

RUGGERO VALENTINOTTI
 MAURIZIO NAPOLITANO
 CRISTINA SALVADORI
 PAOLO AMBROSI

Sviluppo di un prototipo GIS in ambiente Internet per il monitoraggio dello stato di salute delle foreste trentine

Introduzione

Da oltre dieci anni in Trentino è attivo un monitoraggio di tipo estensivo e permanente dei danni noti alle foreste (FTDM - *Forest Tree Damages Monitoring*), svolto in collaborazione tra l'Unità Operativa Foreste dell'Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (IASMA-FOR) e il Servizio Foreste della Provincia Autonoma di Trento.

Il monitoraggio si basa sul controllo degli aspetti fitopatologici attraverso ripetute osservazioni e sulla collezione dei dati relativi. La metodologia adottata prevede il coinvolgimento del personale forestale che, attraverso la compilazione periodica di alcune schede e l'immediata segnalazione delle nuove problematiche fitosanitarie riscontrate in bosco, integra il lavoro di riconoscimento e d'indagine svolto dagli specialisti. I dati raccolti fino a questo momento rappresentano un'importante mole di informazione, portando una serie di benefici sia di tipo scientifico (approfondimento di conoscenze su tipo, intensità e localizzazione delle avversità), sia tecnico (inventario dei danni riferito alle singole particelle forestali).

Nel corso degli anni le fasi operative hanno subito alcune modifiche procedurali, riguardanti prevalentemente i protocolli di rilevamento e le modalità di invio delle

schede. La disponibilità di nuove tecnologie per la trasmissione di dati ed informazioni suggerisce la possibilità concreta di affinare ulteriormente la fase di segnalazione del danno e della sua localizzazione, fase attualmente basata su supporti cartacei di problematica gestione.

Il presente lavoro si articola su due livelli: in una prima fase l'attenzione è posta sulla trasmissione dei dati secondo l'organizzazione attuale, analizzandone i limiti ed i possibili miglioramenti proponibili sfruttando sistemi che permettono la gestione e la condivisione di informazioni geograficamente riferite, in particolare sistemi GIS (*Geographic Information System*) in ambiente Internet. Successivamente, come risposta concreta a queste osservazioni, viene presentato un prototipo WEBGIS dedicato al FTDM.

Il monitoraggio delle foreste trentine

Il bosco costituisce da sempre una componente fondamentale del territorio trentino, andando a coprirne oltre il 55% della sua superficie. Il patrimonio boschivo si estende dal fondovalle fino al limite superiore della vegetazione arborea, alternandosi a frutteti, campi e pascoli, e comprende tipologie forestali molto diversificate in re-

lazione sia alle caratteristiche stazionali, sia al tipo di trattamento. Le importanti e molteplici funzioni svolte dai boschi, siano essi deputati a ruoli prevalentemente produttivi, protettivi o ricreativi, possono essere assicurate solo sulla base di un'attenta sorveglianza del loro stato fitosanitario e di una gestione volta alla massima valorizzazione delle loro potenzialità, nel rispetto degli equilibri ecologici e delle capacità di autoconservazione di tali ecosistemi.

La gestione dei boschi in Trentino si avvale da oltre 40 anni di strumenti di pianificazione (467 Piani di assestamento suddivisi in oltre 14200 particelle solo per le fustaie), con validità per lo più decennale, che riguardano tutte le proprietà di enti o collettive e le proprietà private più rilevanti. Tali elaborati contengono inventari provvigionali riferiti a singole unità colturali omogenee (sezioni o particelle), delle quali vengono descritti, attraverso oltre 120 variabili, i principali parametri dendro-auxometrici, stazionali e geografici. I dati sono rilevati con metodi statisticamente attendibili e quindi inseriti in archivi informatizzati.

A partire dal 1990, in riferimento al grosso impegno profuso per lo studio dei danni di nuovo tipo, è stato attivato, grazie alla collaborazione tra l'Unità Operativa Foreste dell'Istituto Agrario di San Michele a/A (IASMA-FOR), il Servizio Foreste ed il Servizio Parchi e Foreste Demaniali della PAT (Provincia Autonoma di Trento), un programma di monitoraggio fitosanitario permanente ed estensivo dei boschi trentini (FTDM). La scelta è stata perpetrata soprattutto per il fatto che, negli anni precedenti tale data, si era assistito ad un'intensificazione dei danni boschivi provocati da fattori biotici ed abiotici, ma spesso riconducibili a situazioni di stress inerenti cambiamenti globali in atto, che talora avevano reso necessari interventi energici ed affannosi. Si rendeva pertanto necessario il rilievo di tutti i danni noti e lo studio delle cause che avevano condotto alla loro manifestazione.

Gli obiettivi principali del FTDM sono volti a garantire una costante tutela dello stato fitosanitario delle foreste, incremen-

tando le conoscenze relative alla diffusione territoriale di fitofagi e patogeni, a fornire strumenti per un'efficace gestione delle emergenze e ad individuare gli interventi fitosanitari adeguati per ogni tipologia di danno, ad analizzare i fattori causali e/o predisponenti attraverso la comprensione dei meccanismi che portano alla manifestazione dei fenomeni fitopatologici. I benefici scaturiti dall'applicazione del programma di monitoraggio sono sia di tipo scientifico (approfondimento di conoscenze su tipo, intensità e localizzazione delle avversità), sia tecnico (inventario dei danni riferito alle singole unità territoriali), sia economico (contenimento dei danni insorti).

