticamente dal software, per cui, in primo luogo, le referenze ai tipi sono state editate in maniera manuale.

2.3 Implementazione del modello GIS in PostgreSQL e QGIS.

Successivamente, conclusa la procedura di validazione dell'*XML Application Schema*, è stato utilizzato uno strumento integrato in AltovaXMLSpy per generare un modello relazionale in SQL- script, compatibile con un software DBMS (*Database Management System*) basato su SQL.

Per l'effettiva realizzazione del database sono state scelte delle piattaforme Open Source. In particolare, per la gestione del database è stato utilizzato PostgreSQL con l'estensione spaziale PostGIS e l'interfaccia grafica PgAdmin III. Questo software può automaticamente generare le tabelle e le loro relazioni dal file precedentemente convertito in SQL- script. I *datatypes* specifici, inoltre, possono essere impostati per completare gli attributi che si riferiscono a variabili di tipo enumerativo. Inoltre il programma consente l'implementazione di trigger e di altre funzioni utili per l'interrogazione dei dati, la realizzazione di viste per differenti utenti e usi e infine, l'introduzione semi-automatica di dati.

Non essendo dotato di una interfaccia per la visualizzazione dei dati spaziali, è stato necessario realizzare una connessione con QGIS. Il processo di realizzazione del GIS si è concluso con la compilazione delle tabelle su QGIS. Quindi, riassumendo, per implementare il GEODB è stato necessario eseguire le operazioni in Figura 7.

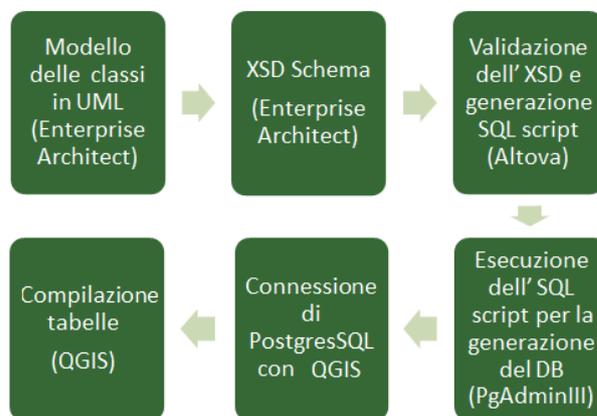


Figura 7. Procedura di implementazione

2.4 Sviluppo per il sistema di triggering.

Nel caso specifico, il modello interno definito è stato caratterizzato con la presenza di triggers, vale a dire procedure *ad hoc* per la manipolazione automatica (inserimento, modifica e cancellazione) delle informazioni legate ad un evento scatenante (Perry, 1990). Per la completa gestione automatica di tutto il sistema è necessario implementare un elevato numero di triggers. Si pensi che per ciascuna tabella del database a cui si

voglia associare una effettiva manipolazione automatica corrisponde un trigger. In particolare, come esempio illustrativo, si realizza il trigger che inizia quando c'è un allarme di incendio. In questo caso specifico, nel momento in cui si registra al centro di comando una segnalazione, il programma esegue la procedura schematizzata nel diagramma di flusso riportato in Figura 8:



Figura 8. Flow chart per la procedura di trigger

In pratica una volta ricevuta la segnalazione il sistema la registra e mediante le coordinate dell'allarme esegue il suo primo calcolo: l'identificazione del centro di comando nazionale (*Command Centre*) opportuno. L'operazione successiva risulta quella di individuare il centro regionale più vicino (*Operating Centre*), mediante una funzione "Distance" che utilizza le coordinate dell'allarme. Verificate le risorse disponibili nel centro operativo viene individuata la prima squadra di ricognizione (*Operating Team*). Il codice sviluppato per la realizzazione di questo processo è riportato in Figura 9.

