

CONSIDERAZIONI SUGLI ERRORI NEL CALCOLO DELLA GEOREFERENZIAZIONE DIRETTA: INTERPOLAZIONE DEL DEM E CONTRODISTORSIONE DELL'OTTICA

Botond RÁDULY (*) (**), Claudio BELLI (***), Dario PAPAIE (*)

(*) DISAFRI, Università degli Studi della Tuscia – Viterbo, Via San Camillo de Lellis SNC, 01100 Viterbo (VT), Italia, tel: 0761357251 , fax, 0761357389 email: raduly@unitus.it; darpap@unitus.it

(**) Dept. of Tech. and Natural Sciences, Sapientia Hungarian University of Transylvania, Piata Libertatii nr.1, 530104 Miercurea Ciuc, HR, Romania, tel: (+40) 266 317121, fax: (+40) 266 372099, email: radulybotond@sapientia.siculorum.ro

(***) Terrasystem S.r.l., via Pacinotti, 5 01100 Viterbo, Italia, tel: 0761250626; email: c.belli@terrasystem.it

Riassunto

La georeferenziazione diretta (DG) delle immagini telerilevate da piattaforma aerea viene effettuata calcolando la posizione esatta dell'area ripresa da ogni pixel, usando le equazioni di collinearità. Gli input sono dati dai parametri di orientamento esterno ed interno del sensore nel momento della ripresa ed il DEM della zona fotografata. In teoria, dato un set di input, il calcolo di DG dovrebbe portare ad un'unica soluzione. In pratica però, diversi software capaci di fare DG ortoproiettano immagini leggermente diverse tra loro. Lo sfalsamento è dell'ordine di qualche pixel e non costante all'interno delle immagini. Questo lavoro dimostra che tali sfalsamenti sono dovuti a diversi metodi di interpolazione del DEM. Immagini processate con diversi software di DG sono state comparate al fine di mettere in evidenza le differenze geometriche. Le prove dimostrano che i software commerciali lavorano con blocchi d'immagine invece di trattare il DEM pixel-by-pixel, causando così una discontinuità matematica al confine dei blocchi d'immagine ed introducendo spostamenti di ordine di qualche pixel.

Abstract

The direct georeferencing (DG) of aerial photographs uses the so called collinearity equations to calculate the position of the area seen by each pixel of the airborne sensor. The input of this calculus are the parameters of internal and external orientation of the sensor, together with the DEM of the photographed area. In theory, for a given set of inputs, the DG calculus should result in a unique solution. In practice, however, different DG software produce slightly different georeferenced images, the difference being of order of few to several pixels usually, not uniformly distributed over the image's area. In this work the source of the above mentioned errors is identified as being the interpolation method of the DEM. Images processed with three different DG-capable software are compared in order to show the geometrical differences. The results show that commercial software work with image blocks instead of pixel-by-pixel processing, introducing mathematical discontinuities at the border of image blocks, and consequently errors.

Georeferenziazione diretta

La DG è una georeferenziazione effettuata direttamente usando informazioni acquisite a bordo del veicolo di volo. Si tratta di un processo complesso che coinvolge acquisizione, sincronizzazione, integrazione e trasformazione dei dati di navigazione, ed il processamento dei dati. Questa catena di operazioni è soggetta a molti errori che poi influiscono sulla qualità globale del processo di DG.

Fattori di questo tipo sono per esempio l'accuratezza delle misurazioni, la determinazione della posizione e degli angoli di rotazione, le caratteristiche dei sensori, etc. L'accuratezza dei parametri di orientamento esterno dipende quindi dalla posizione e sincronizzazione dei sensori, dall'inizializzazione e dalla calibrazione del sistema (Skaloud, 1999; Skaloud 2006). L'imprecisione della DG dovuta a questi fattori e' quindi cosa nota e studiata. Questo lavoro invece considera solamente gli errori di calcolo che possono derivare nella fase di processamento dell'immagine.

Presupponiamo quindi di avere un set di input per il calcolo di DG, composto dai parametri di orientamento interno (distanza focale dell'obiettivo, dimensioni sensore, dimensioni pixel, spostamento punto principale, parametri di distorsione dell'ottica utilizzata), parametri di orientamento esterno (le coordinate X, Y e Z del sensore al momento della presa, insieme agli angoli di rotazione acquisiti tramite un sistema inerziale IMU). Visto che non vengono trattati gli errori di misurazione, considereremo in questo articolo che gli angoli di rotazione siano stati precedentemente convertiti nel formato fotogrammetrico (Ω , Φ , k), così come le coordinate GPS, solitamente acquisite nel sistema di riferimento ECEF, siano state convertite in coordinate UTM (est, nord) (Bäumker and Heimes, 2001). Questo set di parametri è sufficiente per calcolare esattamente le coordinate dell'area a terra ricadente in ciascun pixel del sensore. Per il calcolo si utilizzano le equazioni di collinearità, prima "top-down" per calcolare l'ingombro atteso dell'immagine a quota zero, poi per questo ingombro si applicano le equazioni di collinearità "bottom-up" (equazioni[1],[2]) per ottenere l'ortofoto. Praticamente per l'ingombro atteso si crea una matrice vuota che possiamo considerare come un grigliato poggiato al suolo con una risoluzione geometrica che sarà dipendente dalla quota di volo rispetto alla linea del terreno. Per ogni maglia di questa griglia (pixel) si ricava la quota Z, noto il DEM, poi con le equazioni [1] e [2] si calcola la posizione di ogni maglia sul piano immagine (pixel del sensore). Verificato questo, si attribuisce (secondo diversi metodi di ricampionamento, di solito nearest neighbour, bilinear o bicubic) alla maglia il valore DN del pixel del piano immagine (o della media di un numero di pixel attorno al punto).

$$x = -f \frac{m_{11}(X - X_L) + m_{12}(Y - Y_L) + m_{13}(Z - Z_L)}{m_{31}(X - X_L) + m_{32}(Y - Y_L) + m_{33}(Z - Z_L)} + x_0 + x_d \quad [1]$$

$$y = -f \frac{m_{21}(X - X_L) + m_{22}(Y - Y_L) + m_{23}(Z - Z_L)}{m_{31}(X - X_L) + m_{32}(Y - Y_L) + m_{33}(Z - Z_L)} + y_0 + y_d \quad [2]$$

dove: x, y – coordinate pixel
 x_0, y_0 – spostamento punto principale
 x_d, y_d – spostamento dovuto alla correzione dei distorsioni (se conosciuto)
 f – distanza focale della ottica usata
 $m_{11}...m_{33}$ – elementi della matrice di rotazione (Michail et al., 2001)
 X, Y, Z – coordinate del punto a terra
 X_L, Y_L, Z_L – coordinate del sensore

I parametri x_d ed y_d sono relativi allo spostamento del pixel dovuto alle distorsioni radialsimmetriche e non simmetriche tangenziali dell'ottica utilizzata e non figurano nelle equazioni qualora l'immagine sia già stata corretta per questo tipo di distorsioni (immagine contro distorta).

Differenze geometriche dovuto all'interpolazione del DEM

Visto che il calcolo di DG deriva semplicemente dalla sostituzione dei parametri di entrata nelle equazioni di collinearità applicate in modo iterativo ad ogni pixel, in teoria dato un set di parametri di input come precedentemente descritto, si dovrebbe giungere ad un risultato di calcolo univoco a prescindere dal software utilizzato. In pratica, invece, se si processa un'immagine con diversi

software di DG, utilizzando gli stessi parametri di entrata, si ottiene sempre un'ortofoto geometricamente diversa. Per mettere in evidenza queste differenze, sono state comparate fra di loro immagini ottenute con tre diversi software di georeferenziazione. I tre software utilizzati sono PCI Geomatica 9.1.6 (PCI Geomatics), Z-map 3.5.5.0 (Mencisoftware) ed il terzo sviluppato nell'ambito del progetto CET-DOCUP promosso dal DISAFRI, Università degli Studi di Tuscia dedicato al processamento delle immagini multispettrali del nuovo sensore aereo multispettrale ASPIS-2. In figura 1 è mostrata la sovrapposizione in semitrasparenza dei risultati ottenuti con i 3 software per una porzione di ortofoto dove è possibile notare che le differenze nel posizionamento dei singoli pixel non è costante sull'immagine ed è dell'ordine di 1-3 pixel.



Fig.1: Ingrandimento di un'area visualizzata in semitrasparenza su 3 ortofoto sovrapposte (ottenute con i 3 software citati nel testo) per mettere in evidenza le differenze geometriche. Come si vede, l'errore di calcolo è dell'ordine di qualche pixel, non costante sulla superficie dell'immagine. Nell'angolo basso a sinistra dell'area ingrandita non si vedono differenze significative, mentre nella parte centrale si trovano spostamenti visibili.