Metodologia

La metodologia adottata si articola in diverse fasi operative (AMBROSI, SALVADORI, 1998):

- rilevamenti in bosco;
- segnalazione del danno o richiesta di consulenza specialistica;
- diagnosi;
- trasmissione dei dati;
- elaborazione ed interpretazione dei dati;
- diffusione dei risultati.

Il rilievo dei danni noti è effettuato dal personale forestale distribuito sul territorio nell'ambito dello svolgimento degli altri compiti istituzionali. Il personale è stato precedentemente formato e viene periodicamente aggiornato; per gli addetti ai rilievi sono inoltre messi a disposizione strumenti diagnostici di rapida consultazione (manuali di campagna).

Quando gli operatori forestali riscontrano un quadro patologico non facilmente diagnosticabile sulla base della sintomatologia osservata, inoltrano una richiesta di diagnosi ai fitopatologi di IASMA-FOR. A seguito del sopralluogo e di eventuali indagini di laboratorio viene redatta una risposta che include la descrizione dell'agente di danno, indicazioni bio-ecologiche ed epidemiologiche sul parassita e suggerimenti per eventuali interventi di controllo.

I danni già noti ai rilevatori vengono invece segnalati mediante 5 schede, che devono essere compilate da ciascuna Stazione forestale e consegnate all'Ufficio Distrettuale competente, che provvede ad inoltrarle a IASMA-FOR. La scadenza di consegna delle schede è diversificata e motivata dal raggruppamento di danneggiamenti che si rendono manifesti in uno stesso periodo dell'anno.

La scheda 1 prevede la raccolta di informazioni su danni da processionaria del pino e relative misure di controllo. La scheda 2 riguarda tutti i danneggiamenti che si riscontrano in bosco durante il periodo primaverile. La scheda 3 è relativa a patologie che interessano prevalentemente il larice o che comunque si manifestano nel periodo estivo, mentre sul retro sono riportati i risultati delle catture di processionaria nelle trappole a feromoni. Anche la scheda 4 è articolata in due prospetti: nel primo sono elencate le più diffuse patologie vegetali ed alcune animali, la cui sintomatologia si rende manifesta durante l'estate, il secondo raccoglie i risultati del monitoraggio dell'*Ips typographus* con trappole a feromoni. La scheda 5 riguarda i danni da eventi meteorici e riporta i dati complessivi dei metri cubi forzatamente assegnati durante l'anno (verbali di assegno per interventi fitosanitari e stima dell'eventuale quota di normali utilizzazioni dovuta a eventi climatici o patologici). In ogni modulo è prevista la possibilità di segnalare eventuali fenomeni osservati e non inseriti nell'elenco. Ogni segnalazione deve essere corredata di informazioni volte alla localizzazione delle aree colpite ed alla caratterizzazione del tipo e dell'intensità dei danni. Tutte le informazioni raccolte sono riferite ad una particella di un dato piano di assestamento.

I contenuti delle schede (in formato cartaceo) pervenute a IASMA-FOR vengono inseriti, previa validazione dei dati, in database relazionali collegabili a Sistemi Informativi Geografici per mezzo del numero di particella e di piano di assestamento. Una prima elaborazione dei dati si basa sull'in-

terrogazione degli archivi informatizzati e conduce alla produzione di prospetti relativi alle unità territoriali prescelte (singole particelle, Stazioni e Distretti forestali), dai quali emergono numerose informazioni sulla distribuzione e sulla quantificazione dei danni. Per meglio comprendere le cause di insorgenza e la distribuzione degli attacchi dei parassiti, i dati del FTDM vengono comparati con i contenuti degli archivi forestali anche per mezzo di strumenti GIS.

I risultati sono diffusi principalmente attraverso un *report* annuale, inviato a tutte le strutture forestali periferiche, che contiene, oltre all'elenco dei danni biotici ed abiotici rilevati nel corso dell'anno, la descrizione dell'andamento meteorologico, i risultati di indagini monotematiche di particolare rilevanza, valutazioni prognostiche, l'analisi preliminare dei fattori predisponenti ed una prima verifica della validità di scelte pregresse (di lotta, selvicolturali, ecc.).

Proposte migliorative

Sulla base della precedente descrizione, si può notare come la trasmissione e la gestione dei dati presenti alcuni punti "deboli" o quantomeno migliorabili, di seguito elencati e successivamente commentati:

1. la localizzazione geografica delle aree soggette a danno è possibile solo a livello di particella forestale;
2. le schede sono in formato cartaceo e quindi risulta impossibile ogni sorta di controllo automatico in fase di compilazione;
3. tutte le schede delle Stazioni forestali dell'intera provincia vengono informatizzate da una o poche persone.

Localizzazione geografica

La localizzazione geografica delle aree soggette a danno occupa il primo posto, anche in ordine di importanza, della serie di miglioramenti attuabili. Le segnalazioni fino ad ora effettuate presentano, infatti, del-

le estensioni generalmente di pochi ettari (2-3), mentre l'estensione media delle particelle forestali a fustaia supera i sedici ettari. Questo aspetto pone evidenti limiti in fase di elaborazione dei dati con sistemi GIS poiché non è possibile individuare, con una certa precisione, la posizione delle singole superfici segnalate all'interno delle particelle.