<pre>CREATE OR REPLACE FUNCTION "AF3"."TF_Alarm"() RETURNS trigger AS</pre>	<p>1 Process starts: Alarm</p>
<pre>\$BODY\$DECLARE</pre>	<p>2 Variables definition</p>
<pre>CCID character varying(5); OCID character varying(20); OTID character varying; DIST double precision; NUMBER integer; BEGIN SELECT A."CommandCentreID" INTO CCID FROM "AF3"."Command Centre" AS A WHERE A."Country" = NEW."Country";</pre>	<p>3 Select "Command Centre" by "Country"</p>
<pre>SELECT A."OperatingCentreID" INTO OCID FROM "AF3"."Operating Centre" AS A WHERE A."CommandCentreID"=CCID AND "AF3"."Distance"(NEW."Latitude", NEW."Longitude" ,A."Latitude", A."Longitude")=(SELECT MIN("AF3"."Distance"(NEW."Latitude", NEW."Longitude" ,B."Latitude", B."Longitude")) FROM "AF3"."Operating Centre" AS B WHERE B."CommandCentreID"=CCID) LIMIT 1;</pre>	<p>4 Select "Operating Centre" by "Distancefunction"</p>
<pre>INSERT INTO "AF3"."OperatingTeam" ("OperatingTeamID","CommandCentreID", "OperatingCentreID") VALUES (OTID,CCID,OCID);</pre>	<p>5 Insert of new record in "OperatingTeam"</p>
<pre>RETURN NEW; END;</pre>	

Figura 9. Codice del trigger

E' chiaro che questo è solo la prima parte di un processo di triggering che, in generale, si riaggiorna nel momento in cui al centro di comando nazionale, arrivano le coordinate precise del punto di innesco dell'incendio (*Hotspot*). La catena di triggering viene eseguita ripercorrendo tutti i processi di interazione sia tra le tabelle stesse del database, sia tra le tabelle e i dati provenienti dalle fonti esterne. Tali processi portano, ad esempio, all'individuazione della risorsa idrica (lago, mare, ecc.) più vicina, dell'eventuale numero di uomini di rinforzo da mandare per le operazioni in campo, dell'individuazione delle diverse priorità in caso di operazioni contemporanee.

3. IL CASO STUDIO

3.1 L'area test e i dati disponibili.

Al fine di validare la metodologia proposta e le funzionalità del GIS, sia come modello globale che per le funzionalità di trigger, sono stati utilizzati i dati relativi alla regione Sardegna.

In relazione all'area prescelta sono stati inserite le informazioni relative alle foreste, ai modelli di combustibile, alle risorse idriche, alle reti viarie e tecnologiche, al centro di comando, ai centri operativi, alle squadre, ai dati meteorologici, al punto di innesco di un incendio e alla posizione specifica di provenienza dell'avvistamento (allarme).

In particolare nel paragrafo successivo, verrà descritto un caso di incendio nel Parco del Sulcis (Fig 10), situato nel sud-ovest della Sardegna, nei territori della provincia di Cagliari e della provincia di Carbonia-Iglesias. Naturalmente i dati relativi all'allarme, al punto di innesco e ai centri operativi impiegati non riguardano un caso reale, perché le informazioni durante gli incendi boschivi non raggiungono questo livello di dettaglio.



Figura 10. Parco del Sulcis, Sardegna. Immagine non in scala. <https://www.google.it/maps/place/Sardegna> (28/04/2016)

3.2 Il trigger e un esempio di query

Utilizzando tali strati informativi, progettati e opportunamente compilati, mediante l'uso di QGIS è stato possibile realizzare

un esempio di interrogazione sul sistema. A partire dalla posizione dell'allarme (Fig. 11.a), il trigger è in grado di calcolare, in modo automatico, il centro di comando competente, quindi il centro operativo più vicino (Fig. 11.b), con numero di uomini e mezzi adeguati all' intervento. E', infine, possibile visualizzare i dati relativi alla squadra e la sua posizione in tempo reale (Fig. 11.c).