Per trovare la causa di tali scostamenti, sono state fatte diverse prove variando il metodo di interpolazione del DEM al fine di ricavare la quota dei pixel delle ortofoto. In questi ultimi anni infatti, grazie alla nascita di nuovi sensori aerei digitali ad alta risoluzione (Papale et al., 2008), ci si trova spesso nella condizione di avere risoluzioni di immagini acquisite molto più alte rispetto a quelle dei DEM disponibili ed a basso costo, che quindi necessitano di interpolazione bidimensionale per poter ricampionare il DEM alla stessa risoluzione dell'immagine. Senza questa interpolazione, infatti, serie di pixel dell'immagine ricadenti all'interno dello stesso pixel del DEM avrebbero associata sempre la stessa quota, con la conseguenza di creare discontinuità geometrica ai confini dei pixel del DEM. Questa interpolazione però è molto laboriosa, e rallenta il calcolo di DG. I software commerciali, per evitare il problema, di solito utilizzano un approccio semplificato che non prevede il ricampionamento di tutto il DEM alla risoluzione dell'immagine ma solo delle aree marginali dei pixel del DEM (Fig.2). Questo metodo di calcolo, però, oltre a causare una

discontinuità matematica come sopra riportato, introduce spostamenti che possono variare da zero, fino a qualche pixel. Non si ha alcun spostamento solo nel caso in cui si ha una superficie piatta (o per porzioni d'immagini dove il DEM risulta tale), mentre aumenta al crescere delle differenze di quota tra i pixel. Il software del DISAFRI calcola invece la quota pixel-by-pixel, restituendo un'immagine geometricamente continua. Si deve precisare, che i dati interpolati non riflettano la realtà, quindi non si può affermare che l'approccio di interpolazione pixel-by-pixel sia maggiormente corretto. Si può comunque asserire che tale approccio matematicamente risulta essere preferibile, visto che con l'interpolazione si cerca di sostituire dati mancanti. Lo svantaggio di tale procedura è l'impiego massiccio di memoria RAM, e il rallentamento del calcolo DG. Si fa notare comunque, che il tempo maggiore di processamento è dell'ordine di alcuni secondi considerando l'elaborazione di un'immagine di 6 MPixel lavorando in ambiente MATLAB, processore P4 3.6 GHz.

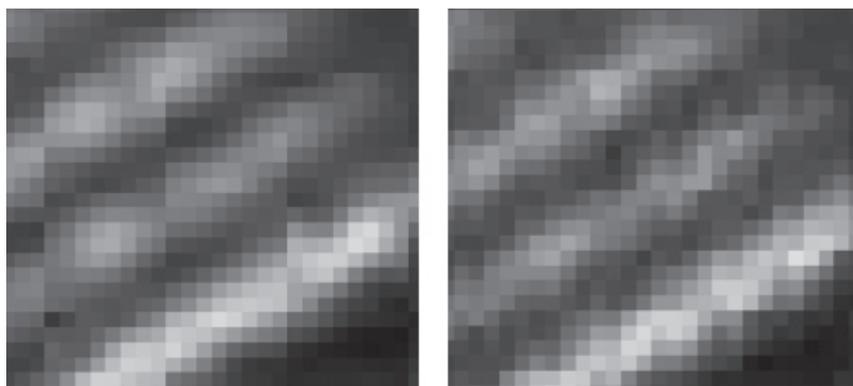


Figura 2. Ingrandimento di un pezzo di una ortofoto generata con Z-map (sinistra) e con il software DISAFRI (a destra). Nel primo caso si vede l'effetto di interpolazione DEM a blocchi (discontinuità verticali ogni 8 pixel)

La prova che tali scostamenti siano effettivamente dipendenti dall'interpolazione del DEM si è avuta ortoproiettando un'immagine con disegnata una griglia utilizzando un DEM piatto e un DEM con variazioni di quota. I diversi software hanno dato risultati identici per il DEM piatto e diversi, secondo la teoria sopra esposta, per il DEM con variazioni di quota. Usando il DEM piatto, i rettangoli si sovrappongono perfettamente, mentre usando un DEM con variazioni di quota si introducono in alcune aree spostamenti significativi (Fig.3). Si precisa che per evitare la sovrapposizione di eventuali effetti secondari tali prove sono state effettuate non utilizzando i parametri di contro distorsione, che verranno trattati nel paragrafo successivo.

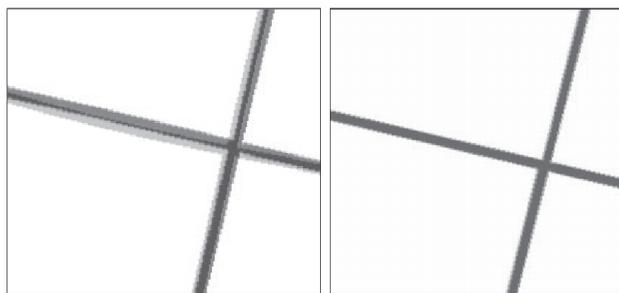


Figura 3. Ortofoto generate con diversi software, usando DEM a quote variabili (sinistra) e DEM piatto (destra). Senza variazioni di quota le immagini si sovrappongono perfettamente

Errori di calcolo dovuti alla controdistorsione

Sotto il termine di controdistorsione si intende la correzione delle distorsioni radial-simmetriche e tangenziali dell'ottica impiegata per la ripresa. Esistono diversi modelli di controdistorsione che portano allo stesso risultato (Brown, 1971; Weng et al., 1992, Michail et al., 2001). In ogni caso lo spostamento necessario per la correzione dell'immagine viene espresso tramite le componenti x_d ed y_d , come si vede anche nelle equazioni [1] e [2]. In teoria quindi anche la correzione delle distorsioni dovrebbe dare stessi risultati nel processo di DG. In pratica però il modo con il quale viene inserito il calcolo di controdistorsione nel processo di calcolo di DG può causare spostamenti di 1-1.5 pixel. Infatti, una volta calcolati i valori delle componenti x_d ed y_d , per correggere l'immagine si effettua il suo ricampionamento (*mapping*). Il processo di *mapping* consiste nel trasferire i pixel di un'immagine in un'altra immagine, calcolando la nuova posizione-pixel. Questa posizione assoluta viene poi arrotondata al più vicino numero intero.

Se consideriamo la controdistorsione nel calcolo di DG, possiamo avere diversi situazioni:

- (1) l'immagine viene prima controdistorta, poi viene ortoproiettata. In questo caso esiste il rischio del doppio arrotondamento, il primo al ricampionamento della controdistorsione, il secondo relativo al ricampionamento dell'ortoproiezione;
- (2) lo spostamento risultante dalla controdistorsione viene incluso nelle equazioni di collinearità (prendendo la forma delle equazioni [1] e [2]), e quindi facendo un solo ricampionamento e di conseguenza un solo arrotondamento.

La dimensione dell'effetto del doppio arrotondamento si può capire dal seguente esempio: se dalla controdistorsione ci risulta lo spostamento di un certo pixel, pari a $x_d = 1.6$ pixel, per effetto dell'arrotondamento questo diventerà di 2 pixel. Nel ricampionamento dell'ortoproiezione si parte da un errore geometrico di quel pixel di + 0.4 pixel, che sommato ad un eventuale arrotondamento di pari entità porta ad un errore complessivo che può arrivare a un totale di 0.999 pixel. Tenendo conto che ci sono due diversi standard di riferimento di attribuzione coordinata pixel (centro pixel, o angolo pixel), si potrebbe aggiungere una differenza di un ulteriore mezzo pixel, per quindi arrivare ad un errore totale di 1.5 pixel. Per evitare l'effetto del doppio arrotondamento e minimizzare l'errore si dovrebbe optare per la situazione descritta al punto 2 come è implementato nel software di DG del DISAFRI.

Conclusioni

Questo lavoro mostra come diversi software di DG restituiscono risultati talvolta difforni geometricamente partendo da uno stesso set di dati di input. I risultati dimostrano che le cause di errore sono riconducibili al metodo con cui viene calcolato il valore della quota dall'area relativa ad ogni singolo pixel (i.e. il metodo di interpolazione del DEM) e quello con il quale viene integrato il calcolo di controdistorsione all'interno del processo di calcolo di DG. E' stato dimostrato che l'approccio "più corretto" per il calcolo della quota è quello di effettuare un'interpolazione 'completa' del DEM, in modo da ottenere stessa risoluzione tra DEM e ortofoto, evitando di creare discontinuità sull'immagine ortoproiettata dovuta all'interpolazione 'parziale'. Oltre questo si evidenzia l'importanza di integrare correttamente la routine di controdistorsione nel calcolo di DG per evitare un doppio arrotondamento della posizione del pixel dovuta al doppio processo di ricampionamento.

Riferimenti bibliografici:

Bäumker, M. and Heimes, F.-J. (2001), "New Calibration and Computing Method for Direct Georeferencing of Image and Scanner Data Using the Position and Angular Data of an Hybrid Navigation System". *Proceedings OEEPE-Workshop Integrated Sensor Orientation, Hannover, 17.-18. Sept. 2001.*

Brown, D.C.(1971): Close-range camera calibration. *PE&RS*, Vol. 37(8), pp.855-866

Mikhail E.M., Tehel J.S. and McGlone J.C. (2001), *Introduction to modern photogrammetry*. John Wiley & Sons,Inc, ISBN 0-471-30924-9

Papale, D., Belli, C., Gioli, B., Miglietta, F., Ronchi, C., Vaccari, F.P., Valentini, R. (2008), " ASPIS, A Flexible Multispectral System for Airborne Remote Sensing Environmental Applications". *Sensors*, (8), pp. 3240-3256

Skaloud J. (1999), "Problems in Direct-Georeferencing by INS/DGPS in the Airborne Environment", *Invited Paper, ISPRS Workshop on 'Direct versus Indirect Methods of Sensor Orientation' WG III/1, Barcelona 25-26,, 1999*

Skaloud. J. (2006), "Reliability of Direct Georeferencing Phase 1: An Overview of the Current Approaches and Possibilities., checking and Improving of Digital Terrain Models / Reliability of Direct Georeferencing." *Technical report. EuroSDR Official Publication 51*, pp. 143-168.