Le operazioni di analisi per lo studio delle relazioni esistenti tra le condizioni di salute del bosco e le caratteristiche stazionali desunte dalla cartografia tematica (disponibile in formato numerico), possono essere effettuate considerando, per ogni segnalazione, un valore che è rappresentativo dell'intera particella forestale all'interno della quale si è manifestato il danno.

Ad esempio, se lo studio prevede l'analisi delle quote delle zone colpite, non si può fare altro che attribuire ad ogni segnalazione la quota media della particella forestale ricavata dall'*overlay* tra il tematismo dei piani di assestamento e quello del modello digitale delle elevazioni o DEM (*Digital Elevation Model*). Tale operazione comporta inevitabilmente delle sostanziali approssimazioni anche in considerazione del fatto che, all'interno di una singola particella forestale a fustaia, si possono registrare dislivelli superiori ai 1000 metri. L'esempio è facilmente estendibile ad analisi che considerano altri parametri morfometrici, come esposizione e pendenza, o indicatori derivati come il *wetness-index* (indice di umidità), utilizzato per valutare convergenze e divergenze locali, al fine di trarne delle considerazioni sulla predisposizione morfometrica all'accumulo di umidità in superficie.

Per migliorare la capacità di analisi tramite strumenti GIS risulta indispensabile dare, ad ogni rilievo previsto dal FTDM, una connotazione territoriale propria, svincolata dall'entità definita dai limiti della particella forestale.

Controlli automatici

Il secondo punto mette in evidenza l'impossibilità di attivare dei controlli automatici durante la fase di compilazione della

scheda al fine di ridurre la possibilità di errori dovuti a sviste o malintesi. Inoltre, talvolta, le schede in formato cartaceo vengono compilate a mano aumentando la possibilità di errore nella fase di informatizzazione dei dati.

Informatizzazione dei dati

Al terzo punto si vuole porre l'attenzione sul carico di lavoro (spesso tedioso e poco gratificante) che solitamente viene svolto da un'unica persona, talvolta aiutata da colleghi, per la lettura delle schede, la loro interpretazione in presenza di casi dubbi, la validazione dei dati e l'inserimento degli stessi in database opportunamente strutturati. Inoltre, la trascrizione dei dati dal supporto cartaceo al supporto magnetico, per altro ad opera di una persona che non conosce la situazione specifica oggetto di segnalazione, introduce delle probabilità di errore evitabili se l'informatizzazione venisse eseguita direttamente dal soggetto che esegue il rilievo in bosco.

Un ulteriore aspetto che potrebbe essere migliorato, anche se non incide sulla qualità delle informazioni derivanti dalle segnalazioni, riguarda la trasmissione dei dati tramite posta ordinaria, anche in un'ottica di "gestione delle emergenze".

Dall'analisi dei punti sopra menzionati emerge la necessità di adottare, per le operazioni di inserimento e trasmissione di dati, un sistema che agevoli la comunicazione tra gli attori del FTDM e migliori la gestione delle informazioni territoriali.

Da queste considerazioni è nata l'idea di mettere a punto un nuovo metodo per la raccolta ed il trasferimento dei dati. A tale proposito si ritiene che l'organizzazione di un GIS in ambiente Internet rappresenti la soluzione ottimale.

Il prototipo WebGIS

Per tecnologia GIS si intende l'insieme degli strumenti usati per acquisire, gestire e

rendere disponibili dati georiferiti. Quando le funzionalità tipiche dei GIS sono estese in ambiente internet, si parla di tecnologia WEBGIS.

Le soluzioni WEBGIS offrono diversi vantaggi riassumibili nei punti di seguito elencati.

- Dataset singolo e centralizzato. Non si corre il rischio che utenti diversi facciano le proprie considerazioni sulla base di edizioni diverse di dati.
- *Platform independent*. L'accesso alle funzionalità GIS da parte dell'utente internet è, generalmente, indipendente dal sistema operativo utilizzato e, talvolta, anche dal tipo e dalla versione del browser utilizzato (Internet Explorer, Netscape, Mozilla, Opera, ecc.).
- Basso costo software ed hardware. Non sono necessarie, dal lato client, configurazioni hardware o software particolari o diverse rispetto a quelle richieste per un "normale" utilizzo di Internet.
- Facile utilizzo. L'addestramento all'uso del sistema è minimo in quanto le operazioni sono automatizzate e si basano sulla navigazione di pagine web.
- Accesso al database. È possibile accedere alla base di dati da qualsiasi luogo dove è disponibile una connessione ad Internet.

Con il prototipo FH-WebGIS (*Forest Health WEBGIS*) si vuole mettere a punto un sistema in grado di assistere il rilevatore nella fase di inserimento dei dati. In particolare l'obiettivo è di sfruttare le potenzialità offerte dalla rete Internet per popolare un database centralizzato dedicato al monitoraggio dello stato di salute delle foreste trentine.

I dati trasmessi non riguardano solo la componente alfanumerica, ma anche le primitive geometriche (punti, linee o poligoni) che caratterizzano ogni singola segnalazione. La definizione e la localizzazione dell'area interessata dal danno viene effettuata attraverso la digitalizzazione a video, su di una mappa interattiva, del relativo poligono (fig. 1 e 2). Al termine della digitalizzazione, il sistema propone l'elenco dei possibili danni da segnalare e, ad ogni tipo-

gia di danno, è associato un modulo (*form*) per l'inserimento della componente alfanumerica. Prima dell'invio dei dati al server viene avviata una serie di controlli sulla corrispondenza tra il dato inserito e la tipologia di dato richiesto. A questo punto, se il controllo viene superato, i dati vanno a popolare il database centralizzato. In caso contrario il sistema avvisa l'utente circa la necessità di rivedere i dati inseriti in determinati campi, dando una breve descrizione dell'incongruenza riscontrata.