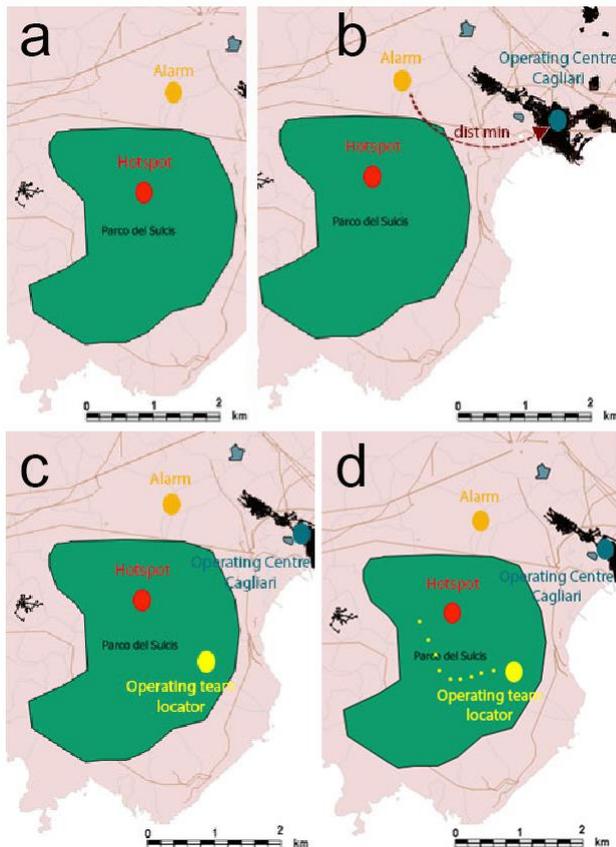


Figura 11. (a) Visualizzazione della posizione dell'allarme in QGIS, dopo l'avvio del trigger. (b) Visualizzazione della ricerca del Operating Centre. (c) Creazione della squadra di ricognizione (a destra) in QGIS, dopo l'avvio del trigger (d) Visualizzazione della posizione aggiornata delle truppe in campo in QGIS. Immagine non in scala

Una volta in campo, la squadra potrà essere monitorata e guidata dal centro di comando grazie alla registrazione automatica delle sue coordinate come dato dinamico (Fig. 11.d).

4. CONCLUSIONI

In conclusione, come dimostrato, si evince la reale possibilità di progettare un GIS che riguardi tutti i processi di gestione degli incendi. Nella sua complessità, infatti, il modello si adatta a tutte le fasi della procedura. La metodologia usata consente di utilizzare a pieno e seguire perfettamente lo standard suggerito, per l'Europa, dalla Direttiva INSPIRE, nonostante la necessaria esigenza di estenderlo per adattarlo al caso d'uso. Gli standard, pertanto, avendo un carattere generale, non consentono la definizione univoca di alcune entità strettamente legate al caso d'uso sviluppato. Si pensi agli esempi sopra citati delle entità legate alla catena di comando e quelle legate ai modelli di combustibile.

In questo quadro generale, l'utilizzo di Enterprise Architect permette di sviluppare interamente il modello in modo rigoroso,

attraverso la possibilità di importare direttamente le classi INSPIRE. In questo modo, il formato dei dati non viene alterato. È chiaro, che seguendo questo processo di modellazione, è stato raggiunto l'obiettivo precedentemente prefissato: l'interoperabilità. Tale caratteristica consente sia l'interazione tra diversi sistemi che, pur seguendo lo stesso standard, sono a disposizione dei diversi organi competenti, sia la possibilità di usufruire di metadati che permettono la verifica del grado di aggiornamento dei dati e la loro veridicità.

Il tutto a livello di utilizzo pratico dell'applicazione si traduce con un maggiore coordinamento e ottimizzazione delle forze impiegate nel monitoraggio degli incendi.

Un altro aspetto da sottolineare riguarda la realizzazione dell'automazione dei processi, attraverso l'utilizzo di piattaforme open-source. Nonostante sia stato mostrato il metodo di implementazione di un unico trigger, bisogna considerare che per la creazione di un sistema complesso *responsive real-time* si deve innescare un'esecuzione a cascata di triggers.

Tutto questo è stato progettato in funzione della possibilità di rendere i dati sempre aggiornati (come i dati meteorologici, i modelli di combustibile, ecc.). In aggiunta, il sistema di triggering, permette anche, di prelevare le informazioni da fonti esterne condivise ove ce ne fosse il reale bisogno.

L'uso di questa procedura non solo fornisce un'ottimizzazione a livello temporale nell'effettiva risposta del sistema, ma anche nell'aggiornamento delle informazioni e nella riduzione del quantitativo di dati salvati sul database.

5. RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano, qui, il CVVFF di Cagliari per la loro disponibilità e per aver messo a disposizione i dati. Inoltre si ringrazia la dott.ssa Raffaella Marzano dell'Università di Torino per l'aiuto sulle tipologie di combustibili e il Dott. Cesti per la disponibilità. Un ulteriore ringraziamento va ai componenti del gruppo di lavoro impegnato nello sviluppo del progetto europeo "AF3" (Advanced Forest Fire Fighting) presso il Politecnico di Torino.