Weng, J., Cohen, P. and Herniou, M. (1992), "Camera calibration with distortion models and accuracy evaluation". *IEEE Trans. on PAMI*, Vol. 14(10), pp. 965-980

PROGETTO CORSI D'ACQUA BIELLESI CREAZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO PROVINCIALE

Vera RAMON (*), Andrea ARDITO (**),
Sergio BASSANO (***), Davide CODA (***)

(*) Laureanda in Ing. per l'Ambiente e il Territorio presso il Politecnico di Torino e volontaria del Servizio Civile presso Provincia di Biella, Settore Pianificazione e Sicurezza del Territorio,
e-mail: vera.ramon@provincia.biella.it

(**) Provincia di Biella, Settore Pianificazione e Sicurezza del Territorio,
Sistema Informativo Territoriale Ambientale

(S.I.T.A.), Via Quintino Sella, 12 - 13900 - Biella, tel. 0158480880, fax 0158480740,
e-mail: sita@provincia.biella.it

(***) Provincia di Biella, Settore Pianificazione e Sicurezza del Territorio, Servizio Difesa del Suolo,
Protezione Civile, Attività Estrattive, Via Q. Sella, 12 - 13900 - Biella, tel. 0158480810,
e-mail: difesa.suolo@provincia.biella.it

Riassunto

Il progetto, maturato nell'ambito delle politiche di qualificazione e di miglioramento delle condizioni di sicurezza dei corpi idrici naturali e artificiali, ha riguardato la costruzione di una banca dati idrografica relativa al territorio della Provincia di Biella.

In via preliminare sono state condotte le seguenti attività:

- la ricostruzione del quadro dei soggetti titolari di competenze riguardanti i corsi d'acqua;
- la raccolta delle informazioni dalle fonti disponibili quali il sistema informativo nazionale ambientale (SINA), il sistema informativo delle risorse idriche della Regione Piemonte (SIRI), i piani regolatori comunali, le informazioni catastali e la documentazione tecnica allegata alla normativa in materia;
- l'individuazione di un reticolo provinciale da assumere come unico riferimento.

Successivamente è stato avviato un confronto tra le istituzioni competenti (Regione Piemonte, Provincia di Biella, Arpa, Autorità di bacino del fiume Po, Comunità Montane, Comuni, ecc.) per definire una codifica univoca e un'anagrafica condivisibili.

A partire dalle informazioni raccolte è stato prodotto un grafo orientato dei corsi d'acqua, che ha consentito la gestione dei singoli tratti fluviali, individuandone il verso di percorrenza ed evidenziando le discordanze toponomastiche tratto per tratto.

E' stata utilizzata la tecnica della *dynamic segmentation* che fornisce la possibilità di trattare il singolo corso d'acqua come un unico elemento lineare dalla sorgente allo sbocco o alla confluenza, associando a qualsiasi arco di cui è composto tutte le informazioni descrittive necessarie.

E' stato così possibile produrre una banca dati strutturata sul modello del *geodatabase*, popolata con informazioni riguardanti la rete artificiale canalizzata e la rete di drenaggio superficiale soprattutto per quanto riguarda gli aspetti toponomastici.

Abstract

The project, has set as objective the qualification and the improvement of the safety conditions of the natural and artificial watercourses and the construction of a hydrographic database related to the territory of the Biella's county.

A first cognitive activity has concerned:

- a census of the subjects who have different competences of water resources;

- the harvest of the toponymy from different sources, like as national, regional and provincial territorial information system, urban planning, catastral information and technical documentation attached to the normative;
- the individualization of a provincial hydro-network to be assumed as unique reference.

In this way it has also started a comparison with the different authority of the water resources (Piedmont Region, County of Biella, ARPA, Authority of basin of the River Po (AdBPo), etc) to define an univocal coding.

Beginning from the picked information, it has been created a first layout of the hydro-network, so that to manage the whole connected arcs through hydro-junctions (the nodes at the confluences), also underlining the discordances of the toponymy "arc by arc".

It's been used the technique of the dynamic segmentation, by the linear referencing tool, with the possibility to manage the single river as an only linear element from the source to the end or to the confluence, associating different types of attribute to every arc of the principal stream, without changing its geometric structure.

So it has been possible to produce a geodatabase structure, populated with various information concerning the artificial and the superficial stream network, above all as it regards the aspects about of the toponymy.

Introduzione

La storia e la geografia del biellese affidano all'acqua, ai fiumi e ai torrenti un ruolo importante nell'evoluzione degli insediamenti residenziali e produttivi. Per il territorio l'acqua è senz'altro una delle risorse principali ma è tradizionalmente anche uno dei maggiori fattori di rischio potenziale in caso di calamità dovute ad eventi meteorologici. In questi casi è fondamentale agire con una solida base di conoscenza, sia nell'emergenza, sia nell'impostare azioni e programmi d'intervento volti al miglioramento della sicurezza nel tempo ordinario. L'esperienza ha fatto emergere dunque la necessità di dotarsi di conoscenze e strumenti specifici sul sistema dei corsi d'acqua, le loro pertinenze e i bacini di riferimento.

Queste motivazioni hanno condotto l'Amministrazione Provinciale a pensare e predisporre il presente progetto, che ha come obiettivi generali quelli di approfondire la conoscenza sui corsi d'acqua, fissarne la memoria all'interno del Sistema Informativo Territoriale dell'Ente e, attraverso le tecniche e gli strumenti a disposizione del sistema, renderlo disponibile per la consultazione e l'analisi.

Il progetto ha quindi definito una proposta operativa per strutturare questa conoscenza in informazione geografica, più precisamente in un grafo dell'idrografia, connesso in archi-nodi e riportante al suo interno le informazioni descrittive relative alla denominazione delle aste e alle caratteristiche fisico-idrologiche.

Il programma del lavoro di revisione-implementazione è stato organizzato nelle seguenti fasi:

- 1- ANALISI dei requisiti funzionali ed informativi, delle risorse disponibili e delle fonti in nostro possesso;
- 2- MODELLIZZAZIONE: prima proposta operativa;
- 3- STRUTTURAZIONE E CODIFICA: progetto di database geografico e relazionale, e sperimentazione di un prototipo su un'area di prova;
- 4- IMPLEMENTAZIONE: creazione effettiva del *geodatabase* in seguito a test e valutazione dei risultati sull'area di prova.

Modalità di lavoro

Fase 1 – ANALISI

L'analisi del patrimonio informativo esistente riguardo al reticolo idrografico provinciale è stato condotto tenendo presente l'obiettivo di ottenere un unico grafo dei corsi d'acqua.

La ricostruzione di un quadro dei soggetti competenti ha fornito anche un vasto repertorio di dati di partenza:

- la Regione Piemonte, con il contributo del CSI Piemonte, ha fornito il reticolo regionale “dbprior10k livello zero”, strutturato secondo le specifiche tecniche “Intesa Gis” e ricavato dalla CTR 1:10.000 eliminando i corsi d’acqua con lunghezza inferiore ai 500 metri e i rami secondari non significativi;
- la Provincia ed i Comuni biellesi hanno fornito le informazioni derivanti dal Catasto Terreni e dai piani regolatori;
- mappe a scale diverse sono state fornite da Consorzi di bonifica e gestione dei canali irrigui del comprensorio biellese e vercellese;
- inoltre sono stati analizzati moltissimi altri dati a varia scala (ortofoto, grafi, tabelle ed elenchi, anche allegati alla normative), ma spesso incongruenti tra loro, riguardanti sempre l’idrografia provinciale.

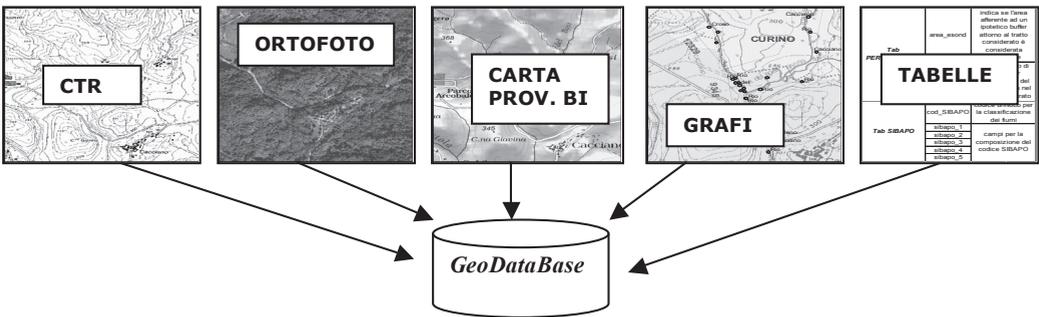


Fig. 1 – Creazione banca dati

Fase 2 – MODELLIZZAZIONE

Sulla base di tali informazioni è stato realizzato un modello concettuale e logico del database per ottenere un grafo dell’idrografia disaggregabile in corsi d’acqua principali, secondari e minori per quanto riguarda i corpi idrici superficiali naturali, e in rete artificiale comprendente invece i canali irrigui e/o di bonifica.

E’ stata quindi definita una comune base di dati confrontabili tra loro, successivamente modificata evidenziando le incongruenze riscontrate nell’attribuzione delle denominazioni e dei passaggi.