L'insieme delle funzioni GIS di cui è dotato il prototipo FH-WebGIS è stato sviluppato utilizzando il linguaggio di programmazione Java e facendo riferimento a componenti "Open Source". In generale, tutta la componente software necessaria al funzionamento del sistema è costituita da

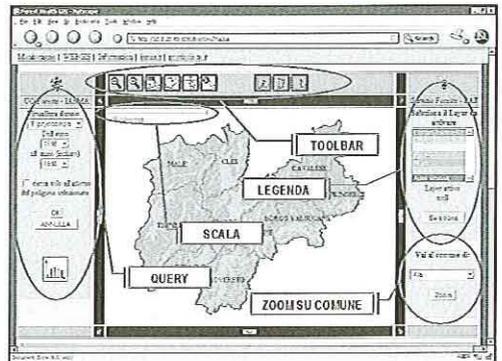


Fig. 1 - Esempio di interfaccia per il FH-WebGIS.

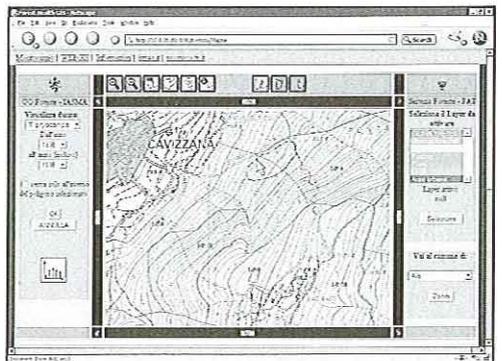


Fig. 2 - La digitalizzazione a video delle aree interessate da danno. La segnalazione è unica anche se il poligono si sovrappone a due o più particelle forestali.

“software libero”. Questa categoria di software offre l’opportunità allo sviluppatore di visualizzare e manipolare il codice sorgente in un’ottica di collaborazione nella speranza che, i fruitori della risorsa, apportino contributi migliorativi garantendo una continua evoluzione del prodotto.

Gli attori

Il termine GIS non viene utilizzato solo in riferimento alla componente tecnologica dei sistemi informativi geografici, ma anche nell’accezione più globale che considera, oltre alle componenti software ed hardware, anche il contesto organizzativo all’interno del quale i dati sono trasformati in informazione.

Nel caso del sistema informativo geografico per il monitoraggio delle foreste trentine gli attori che fanno parte del contesto organizzativo sono l’Unità Operativa Foreste dell’Istituto Agrario di San Michele all’Adige ed il Servizio Foreste della Provincia Autonoma di Trento.

L’Unità Operativa Foreste ha iniziato la sua attività nel 1976 e, in collaborazione con altre strutture del Centro Sperimentale e del Centro Scolastico dell’Istituto Agrario, svolge abitualmente attività di ricerca, istruzione e servizio relative agli aspetti della difesa del bosco.

Il Servizio Foreste del Dipartimento Foreste e Montagna della PAT è costituito da un “organismo centrale” composto da quattro uffici (Ufficio Assestamento forestale; Ufficio Economia forestale; Ufficio Lavori forestali; Ufficio Vincolo idrogeologico) e da una struttura periferica distribuita sul territorio provinciale. A livello periferico operano 10 Uffici Distrettuali, ai quali fanno riferimento le Stazioni forestali (47 in tutto). Le strutture provinciali godono inoltre della collaborazione di guardaboschi (circa 170), di cui ogni Ente proprietario o Consorzio boschivo dispone. L’Ufficio Forestale referente per le attività dirette alla difesa dei boschi e quindi alle attività di monitoraggio fitopatologico è costituito dall’Ufficio Lavori forestali.

Il diagramma riportato in figura 3 mostra, in sintesi, le interazioni previste all’interno della struttura organizzativa per il funzionamento del sistema proposto grazie alle quali i dati trasmessi dalle Stazioni forestali possono essere valutati e trasformati in informazioni sulla base di una visione globale dei fenomeni monitorati. È importante notare come la nuova metodologia non influenzi la fase di rilievo dei dati, garantendo così una continuità circa il tipo di informazioni rilevate (seppure impreziosite da una localizzazione territoriale definita), condizione indispensabile in un’ottica di monitoraggio.