6. BIBLIOGRAFIA

Riferimenti da giornali o atti di convegno

Burgan, R.E., Klaver, R.W. & Klaver, JM, 1998. *Fuel Models and Fire Potential from Satellite and Surface Observations*, International Journal of Wildland Fire, 8, pp. 159-170.

Cesti G., 2002, *Tipologie e comportamenti particolari del fuoco: risvolti nelle operazioni di estinzione, Il fuoco in foresta: ecologia e controllo*. Atti del XXXIX Corso di Cultura in Ecologia. Università degli Studi di Padova, Regione del Veneto, Centro Studi per l'Ambiente Alpino, S. Vito di Cadore, 2-6 settembre 2002, pp. 77-116.

Fiorucci P., Gaetani F., Minciardi R., 2008, *Development and application of a system for dynamic wildfire risk assessment in Italy*, Environmental Modelling & Software, 23, pp. 690-702.

Kliskey A. D., 1995, *The role and functionality of GIS as a planning tool in natural-resource management*. Computers Environment and Urban Systems, 19-1, pp. 15-22.

Mussumeci G., Leone L., Colombrita F., Condorelli A., 1999: *Simulazioni in ambiente GIS della funzionalità della rete*

stradale etnea in caso di incendio. 3a Conferenza nazionale ASITA.

Van den Brink, L., Stoter, J. E., Zlatanova, S., 2012, *Modelling an application domain extension of CityGML in UML*. In ISPRS Conference 7th International Conference on 3D Geoinformation, The International Archives on the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XXXVIII-4, part C26, 16–17 May 2012, Québec, Canada. ISPRS.

Zlatanova S., Dilob A. , de Vriesa M, Fichtinger A., 2010, *Models of dynamic data for emergency response: a comparative study*, In: International Symposium on Geo-information for Disaster Management, Gi4DM, Torino.

Riferimenti da libri

Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S., Torlone R., 2009, *Basi di dati*. Terza Edizione. *Modelli e linguaggi di interrogazione*. McGraw-Hill, Italia.

Barros V. R., Field C. B., Dokke D. J., Mastrandrea M. D., Mach K. J., Bilir T. E., Cesti G., Cesti C., 1999, *Antincendio Boschivo. Manuale operativo per l'equipaggio dell'autobotte*. Musumeci, Quart, Aosta, 2.

Bovio G., 1993, *Comportamento degli incendi boschivi estinguibili con attacco diretto*. Monti e Boschi, 4, pp. 19-24.

Laurini R, Thompson D., 1992, *Fundamentals of Spatial Information Systems*, Academic Press, London.

Perry, D. G., 1990 , *Wildland Firefighting: Fire Behavior, Tactics, and Command*, ed. Donald G. Perry.

Altri riferimenti stampati

Andrews, P.L. and Rothermel R.C., 1982, *Charts for interpreting wildland fire behavior characteristics*. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-131.

Riferimenti da siti web

Corpo Forestale dello Stato - Ispettorato Generale Divisione 3^A - Protezione Civile e Pubblico soccorso Area Statistica e Fascicolo Territoriale, 2016. Bollettino “Incendi boschivi per regione- Dati provvisori anno 2015”, Italia <http://www.corpoforestale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDP/agma/11941> (16 Jan. 2016).

Infrastructure for Spatial Information in the European Community, INSPIRE Directive, <http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2> (03 Nov. 2014).

ISO/TC 211 - Geographic information/Geomatics. <http://www.isotc211.org/> [06 Nov. 2014].

Brebbia C.A., Perona G. (2012). “Modelling, Monitoring and Management of Forest Fires III”, Witt Press, Italy https://www.researchgate.net/publication/236857937_SIRIO_an_integrated_forest_fire_monitoring_detection_and_decision_support_system_performance_and_results_of_the_installation_in_Sanremo_Italy (20 Mar. 2015)

PostgreSQL. <http://www.postgresql.org> (05 May 2015).

QuantumGIS web site <http://www.qgis.org> (05 May 2015).

Raccolte cartografiche, Geoportale Regione Sardegna, <http://www.sardegnaoportale.it/index.php?xsl=1594&s=40&v=9&c=8753&n=10> (07 July 2015).

Sistema Informativo della Montagna, <http://www.simontagna.it/> (10 Oct. 2015)