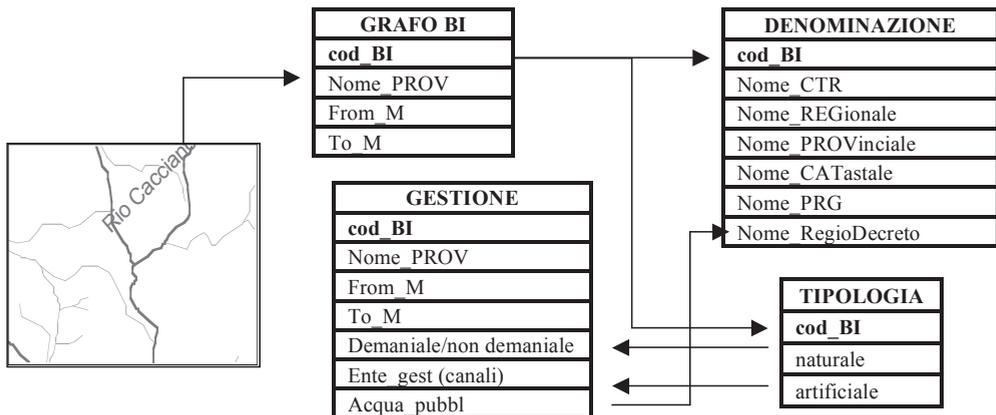


Fig. 2 – Modello di lavoro

Fase 3 – STRUTTURAZIONE E CODIFICA

Il modello ha evidenziato la necessità di codificare *ex-novo* i corsi d'acqua, analizzando e verificando l'inadeguatezza delle diverse codifiche esistenti. Per esempio la codifica definita dal Sistema Informativo dell'Autorità di Bacino del Fiume Po (SIBAPO), si basa sull'ordinamento gerarchico del reticolo idrografico ed è un metodo di codifica coerente con le prescrizioni normative in vigore, ma è incompleta dal punto di vista della presenza effettiva nelle banche dati del corso d'acqua ad essa associato.

La codifica proposta è stata quindi ottenuta a partire dallo scheletro della codifica SIBAPO e sarà oggetto di un confronto con gli altri Enti competenti, verificandone l'effettiva funzionalità alle diverse esigenze. Il risultato della codifica non è al momento completo, e ciò ha reso necessario procedere alla realizzazione del reticolo usando come riferimento univoco il nome provinciale associato al corso d'acqua, mantenendo anche il codice derivante dal SIRI.

I codici dei corsi d'acqua principali (Po, Sesia, Dora Baltea) da cui derivano quelli degli altri fiumi e torrenti afferenti alla provincia di Biella, sono stati mantenuti come "codice SIBAPO" fino al II ordine:

- il Po, di ordine I, deriva infatti da un censimento nazionale che ha assegnato i codici a tutti i bacini e corsi d'acqua considerati nazionali;
- i corsi di ordine II affluenti del Po sono già codificati SIBAPO (di nostro interesse il *Sesia* '087' e la *Dora Baltea* '032') a livello regionale.

Dal III ordine in poi si è resa necessaria quindi una nuova codifica univoca, da usare al livello di dettaglio provinciale. Sono stati previsti tre caratteri per i corsi di gerarchia III e IV e due caratteri per le gerarchie superiori sino alla decima, strutturando i campi delle tabelle degli attributi in modo da avere la possibilità di aggiungerne eventualmente altri, nell'eventualità di dover codificare un corso d'acqua di gerarchia superiore alla decima. Ciascun elemento del codice viene assegnato per numerazione speditiva del corso d'acqua, da valle verso monte e all'interno del bacino che gli compete.

Per esempio, per il Rio Cacciano la codifica risultante è: 001.087.004.022.20.00.00.00.00.00

denominazione	ordine idrografico	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Fiume PO	I	001	000	000	000	00	00	00	00	00	00
Fiume SESIA	II	001	087	000	000	00	00	00	00	00	00
Torrente CERVO	III	001	087	004	000	00	00	00	00	00	00
Torrente OSTOLA	IV	001	087	004	022	00	00	00	00	00	00
Rio CACCIANO	V	001	087	004	022	20	00	00	00	00	00

Tabella 3 – Esempio di codifica biellese

Fase 4 – IMPLEMENTAZIONE

E' stato così possibile passare alla sperimentazione di tale modello in un prototipo di *database*.

Si tratta di un *geodatabase* strutturato in *feature datasets*, *tables* e *relationship classes* popolato in base alle *features* e agli attributi di interesse.

Il test ha rappresentato la realizzazione di un primo *reticolo idrografico biellese*, ottenuto per composizione di elementi geografici riguardanti corsi d'acqua naturali principali, corsi d'acqua naturali secondari, rete dei tributari minori, canali principali, canali secondari e condotte forzate.

Le entità del reticolo idrografico e dei relativi attributi si basano sulla codifica illustrata in precedenza e sono state organizzate in classi distinte con relazioni e regole di comportamento tra esse (*domains*, *subtypes*, *relationships*, *topology rules*).

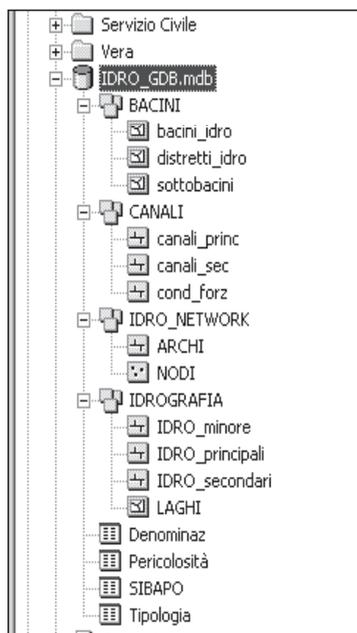


Fig. 4 - Geodatabase

Per quanto riguarda la rete dei corsi d'acqua principali essi sono stati scelti selezionando dal reticolo idrografico regionale (*dbprior10k*) i corsi d'acqua della provincia di Biella considerati significativi e di rilevante interesse ambientale in base al D.Lgs. 152/99 inerente le disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento.

Per quanto riguarda la rete dei corsi d'acqua secondari sono stati scelti tutti quei corsi tributari dei corsi d'acqua principali, con o senza denominazione, presenti anch'essi nel reticolo regionale ufficiale ma non considerati come principali.

Per quanto riguarda la rete dei tributari minori sono stati considerati tutti gli altri corsi d'acqua non presenti nel reticolo regionale del *dbprior10k*, con o senza denominazione catastale e di scorrimento incerto, presenti al tratto sulla CTR o derivabili da fonti catastali, da ortofotocarte e da vari rilievi sul territorio, specificando comunque in ogni caso la fonte del dato.

Per quanto riguarda la rete dei canali, vista la difficoltà di identificare con certezza gli archi appartenenti a ciascun canale sono stati considerati principali quelli appartenenti ad una banca dati esistente, mentre tutti gli altri, a causa dell'elevato grado di incertezza del loro scorrimento, considerati canali secondari.

Per quanto riguarda le condotte forzate ci si è basati su banche dati dei soggetti gestori, dove esistenti.

Il passo successivo è stato la creazione di una *network* a partire dalla base dati creata nel *geodatabase*, strutturata come grafo orientato. Ciò consente di gestire l'insieme di archi (che uniti dalla stessa codifica rappresentano appunto i corsi d'acqua naturali o artificiali) connessi fra loro tramite nodi, di individuarne il verso di percorrenza e di evidenziare le discordanze toponomastiche tratto per tratto.

La *network* è stata poi arricchita con l'inserimento di tabelle (*event tables*) correlate al grafo tramite le *relationship classes*.

Risultati

Questo modello di dati consente una gestione più efficiente delle informazioni sui corsi d'acqua, con notevoli vantaggi. Ad esempio, utilizzando la tecnica della *dynamic segmentation* attraverso la definizione delle *routes* con i *tools* del *linear referencing*, possono essere associati attributi a più archi oppure a una parte di arco senza dovergli cambiare la struttura fisica, nel caso che la *route* sia definita solo su una porzione di esso, semplificando così l'acquisizione dei dati.

Inoltre, i dati relativi ad un reticolo idrografico, quali lo *stato* del corso d'acqua, la *tipologia*, la *gerarchia*, gli *attributi qualitativi*, etc. possono essere tutti associati al medesimo grafo che rappresenta la rete fluviale. Le elaborazioni potranno poi essere implementate in continuo e ordinate nelle diverse *event tables* pre-organizzate in modo da permettere anche attività di supporto a diversi settori di competenza pubblica, qui di seguito riportati.

La Protezione Civile, perché i rischi legati alle dinamiche fluviali ed alla dinamica degli acquiferi sotterranei (falda freatica ed artesiana) sono fra quelli che interessano maggiormente il territorio della Provincia. Allagamenti, esondazioni e alluvioni, sono correlati inoltre al comparire di fenomeni di dissesto dei versanti. In occasione di simili eventi calamitosi il sistema dei corsi d'acqua è l'elemento critico principale per la funzione di raccolta e distribuzione della risorsa idrica

sul territorio e della componente di trasporto solido ad essa connessa. La toponomastica dei corsi d'acqua è fondamentale per approfondire la loro conoscenza, oltre che per consentirne una rapida individuazione e localizzazione cartografica.

La Difesa del Suolo, per consentire di ampliare l'indagine anche alle pertinenze della rete idraulica, poiché molto frequentemente il fiume dà il suo nome anche all'intorno e a tutto il bacino di raccolta delle sue acque. Inoltre una rete idrografica ben strutturata può essere utile:

- per il censimento delle future attività in prossimità di fiumi e torrenti (ad esempio gli interventi di bonifica delle sponde, la creazione di tabelle di pericolosità e di rischio esondazione, etc);
- per la definizione delle attività di manutenzione e di pronto intervento nei casi di dissesto;
- per l'applicazione di procedure individuate appositamente per la localizzazione e il monitoraggio delle infrastrutture idrauliche e la gestione delle aree idriche correlate alla cartografia esistente, come ad esempio il progetto "*Censimento Ponti Biellesi*", che prende spunto dal sistema di gestione della banca dati del SICOD (il Catasto delle Opere di Difesa della Regione Piemonte), implementato con altri dati utili a livello provinciale che deriveranno da dati rilevati direttamente in sito attraverso sopralluoghi appositamente effettuati.