Esigenze organizzative

In fase progettuale è importante prevedere l’accesso simultaneo degli utenti abilitati all’inserimento dei dati. È quindi indispen-

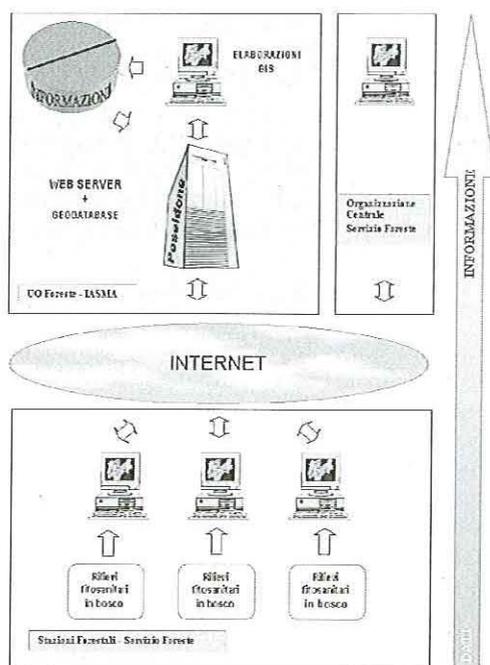


Fig. 3 - I dati inseriti dalle Stazioni forestali vanno direttamente a popolare il geodatabase. Le informazioni ricavate dalle analisi vengono condivise sfruttando le proprietà conduttive del mezzo Internet.

sabile che il sistema WEBGIS sia in grado gestire, separatamente per ogni utente, gli attributi di visualizzazione.

È opportuno che gli "attori" si accordino nell'individuare quante e quali persone utilizzeranno il sistema e con quali diritti di accesso. Per ogni singola segnalazione il sistema deve essere in grado di tenere memoria del nome dell'utente che ha inserito i dati. L'utilità di tale accorgimento è da individuarsi nella semplificazione delle richieste di informazioni, da parte del personale addetto alla validazione dei dati, nell'eventualità di incongruenze od incertezze sulle segnalazioni di danno.

La componente hardware minima ed indispensabile, di cui deve disporre ogni Stazione forestale, è costituita da una postazione Personal Computer dotata di accesso alla rete Internet. Va inoltre prevista una macchina server dove risiederà il software per il funzionamento del sistema WebGIS.

Le caratteristiche della componente software sono influenzate dal tipo di architettura adottata in fase di progettazione. In ogni caso è indispensabile, per la componente lato server, un Web server, un gestore di database relazionali o RDBMS (*Relational Data Base Management System*) dotato di estensione per la gestione della componente spaziale dei dati ed il software dedicato alle funzioni GIS. Dal lato client è invece necessario un semplice browser per la navigazione Web.

Prima della entrata in funzione del FH-WebGIS, e quindi prima di abbandonare l'attuale metodologia, deve essere previsto un periodo di test del nuovo sistema. Durante tale fase gli utenti saranno invitati ad accedere al FH-WebGIS con lo scopo di effettuare delle prove sia di navigazione della mappa sia di inserimento dei dati. Gli utenti saranno poi chiamati a manifestare eventuali difficoltà riscontrate o disfunzioni, nonché a proporre modifiche con l'obiettivo di ottimizzare il funzionamento del sistema. In caso di problemi il periodo di test sarà prolungato fino a quando il sistema non si potrà ritenere stabile. Solo a questo punto il FH-WebGIS potrà essere definitivamente attivato abbandonando l'attuale

metodologia. Il sito web dovrà comunque comprendere un'area dedicata alla segnalazione di eventuali malfunzionamenti, al fine di agevolare la manutenzione ed il perfezionamento continuo del WEBGIS.

La tecnologia utilizzata

La definizione di un'architettura con requisiti di affidabilità, *performance*, sicurezza e scalabilità presenta oggettivi criteri di difficoltà in quanto, in ambiente Internet, il grado di interazione tra le varie componenti risulta particolarmente elevato (CONSORTI, 2001). Dal punto di vista generale, tuttavia, l'architettura di un WEBGIS può essere presentata come una tipica architettura web basata su interazioni tra client e server.

Nello sviluppo del prototipo WEBGIS si fa riferimento all'approccio *Thin Client* (o client ridotto), secondo il quale le procedure di analisi spaziale vengono affidate all'area server, che invia al client il risultato delle operazioni nel formato standard HTML. Questo genere di risposta è riconosciuta da qualsiasi browser senza la necessità di ricorrere a software aggiuntivo, come invece è previsto dall'approccio *Thick Client* (o client ampio). La scelta è stata effettuata considerando la semplicità di aggiornamento del software (in fase di sviluppo) tipica di tali architetture, nonché la volontà di non vincolare l'utente nella scelta del browser da utilizzare. Inoltre, il fatto che le richieste di analisi territoriale effettuate dall'utente vengono elaborate nell'area server, offre la garanzia di utilizzare i dati centralizzati continuamente aggiornati.

La figura 4 riassume il modello architetturale del prototipo "FH-WebGIS". All'interno dello schema possiamo individuare una serie di elementi di seguito elencati.

Browser

L'ossatura delle pagine web è realizzata facendo uso del linguaggio HTML, attualmente considerato uno standard per la pubblicazione di documenti web.