La Tutela delle Risorse Idriche, per giungere ad una individuazione univoca delle aste fluviali attraverso gli idronimi. Questo risulta di estrema utilità nella gestione amministrativa e tecnica delle pratiche di autorizzazione e per l'individuazione dei tratti compresi nel Regio Decreto 1775/33 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici".

Mediante attività di monitoraggio e controllo delle acque si possono inoltre ottenere dati e informazioni sul loro stato ed impatto sul territorio, finalizzati alla realizzazione di piani e programmi, nonché interventi strutturali di tutela.

Bibliografia

Regione Piemonte – Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche (2007), "Piano di Tutela delle Acque", <http://www.regione.piemonte.it/acqua/pianoditutela/pianoditutela.htm>

Autorità di Bacino fiume Po (2006), "Caratteristiche del bacino del Po", <http://www.adbpo.it/>

Intesa GIS (2004), "Specifiche per la realizzazione dei Data Base Topografici di Interesse Generale", <http://www.intesagis.it/>

IGM (2004), "Linee guida per la normalizzazione dei nomi geografici", <http://www.igmi.org/pubblicazioni/toponomastica/index.php>

Maidment D.(2002), *ArcHydro: GIS for Water Resource*, University of Texas at Austin, <http://www.crwr.utexas.edu/gis/gishydro03/Presentations/ArcHydro.ppt>

INTEGRAZIONE GEOSTATISTICA TRA DATI DI CAMPO ED IMMAGINI SATELLITARI MULTI SPETTRALI PER IL RILIEVO BATIMETRICO IN AMBIENTI DI ACQUE BASSE

Giuseppe RASPA (*), Carlo INNOCENTI (**), Andrea TARAMELLI (**)(***),

(*) Università "Sapienza" di Roma, Dipartimento di Ingegneria Chimica Materiali, Ambiente.
Via Eudossiana 18 I -00184 Roma

(**) ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Via di Casalotti, 300 – 00166 Roma

(***) Lamont Doherty Earth Observatory of Columbia University, New York, USA

Riassunto

In questo lavoro è stata valutata quantitativamente l'integrazione di dati IKONOS, esenti per loro natura dai problemi di acquisizione legati alla bassa profondità del fondale relativa ai *multibeam*, con un numero ridotto di dati batimetrici rilevati sul campo. I dati disponibili hanno permesso di effettuare correlazioni e l'analisi variografica dei vari set di dati tramite tecniche statistiche multivariate. E' stata inoltre misurata l'influenza della profondità sulla correlazione spaziale tra le quote del fondale marino e le varie bande spettrali e sono state testate alcune metodologie geostatistiche che hanno permesso di stimare la batimetria a partire da un sottoinsieme dei dati *multibeam*, utilizzando i dati spettrali come variabili ausiliarie.

Abstract

Many tools exist for determining and mapping the bathymetry of shallow water. However, these tools often require time-consuming survey work to produce accurate maps. In particular, the large quantity of data necessary may be prohibitive for projects where determining bathymetry is not a central focus, but instead a necessary step in achieving some other goal. We present a method to produce bathymetric surface maps with a minimum amount of effort using an integration of IKONOS satellite data and multibeam bathymetry. We also demonstrate that this method is surprisingly accurate, given the small amount of data we use to generate the bathymetry maps.

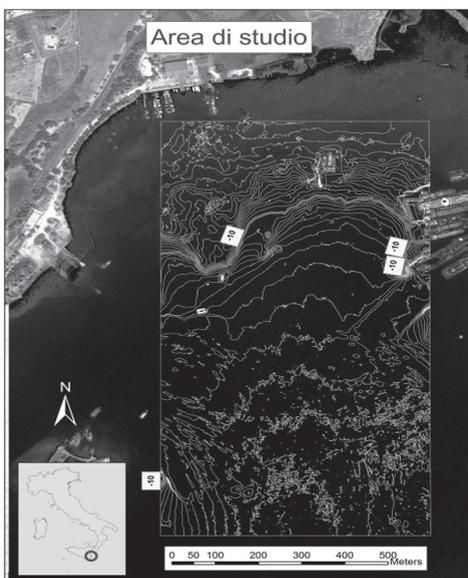


Figura 0: Area di studio

Introduzione

Le indagini batimetriche in ambienti di acque profonde sono oggi condotte quasi esclusivamente con strumentazione *multibeam*. Questa strumentazione permette di misurare la profondità molto fittamente in tutto il campo di indagine riducendo od eliminando la necessità di stimare la profondità nei punti non campionati.

Negli ambienti di acqua bassa tuttavia la produttività di tali strumenti si riduce notevolmente ed al di sotto di un certo battente d'acqua essi non possono operare. Se poi quelli indagati sono ambienti lagu-

nari, allora alla complessità vanno aggiunte le difficoltà di navigazione, l'estrema eterogeneità dei fondali e la mutevolezza dell'ambiente.

Lo scopo di questo studio è quello di investigare la possibilità di utilizzo delle immagini satellitari per integrare un numero ridotto di misure, eseguite con strumentazione *single beam*, per la stima della batimetria in ambienti di acqua bassa e lagunari.

Per questo studio è stata individuata un'area marina di circa 71 ha all'interno della Rada di Agusta con fondali compresi tra 20 m e 1.5 m di profondità (Figura 0). I dati utilizzati sono: *multibeam* su una griglia di celle 1x1 e immagine Ikonos nella banda del visibile e dell'infrarosso vicino (4 bande con risoluzione del pixel 4x4 m).

Metodologia

Come primo passo i dati di barimetria, su griglia 1x1 m, sono stati mediati su celle di dimensione 4x4 m per unificare il supporto con quello delle immagini Ikonos. Per analizzare l'influenza del battente d'acqua sulla correlazione tra bande e batimetria i dati sono stati divisi in cinque classi di profondità: (20 -16.5m; 16.5 - 15.7 m; 15.7 - 14.3 m; 14.3 - 7.5 m; 7.5 - 1.5 m) contenenti ciascuna circa 8700 valori, e per ciascuna sono state calcolate le correlazioni. I risultati mostrati in Figura 1 mostrano come le correlazioni siano trascurabili per le profondità maggiori, ma come diventino

	Blu	NIR	Rosso	Verde	Batimetria
Profondità 20 -16.5m					
Blu	1	0.3	0.21	0.28	-0.09
NIR	0.3	1	0.3	0.39	0.15
Rosso	0.21	0.3	1	0.16	-0.17
Verde	0.28	0.39	0.16	1	0.12
Batimetria	-0.09	0.15	-0.17	0.12	1
Profondità 16.5 -15.7m					
Blu	1	0.48	0.07	0.47	0.02
NIR	0.48	1	0.08	0.59	0.24
Rosso	0.07	0.08	1	0.07	0.01
Verde	0.47	0.59	0.07	1	-0.01
Batimetria	0.02	0.24	0.01	-0.01	1
Profondità 15.7 -14.3m					
Blu	1	0.36	0.29	0.42	0.22
NIR	0.36	1	0.24	0.64	0.25
Rosso	0.29	0.24	1	0.22	-0.01
Verde	0.42	0.64	0.22	1	0.32
Batimetria	0.22	0.25	-0.01	0.32	1
Profondità 14.3 -7.5m					
Blu	1	0.64	0.55	0.76	0.52
NIR	0.64	1	0.55	0.84	0.47
Rosso	0.55	0.55	1	0.55	0.35
Verde	0.76	0.84	0.55	1	0.62
Batimetria	0.52	0.47	0.35	0.62	1
Profondità 7.5 -1.5m					
Blu	1	0.63	0.85	0.94	0.83
NIR	0.63	1	0.84	0.66	0.49
Rosso	0.85	0.84	1	0.88	0.74
Verde	0.94	0.66	0.88	1	0.9
Batimetria	0.83	0.49	0.74	0.9	1

molto forti per le classi a profondità minore. In particolare, nella classe meno profonda, le correlazioni maggiori si riscontrano per la banda del verde e quella del blu, rispettivamente 0.9 e 0.83.

Dopo questa prima analisi lo studio si è focalizzato sulle profondità minori di 10 m.

In questa fascia di profondità è stato tenuto conto del rumore di fondo presente in una immagine multispettrale. Tale rumore è definito come la deviazione standard della riflettanza di un settore omogeneo di acque che può variare, ad esempio, in presenza di moto ondoso. Per poter eliminare tale rumore un filtro passa - basso 5×5 è stato applicato a tutte le 4 bande dell'IKONOS. L'immagine risultante è stata calcolata per capire la precisione e l'accuratezza per la stima dei parametri batimetrici. Il filtro ha prodotto una immagine che ha come effetto la riduzione del contrasto, con un valore medio di riflettanza di 0.0017.

La Figura 2 mostra gli *scatter plot* tra batimetria e bande che evidenziano una relazione di tipo non lineare.

Nella Figura 3 sono riportate le mappe delle 4 bande. Vi si nota nella parte centrale un ampio buco di informazione dovuto alla presenza di ostacoli.

Tutte e quattro le mappe evidenziano macroscopicamente due tipi di variabilità:

- delle strutture a piccola scala dell'ordine dei 10-20 metri che appaiono più accentuate nelle bande del blu e dell'infrarosso vicino;
- un *trend* avente pressappoco lo stesso andamento della batimetria che è più evidente nelle mappe del verde e del rosso.

Figura 1: Correlazioni Bande - Batimetria

La variabilità spaziale di un parametro $Z(x)$ è, come è noto, evidenziata e quantitativamente espressa dalla funzione geostatistica variogramma γ . Quest'ultima, per una coppia di punti nello spazio x e $x+h$, distanti h , è definita (Matheron, 1975; Chiles, Delfiner, 1999) come la semivarianza del corrispondente incremento della variabile in funzione della distanza:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x+h)-Z(x)] \quad [1]$$

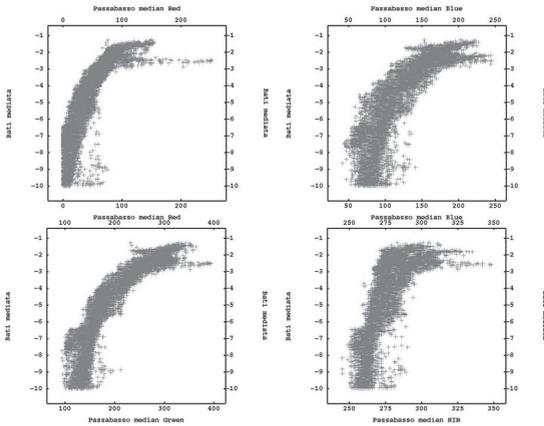


Figura 2: Scatter Plot tra batimetria e bande

Si è appena visto che le variabili oggetto dello studio, sia la batimetria che i *serial number*, presentano un *trend* molto netto e questo, in termini geostatistici, è il segno di una sistematica variazione della media $E[Z(x)]$, che non può essere considerata costante nemmeno localmente. In geostatistica la funzione che descrive l'andamento (non costante) di $E[Z(x)]$ è normalmente chiamata *drift*. Il termine *trend* si usa più specificamente per indicare una sua progressiva variazione, come nel presente caso.

Quando $E[Z(x)]$ non può essere considerata costante, nemmeno localmente, la funzione $\gamma(h)$ diviene:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E\{[Z(x+h)-Z(x)]^2\} - \frac{1}{2} \{E[Z(x+h)-Z(x)]\}^2 \quad [2]$$

Per tale motivo i variogrammi sperimentali calcolati coi dati grezzi (Figura 4) non stimano il variogramma di $Z(x)$, ma il primo termine di destra dell'espressione precedente, cioè la somma del variogramma di $Z(x)$ e del quadrato dell'incremento del *trend*, quest'ultimo senz'altro dominante sul primo. L'andamento simile dei suddetti variogrammi indica comunque che le bande esibiscono un *trend* riconducibile a quello della batimetria.

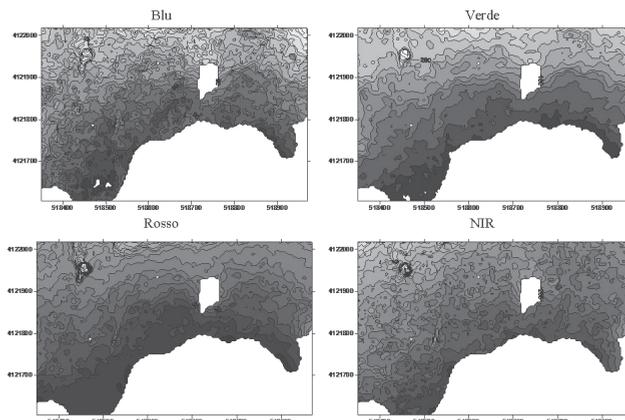


Figura 3: bande Ikonos

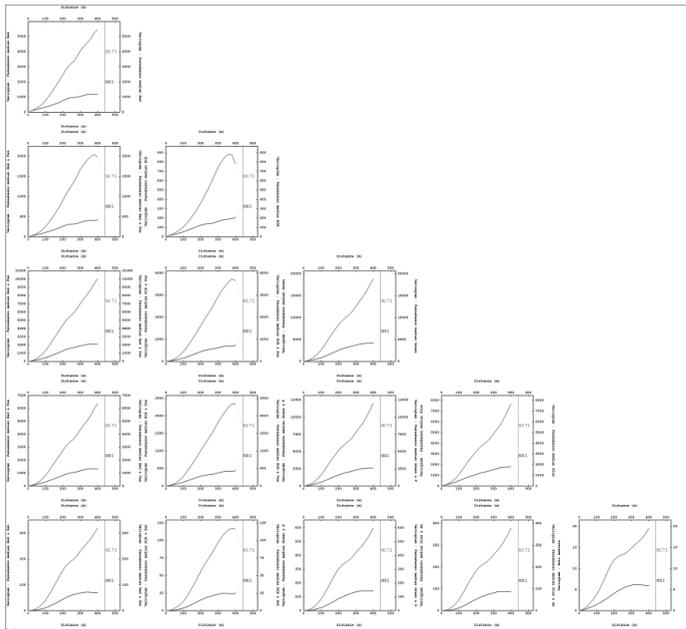


Figura 4: Variogrammi diretti ed incrociati (Lungo la diagonale dall'alto al basso NIR, RED, GREEN, BLUE e Batimetria)

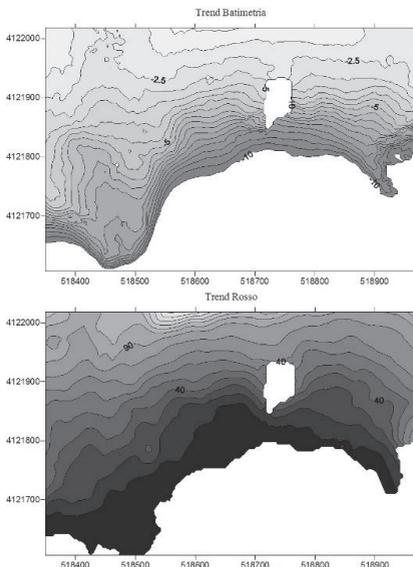


Figura 5: trend di batimetria e banda rosso

Le metodologie geostatistiche, in particolare la stima del *drift* mediante kriging (Chilès, Delfiner, 1999; Wackernagel, 2003), consentono di stimare e quindi di cartografare, nel nostro caso, il *trend*. Nella Figura 5 sono riportate le mappe della batimetria, che noteremo $B(x)$, e del *trend* di una delle bande (il rosso) che indicheremo con $m_r(x)$. E' stata scelta la banda del Rosso unicamente a titolo di esempio.

I valori delle variabili, depurati dal loro *trend*, sono chiamati residui e i loro variogrammi modellizzano la parte aleatoria della variabilità. Quando i residui sono, come sempre accade, il risultato di una stima (la stima del *trend*) i variogrammi sono distorti e la distorsione li rende difficilmente interpretabili e modellizzabili.

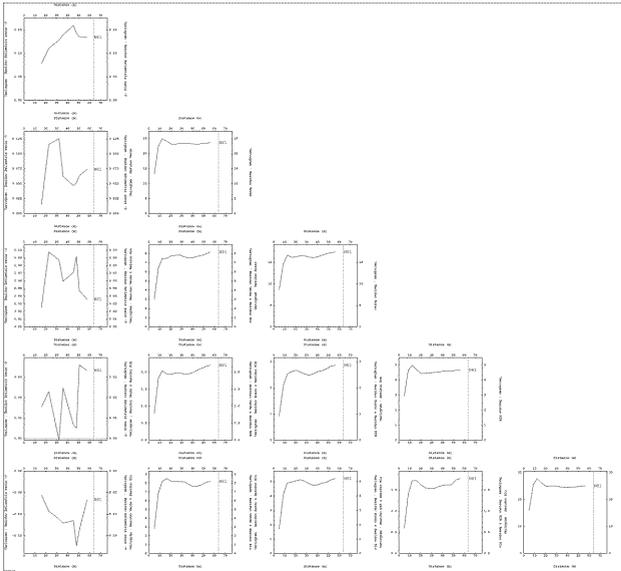


Figura 6: Variogrammi diretti ed incrociati dei residui (Lungo la diagonale dall'alto al basso NIR, RED, GREEN, BLUE e Batimetria)

Nel presente caso invece i variogrammi dei residui sia della batimetria che delle quattro bande (Figura 6) non evidenziano la tipica distorsione dei residui sperimentali che normalmente si presenta come un allontanamento progressivo dal variogramma vero. Il motivo è da attribuirsi alla circostanza favorevole, propria delle immagini satellitari, che la variabile grezza è nota in tutto il campo. È importante notare che i variogrammi dei residui delle bande sono completamente diversi da

quelli dei residui della batimetria: i primi mostrano, tutti e quattro, un *range* di 10 m; gli altri un *range* di 50 metri. Questo vuol dire la variabilità, al netto del *trend*, dei *serial number* è da attribuirsi ad un fenomeno diverso da quello che controlla la batimetria. È questo il motivo per cui il contributo delle bande alla stima della batimetria può avvenire, in questo caso, solo attraverso il loro *trend*.

Il legame tra batimetria e banda rosso è meglio evidenziato dal loro *scatter plot* riportato nella Figura 7. In essa la batimetria è espressa come profondità. Dalla figura si evince un legame che rende il *trend* della batimetria $m_b(x) = E[B(x)]$ modellizzabile con una funzione esponenziale:

$$m_b^*(x) = 7.5 * \exp(-0.030 * m_r(x)^{0.8}) \quad [3]$$

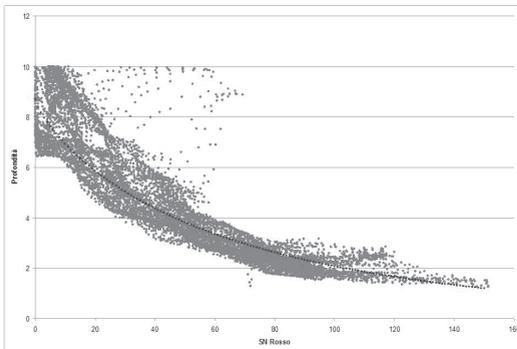


Figura 7: Scatter plot trend profondità-trend banda rosso

La mappa della suddetta funzione può essere considerata un'approssimazione dell'andamento medio della batimetria e può essere utilmente impiegata per la ricostruzione di quest'ultima, soprattutto quando le misure dirette di cui si dispone siano scarse.