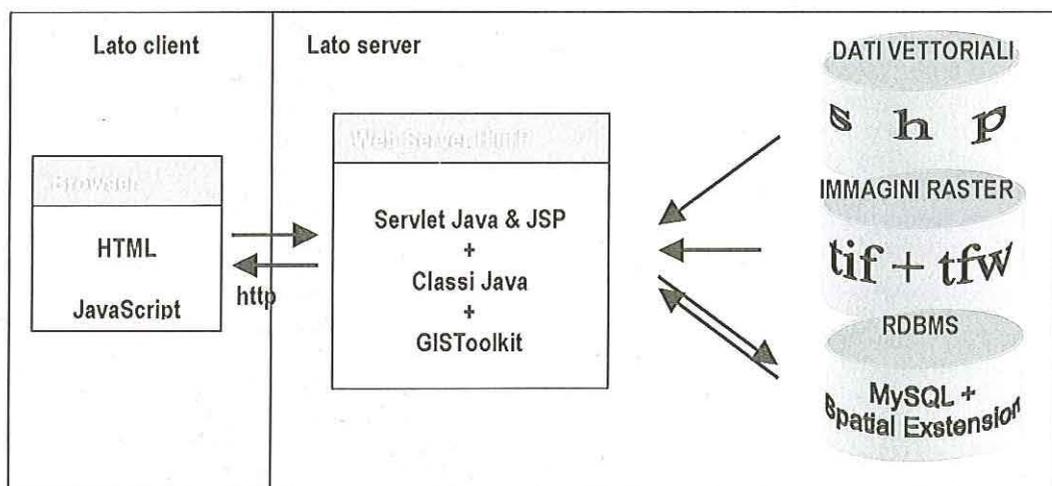


Fig. 4 - L'architettura del prototipo. Al fine di ottimizzare le prestazioni lato server il carico di lavoro può anche essere distribuito su più macchine (per esempio una macchina dove risiede il Web Server ed una dove risiede un sistema di gestione dei dati RDBMS).

L'arricchimento delle funzionalità dell'HTML è effettuata tramite JavaScript, un linguaggio di *scripting* interpretato dal browser. Il nucleo di questo linguaggio è stato incorporato all'interno di Netscape, Internet Explorer e degli altri browser web più diffusi (FLANAGAN, 2002), anche se ognuno di questi implementa dei subset di funzionalità con leggere variazioni. Per ovviare alle problematiche derivanti dalle differenze di implementazione del linguaggio, fra browsers diversi, si fa uso delle librerie JavaScript sviluppate da Mike Foster nell'ambito del progetto CBE (*Cross Browser Element*) e distribuite con licenza LGPL (si veda il sito <http://www.cross-browser.com>).

Web Server

Il Web Server HTTP utilizzato è Apache Tomcat sviluppato dalla Apache Foundation nell'ambito del progetto Apache Jakarta (<http://jakarta.apache.org/tomcat/>

[index.html](#)) e distribuito gratuitamente in quanto si tratta di un ambiente "Open Source". Tomcat contiene al suo interno buona parte delle funzionalità tipiche di un Web Server, ovvero - in sintesi - ha la capacità di interpretare una richiesta da una risorsa veicolata su protocollo HTTP, indirizzarla ad un opportuno gestore e restituire poi il risultato (codice HTML eventualmente aggiunto di contenuto multimediale).

Il funzionamento del sistema prevede l'utilizzo di Servlet Java e di JSP (*Java Server Page*)¹ oltre che di altre classi Java opportunamente sviluppate. Questo giustifica l'utilizzo del Web Server Tomcat in quanto, come noto, è un Servlet/JSP engine, o meglio, è l'implementazione ufficiale delle specifiche di queste due tecnologie.

Per lo sviluppo della componente GIS *server-side* fa largo uso della collezione di classi Java GIS Toolkit (<http://gistoolkit.sourceforge.net/>) dedicate appunto alla tecnologia GIS e distribuite secondo i principi del software libero (licenza LGPL).

¹ Attraverso i Servlets e le JSP la produzione della pagina HTML viene prodotta in modo dinamico dal Web Server che, mediante l'interpretazione di determinati comandi, costruisce una pagina HTML personalizzata (in relazione a determinate condizioni, eventi o richieste dell'utente) ed eventualmente sempre diversa (<http://www.lia.deis.unibo.it/Courses/AlmaWebCorradif/>).

Il dataset

I dati utilizzati dal sistema per le operazioni di orientamento dell'utente durante le fasi di navigazione della mappa, tipiche delle applicazioni GIS (zoom, pan, ecc.), sono costituiti da una serie di tematismi di carattere "generale" che possono essere divisi, in funzione della loro struttura, in vettoriali e raster. I tematismi vettoriali si riferiscono ad entità territoriali quali fiumi, laghi e ad entità "astratte" costituite dai limiti amministrativi dei Distretti Forestali, delle Stazioni forestali e dei Comuni. A questi si aggiungono i tematismi relativi alle particelle forestali, utili sia in fase di inserimento dei dati che in fase di interrogazione. Tra la serie di tematismi in formato raster si è scelto di utilizzare, almeno per il prototipo FH-WebGIS, la Carta Tecnica Provinciale (CTP) derivata dalla rasterizzazione della CTP in formato cartaceo alla scala 1:10.000.

La componente più importante del sistema, grazie alla quale lo stesso trova ragione di esistere, è costituita dal database che viene automaticamente popolato in seguito alle segnalazioni degli utenti tramite le pagine Web. Si tratta di un database relazionale gestito da un RDBMS provvisto di estensioni spaziali, grazie alle quali è possibile anche memorizzare la componente geografica di ogni segnalazione.

Il geodatabase

La struttura del database prevede una tabella per ogni tipologia di danno segnalato nell'ambito del FTDM e contemplata nelle cinque schede attualmente adottate.

Al fine di rendere il codice Java dedicato alla comunicazione con il database il più parametrico possibile, vengono definite alcune regole relative alla struttura delle tabelle. Il primo campo di ogni tabella è riservato all'identificativo dell'entità rappresentata secondo il modello relazionale, mentre gli ultimi tre campi riguardano rispettivamente l'identificativo dell'utente che ha immesso i dati, la data (definita dal

server) di inserimento dei dati stessi e la geometria. Il resto dei campi variano da tabella a tabella e riguardano gli attributi specifici di ogni segnalazione.

Da un confronto delle schede in formato cartaceo con lo schema delle tabelle si può notare come, in quest'ultimo, manchino i riferimenti alle entità territoriali definite dal nome del comune e della località, in cui il danno è rilevato, nonché il numero di Piano Economico e di Sezione (o particella) forestale. Questo genere di informazioni sono infatti facilmente desumibili attraverso una query spaziale o attraverso operazioni di intersezione tra layers.

All'interno del database è inoltre importante prevedere una sezione dedicata alla memorizzazione dei metadati. Tale accorgimento, oltre che consentire la registrazione delle informazioni di carattere generale sui dati inseriti, facilita l'aggiornamento delle pagine web attraverso la realizzazione di codice parametrico (codice personalizzabile modificando il valore di alcune variabili).

Il database contiene anche una tabella "users" alla quale il sistema fa riferimento nella fase di autenticazione degli utenti che accedono al WEBGIS. L'elenco dei campi previsti per questa tabella comprende (oltre all'identificativo, al nome utente e password assegnati, al nome e cognome) anche la struttura di appartenenza di ogni singolo utente, il numero diretto di telefono e l'indirizzo e-mail. Attraverso opportune query sarà poi possibile associare questi dati ad ogni segnalazione di danno.

Conclusioni

I vantaggi ottenibili dall'adozione di un WEBGIS per il monitoraggio delle condizioni di salute delle foreste non sono solo quelli tipici derivanti dall'informatizzazione dei processi (come ad esempio la velocità di trasferimento dei dati e la facilità di manipolazioni successive), ma riguardano anche la "bontà" dei dati stessi. La qualità dei dati è incrementata grazie ai controlli

imposti dal sistema in fase di inserimento e, soprattutto, grazie alla capacità di dare una localizzazione geografica definita alle aree oggetto di segnalazione.

La capacità di dare ad ogni rilievo una connotazione territoriale propria, svincolata dall'entità costituita dalla particella forestale, consente ai sistemi GIS di percepire le peculiarità territoriali di ogni singola segnalazione. Questo incrementa la capacità di analisi dei dati del monitoraggio basata sul confronto con i vari tematismi territoriali a disposizione. Il livello di dettaglio ottenibile rappresenta una concreta opportunità per approfondire lo studio dei meccanismi biologici che controllano le complesse relazioni tra pianta e fattori di stress biotici e abiotici. Sulla base di tali analisi si può inoltre presumere un'evoluzione dei modelli previsionali fino ad ora sviluppati offrendo così degli strumenti utili anche per un'efficace gestione delle emergenze.

La nuova metodologia, oltre a migliorare notevolmente le potenzialità di analisi, offre l'opportunità di indirizzarsi verso strade altrimenti difficilmente percorribili. Ad esempio, una collezione di rilievi georiferiti potrebbe rappresentare un'importante base per lo studio, tramite l'analisi di immagini telerilevate, dell'eventuale firma spettrale in grado di caratterizzare le zone interessate da danno. In particolare le aree, identificate sull'immagine telerilevata, potrebbero essere usate come "aree di verità a terra" rappresentative delle superfici che si vogliono classificare, utili quindi per guidare la classificazione di tutta la scena (training set).

Un altro interessante aspetto è costituito dalla possibilità di ritrovare, anche a distanza di tempo, le aree colpite al fine di controllare l'evoluzione della situazione, con evidenti risvolti sia dal punto di vista del monitoraggio che gestionale.

Il sistema è basato su componenti software Open Source. Questo porta notevoli vantaggi in quanto offre l'opportunità di conoscere il codice sorgente che sta alla base delle applicazioni e, quindi, di studiarne il funzionamento e di adattarlo alle proprie esigenze.

In conclusione si auspica che questo studio possa costituire una solida base per l'avvio di un progetto più ampio e dettagliato volto alla gestione dei dati relativi al monitoraggio.

Ruggero Valentinotti

UO Foreste del Dipartimento
Risorse Naturali ed Ambientali
Istituto Agrario San Michele all'Adige
Via E. Mach 2, 38010 Trento
e-mail: ruggero.valentinotti@ismaa.it

Maurizio Napolitano

Dipartimento Sistemi di Ragionamento
Automatico ITC-irst
Via Sommarive 18, 38050 Povo - Trento
e-mail: m_napo@itc.it

Cristina Salvadori

Paolo Ambrosi

UO Foreste del Dipartimento
Risorse Naturali ed Ambientali
Istituto Agrario San Michele all'Adige
Via E. Mach 2, 38010 Trento
e-mail: cristina.salvadori@ismaa.it
e-mail: paolo.ambrosi@ismaa.it

BIBLIOGRAFIA CITATA E DI RIFERIMENTO

AMBROSI P., SALVADORI C., 1998 - *Monitoraggio fitopatologico delle foreste quale strumento per la gestione selvicolturale: otto anni di applicazione in Trentino*. Monti e Boschi, 5: 9-12.

BERTAGNOLLI A., MARESI G., AMBROSI P., CONFALONIERI M., 2000 - *Monitoraggio fitosanitario delle foreste trentine: manuale applicativo*. Dispensa per il Servizio Foreste. Trento: Provincia Autonoma di Trento, 67 pp.