Il metodo del *kriging con deriva esterna* (Chilès, Delfiner, 1999; Wackernagel, 2003) è la metodologia geostatistica adatta allo scopo, essendo capace di integrare in un'unica opera-

zione la mappa della funzione [3] con le misure dirette.

Al fine di verificare se, nelle condizioni illustrate, l'uso della mappa della funzione [3] quale deriva esterna, apporta un miglioramento nella stima, è stata effettuata la ricostruzione della batimetria partendo da due maglie di campionamento batimetrico una di 32 metri di lato e l'altra di 64. Entrambe le maglie sono state estratte dalle misure disponibili. I risultati delle stime sono stati confrontati con quelli ottenuti mediante il *kriging universale*, quindi a partire dalle sole misure batimetriche.

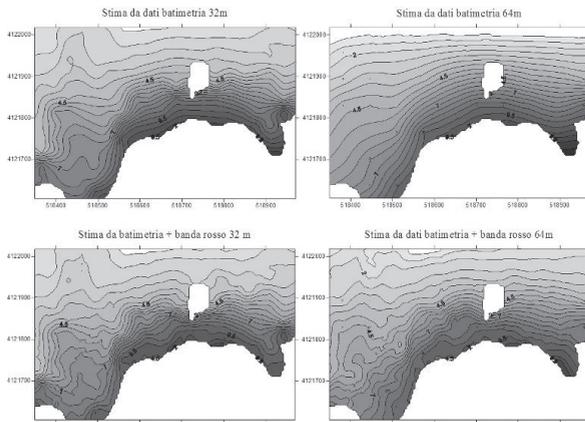


Figura 8: Confronto stime con campioni a 32 e 64 m

In Figura 8 e Figura 9 sono riportate le mappe ricostruite e gli *scatter plot* in cui sono messi a confronto le stime con le misure. Dal loro esame si evince che, nel caso della maglia di 32 metri, a cui corrispondono 150 celle di misura, i risultati delle stime effettuate con i due metodi sono paragonabili e quindi la funzione di *trend* non apporta alcun miglioramento. Ciò vuol dire che l'informazione diretta è sufficiente a tenere conto del *trend* che nel kriging universale è modellizzato interamente dai dati. Nel caso di campionatura a 64 metri, a cui corrispondono solo 35 celle di misura, il contributo della funzione (1) come *trend* migliora la stima. Questo vuol dire che la maglia di campionatura non consente di cogliere l'andamento del *trend* e a ciò sopperisce la deriva esterna, nota in quasi tutte le celle. In particolare la stima effettuata con il kriging universale presenta, rispetto all'altra stima, una sottostima delle batimetrie basse ed errori più ampi nelle batimetrie alte.

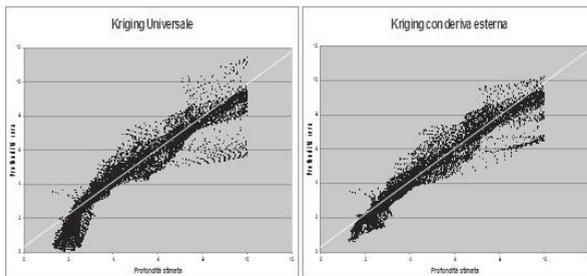


Figura 9: Scatter stime 64 m

Conclusioni

Esistono molti strumenti per la determinazione e la mappatura della batimetria. Tuttavia, questi strumenti richiedono spesso tempi lunghi per la produzione di mappe accurate. In particolare, la grande quantità di dati

necessari possono essere proibitivi per i progetti in cui la determinazione batimetrica non è un tema centrale, ma invece un passo necessario a raggiungere qualche altro obiettivo. Questo studio preliminare ha dimostrato che in condizioni di bassa densità di campionamento l'introduzione dell'informazione telerilevata può accrescere l'accuratezza della stima della batimetria. L'utilizzo di questa tecnica integrata può quindi essere vantaggiosa in tutti quegli ambienti ad acqua bassa le cui caratteristiche batimetriche e morfologiche non rendano possibile l'utilizzo del *multibeam* e difficoltoso il campionamento tramite *single beam*. In particolare la metodologia dimostra che questo metodo è sorprendentemente accurato, data la piccola quantità di dati che vengono utilizzati per generare la batimetria.

Bibliografia

- Wackernagel H. (2003), *Multivariate Geostatistics: An Introduction with Applications*, Springer.
 Chilès J. P. (1999), *Geostatistics Modelling Spatial Uncertainty*, Wiley, New York.
 Matheron G. (1971), *The theory of regionalized variables and its applications*, Paris School of Mines publication, Paris.

SITAU: UN SISTEMA INFORMATIVO PER LA GESTIONE E LA SALVAGUARDIA DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO DI CATANIA

Francesca RESTUCCIA, Mariateresa GALIZIA, Cettina SANTAGATI

(*) Università di Catania, Facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Architettura e Urbanistica,
Viale Andrea Doria n 6, 95125 Catania, Italia, tel: 095-7382522, fax: 095-330309,
e-mail: franca.restuccia@dau.unict.it

I centri storici delle nostre città appartengono a quel patrimonio comune che rappresenta la memoria culturale collettiva e contemporanea dei luoghi, documento delle civiltà che si sono succedute nel tempo e che hanno lasciato traccia della propria storia.

Nell'ottica di costruire un quadro conoscitivo di base dell'ambiente urbano di Catania, l'attenzione del gruppo di ricerca si è rivolta alla creazione di un SIT per l'Architettura Urbana, elaborando una struttura in grado di accogliere i dati all'interno di una logica interrelata e definita in un sistema di archiviazione concepito come un *open database flessibile*, velocemente consultabile e continuamente implementabile.

Col "SITAU", si è inteso organizzare-gestire-interrogare-visualizzare gli aspetti, i significanti e significati, più interessanti che caratterizzano l'architettura storicizzata di Catania, la città stessa e la sua immagine in continua evoluzione, e di carte tematiche dai vari contenuti.

Un sistema multiscala che, navigando trasversalmente su un'unica "piattaforma" attraverso 'finestre di accesso' ai contenuti (testi, disegni, viste tridimensionali, documenti storici, etc.), permette di integrare più tipologie di documenti su una base dati geografica comune, partendo da una visione cartografica d'insieme, fino a giungere al dettaglio della visualizzazione dei più significativi particolari (costruttivi, formali, morfologici, figurativi, stilistici, etc.), dei significati dedotti dalle analisi effettuate, o del materiale fotografico.

The historical centres of our cities represent the physical supports of the collective and contemporary memory, the attestation of the several civilizations which have left a trace of their own history.

In the perspective of creating a fundamental cognitive framework of Catania's urban environment, the research team's attention aimed at designing a SIT for Urban Architecture, elaborating a structure that is able to collect data inside a defined and interrelated logic archival system conceived like an open and flexible database, which can immediately be consulted and constantly implemented.

As a matter of fact, the aim of SITAU is to organize, manage, interrogate, visualize the peculiar aspects which characterize Catania's architectures, as well as to create thematic charts in order to make the system able to be consultable, updatable and implementable according to each user's cognitive path. It is a multi-scale system which can be navigated through its contents (texts, drawings, 3D rendering, pictures, historical documents) thanks to multi-directional "access-windows". A system which allows the integration of several documents in a common geo-database up to visualize the most meaningful details.

Introduzione

Il presente studio illustra gli esiti parziali del progetto di ricerca in itinere volto alla conoscenza degli aspetti che caratterizzano la complessità dell'ambiente urbano di Catania. Aspetti naturali e artificiali che, nella loro evoluzione spazio-temporale, modificano l'immagine della città.

E' necessario quindi documentare il patrimonio culturale posseduto per una sua corretta gestione e valorizzazione.

L'utilizzo del SIT ha permesso di creare una struttura - SITAU - Urban Architecture Territorial Informative System, capace di organizzare, visualizzare, gestire, interrogare gli aspetti più interessanti che caratterizzano l'architettura storicizzata di Catania.

E' un sistema aperto a successive integrazioni, aggiornato e consultabile nel quale ogni utente può procedere nel proprio percorso conoscitivo, può rielaborare e stampare i dati.

A *multi-scale system* che, navigando trasversalmente attraverso 'finestre di accesso' ai contenuti (testi, disegni, viste tridimensionali, documenti storici, etc.), permette di integrare più tipologie di documenti su una base dati geografica comune, partendo da una visione cartografica d'insieme, fino a giungere al dettaglio della visualizzazione dei più significativi particolari (costruttivi, formali, morfologici, figurativi, stilistici, etc.), dei significati dedotti dalle analisi effettuate, o del materiale fotografico.

Ciò permette di avere un mezzo digitale di applicabilità operativa nei processi di pianificazione riferiti alla salvaguardia, conservazione e/o riuso del patrimonio culturale, che richiedono una approfondita conoscenza, analisi critica e contributi di prove obiettive.

Un archivio di consultazione multimediale a connessioni multidirezionali per comprendere e documentare, rappresentare e governare la complessità dei fatti architettonici e urbani; per relazionare la molteplicità di dati e informazioni disomogenee del costruito e dello spazio urbano che si integrano e interagiscono; per costruire una futura base documentale sul passato e sul futuro dell'identità della città in trasformazione; per produrre approfondimenti tematici e concrete forme di interazioni disciplinari e di partecipazione interattiva tra cittadini e operatori con competenze diverse.