BONINI I., BORETTI R., BUSSOTTI F., CENNI E., CHIARUCCI A., COZZI A., DE DOMINICIS V., FERRETTI M., LANDI G., LEONZIO C., VIGNOZZI G., 2002 - *Il programma MONITO e la sua rilevanza per la comprensione dei cambiamenti ambientali e la gestione degli ecosistemi forestali in Toscana*. Atti del Workshop nazionale "Monitoraggio dello stato fitosanitario delle foreste. Esperienze a confronto". Firenze, 12 aprile 2002. Quaderno Arsia 2/2002.

CONSORTI V., 2001 - *Il GIS in ambiente Internet: architetture, applicazioni e servizi*. MondoGIS, 27: 15-20.

CONSORTI V., 2003 - *Architetture Hardware, Software e di Rete per servizi ed applicazioni GIS oriented*. MondoGIS, 35.

FLANAGAN D., 2002 - *JavaScript versione 1.5. La guida*. Apogeo srl. 797 pp.

GREEN D., BOSSOMAIER T., 2002 - *Online GIS and Spatial Metadata*. Taylor & Francis.

GUIDOTTI A., 2002 - *Il monitoraggio fitosanitario delle foreste*. Quaderno ARSIA; 2/2002.

INNES J., 1993 - *Forest health: Its Assessment and Status*. CAB International, Wallingford.

JANKOWSKI P., NYERGES T., 2001 - *Geographic Information Systems for Group Decision Making*. Taylor & Francis.

KORTE G., 2001 - *The GIS Book. 5th edition*. On Word Press.

MORRISON K.W., PURVES R.S., 2002 - *Customizable landscape visualizations. Implementation, application and testing of a web-based tool*. Computers, Environment and Urban Systems. pp. 163-183.

OSTWALD M., 2002 - *GIS-Based Support Tool System for Decision-Making Regarding Local Forest Protection: Illustrations from Orissa, India*. Environmental Management Vol. 30, N 1, pp. 35-45. Springer-Verlag New York Inc.

SALVADORI C., MARESI G., AMBROSI P., 2002 - *Monitoraggio fitopatologico delle foreste in ambiente alpino: il modello trentino*. Atti del Workshop nazionale "Monitoraggio dello stato fitosanitario delle foreste. Esperienze a confronto". Firenze, 12 aprile 2002. Quaderno Arsia 2/2002, pp. 59-65.

SALVADORI C., VALENTINOTTI R., AMBROSI P., 2002 - *Statistical analysis and application of geographic information systems for management of the pine processionary caterpillar*. Atti delle "II Giornate di studio - Metodi numerici, statistici e informatici nella difesa delle colture agrarie e delle foreste: ricerca e applicazioni", Pisa, 20-23 maggio 2002.

PRINCIPALI SITI E PAGINE WEB VISITATE

<http://agdc.usgs.gov/data/projects/fhm/>

<http://freegis.org/>

<http://gistoolkit.sourceforge.net/>

<http://jakarta.apache.org/tomcat/index.html>

<http://postgis.refractor.net>

<http://sra.itc.it/people/napolitano>

<http://www.cross-browser.com/>

<http://www.geodataresources.on.ca/webgis/>

<http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/techg071a.htm>

<http://www.gnu.org/copyleft/lesser.html>

<http://www.mokabyte.it/>

<http://www.mysql.com/>

<http://www.opengis.org/>

<http://www.vividolutions.com/jts/jts/home.htm>

<http://www-lia.deis.unibo.it/Courses/AlmaWebCorradi/>

Kuroiwa K., Sobue S., Ochiai O., 2002.

FOREST MONITORING

PROTOTYPE SYSTEM

USING WEB. www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/sps/301.pdf

Riassunto

L'obiettivo del lavoro presentato è la realizzazione di un WEBGIS per il monitoraggio estensivo delle foreste trentine. Dopo una prima fase di analisi della metodologia attualmente adottata per la gestione dei dati, si è passati all'individuazione di una serie di miglioramenti ottenibili attraverso l'informatizzazione dei processi con l'ausilio di un sistema GIS su base Internet. Sulla base di software libero è stato poi sviluppato, con tecnologia Java, il prototipo "Forest Health WebGIS" che permette di popolare un database relazionale centralizzato all'interno del quale sono memorizzate anche le informazioni spaziali (coordinate dei punti e poligoni) di ogni segnalazione. La nuova metodologia di gestione dell'informazione apre nuove possibilità di analisi sui dati mediante operatori spaziali, tipici dei sistemi GIS. Inoltre rende percorribile la strada dell'analisi di immagini da satellite nella speranza di individuare firme spettrali in grado di caratterizzare le diverse tipologie di danno.

Summary

The aim of the introduced job is the realization of a WEBGIS for the extensive monitoring of the forests in the Province of Trento. After an analysis of the currently adopted methodology for the management of the data, a series of obtainable improvements through the informatization of the processes with the aid of a web-based GIS has been considered. On the base of "Open Source" software it has been developed the "Forest Health WebGIS" prototype using Java technology. The prototype allows to add data to a centralized database where also the spatial information (coordinates of the points and polygons) of every signalling of damage are included. The new methodology of management of the information offers new possibilities to analyze the data by spatial operators, who are typical of GIS. Moreover we suppose that the collected data could be used for the analyses of satellite images in the hope of individuation a spectral signature to characterizing the various typologies of damage.