Il fine fondante è quello di rivelare le potenzialità di modificazione di ambiti urbani storicizzati offrendo 'risposte' ad ogni domanda, orientando programmi coerenti di gestione, di valorizzazione e/o fruizione dei beni, di interventi di tutela e di sviluppo sostenibile della città e del suo patrimonio esistente, dell'ambiente e del territorio: non disperdere risorse ed energie, valorizzare le potenzialità, attuare ricadute economiche e migliori qualità della vita.

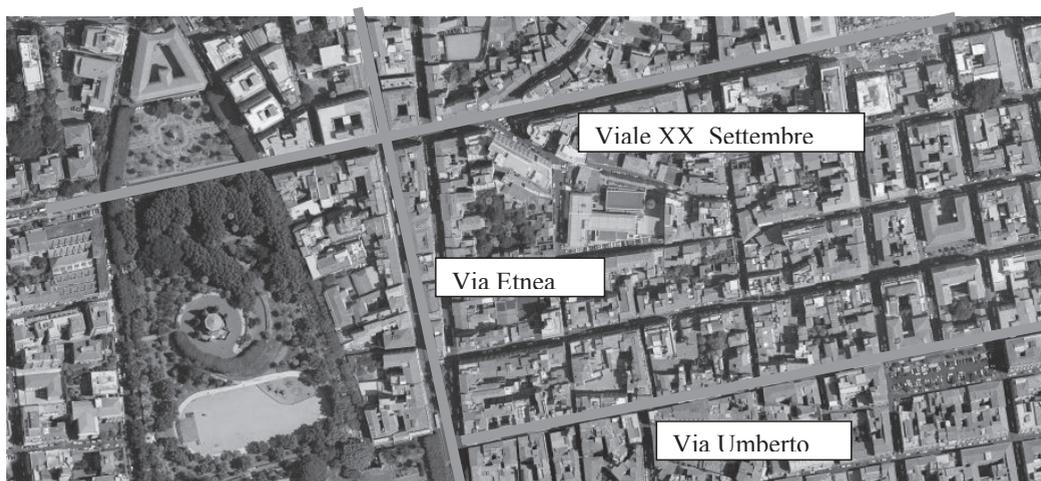


Figura 1 - L'ambiente urbano di Catania tra segni artificiali e naturali

1. La conoscenza e la salvaguardia dell'ambiente urbano di Catania attraverso il SIT

Nell'intenzione di preservare l'identità di un tessuto storico catanese ricco di eventi che hanno trasformato la città non solo nell'aspetto architettonico bensì nell'intera corografia, e per trasmetterne alle generazioni future la storia delle origini e delle trasformazioni avvenute, si è voluto strutturare un linguaggio che potesse trasmettere da una sola "piattaforma" l'eterogeneità delle informazioni riguardante i beni trattati.

Uno strumento attraverso il quale è possibile un tipo di lettura che metta in evidenza gli aspetti qualitativi, i valori culturali, le emergenze e le specificità delle architetture che strutturano l'identità di due assi viari principali del centro storico cittadino catanese, la via Umberto I e il viale XX Settembre.

La nuova viabilità costituisce i tracciati di espansione nord-est della città ottocentesca verso il mare, una riproposizione più a nord del nodo settecentesco camastriano della via del Corso (attuale via Vittorio Emanuele) che perpendicolarmente attraversano la Via Etnea, asse direttore di sviluppo della città dal mare in cui sorge la Platea Magna (piazza Duomo) verso le pendici dell'Etna.

Si crea nella città un nuovo centro propulsore della nuova espansione urbana secondo un sistema a maglie ortogonali che lega la costa orientale al moderno centro in cui si sarebbe dovuta proiettare l'attività commerciale.

Il nuovo progetto legato ad un sistema a scacchiera che avrebbe dovuto mettere in teoria l'isolato urbano- per le sue caratteristiche di omogeneità- in condizioni egualitarie, crea zone differenti all'interno della stessa maglia costruttiva, in quanto parte del suolo occupato dai nuovi assi viari ricadeva in zone extra-moenia già urbanizzate senza criteri di salubrità ed igiene (Rinazzo, Carmine, Redentore). Zone all'epoca spesso depresse e sottomesse alle quote stradali della grande arteria della via Stesicorea (Etnea) che con le sue auliche quinte faceva da scenografia alle passeggiate dei nobili residenti, nascondendo povertà e il pessimo stato igienico-sanitario.

La condizione eterogenea degli isolati prospicienti i nuovi assi viari ha indotto a studiarne i caratteri morfologico-figurativi non solo alla scala architettonica bensì a scala urbana per studiarne le relazioni dettate in passato da condizioni di necessità e contingenza. Ci si è serviti di convenzioni che trascrivono allo stesso tempo la rappresentazione di sintesi (urbana) e di analisi (architettonica), documentandone gli aspetti morfologici, tipologici e stilistici indagati

Dalle architetture auliche, poste a schermo dei miseri isolati, si passa a edilizie umili, ad una o massimo due elevazioni, memorie di un passato ancora esistente negli stretti vicoli e cortili in cui povertà e fatiscenza rimangono i soli caratteri identitari della società che li abitava, in quanto superfetazioni e cambi di destinazione d'uso ne hanno stravolto l'immagine figurativa.

La struttura proposta è una "rappresentazione cognitiva" che trae spunto dall'esperienza diretta e dal rilievo in situ, da schizzi improntati e da modelli costruiti, da indagini compiute e da racconti riportati. Il tutto è integrato con le fonti storico-archivistiche per comprendere se esistono relazioni tra storia socio-economica e fisica del territorio, e costituisce il materiale di supporto per l'elaborazione di mappe tematiche, vedute, grafici che raccontano la storia dell'ambiente urbano, le sue inclinazioni naturali e le amputazioni subite.

Il differente rapporto di scala, la complessità dei caratteri presenti, la multidimensionalità di oggetti e relazioni storiche, antropiche e formali ha comportato una vastità di informazioni di diversa natura che ha richiesto uno strumento di rappresentazione duttile, variabile e implementabile, in grado di trascrivere in un unico modello di rappresentazione immagini, grafici, testi, simboli.

L'ambiente urbano studiato viene assimilato ad un "ipertesto" organizzato secondo archivi in rete che memorizzano informazioni strutturate su più oggetti, localizzati nella loro posizione spaziale e definite nelle loro reciproche relazioni topologiche. Una struttura elastica, organizzata secondo criteri logici che vanno dal generale al particolare senza percorsi sequenziali condizionati.

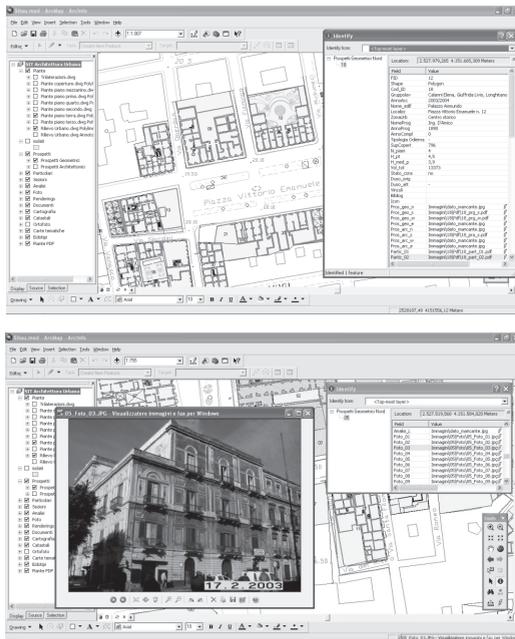


Figure 2,3 - Esplorazione del geodatabase attraverso le sue banche dati

dati metrici, tipologici, notizie storiche, fotografie d'epoca ed attuali, elaborati di rilievo 2D e 3D) e delle relazioni che caratterizzano un determinato contesto, che uniti a possibili sistemi di simulazione portano al monitoraggio del contesto urbano alle diverse scale. La sovrapposizione di layer tematici sulla cartografia base di Catania consente inoltre di mostrare, in modo analitico, la complessità delle variabili in gioco e le reciproche interazioni.

2. Struttura del database e contenuti del SITAU

Nell'ottica di costruire un quadro conoscitivo di base della zona urbana di Catania indagata, l'attenzione del gruppo di ricerca si è pertanto rivolta alla creazione di un sistema informativo per l'architettura urbana elaborando una struttura GIS in grado di accogliere i dati all'interno di una logica interrelata e definita in un sistema di archiviazione concepito come un open database flessibile, velocemente consultabile e continuamente implementabile.

Di fatto, la logica del sistema informativo, ad oggi, può essere considerata il metodo migliore per la rappresentazione della complessità della città poiché è in grado di relazionare informazioni molto disomogenee tra di loro, gestirle e visualizzarle secondo molteplici parametri e chiavi di lettura.

In tal modo, in fase di consultazione ciascun utente può seguire un proprio approccio conoscitivo e di approfondimento svincolandosi da percorsi predefiniti sequenziali, attingendo direttamente alle informazioni.

Partendo da questi presupposti metodologici, gli obiettivi perseguiti per la realizzazione del SITAU sono stati rivolti alla creazione di una "banca dati geografica" relativa all'area di studio e agli edifici di interesse lungo la via Umberto I e il viale XX Settembre georeferenziando nel sistema nazionale Gauss-Boaga sia il materiale a riferimento spaziale degli edifici di studio (trilaterazioni, piani terra, primi piani, coperture), necessario per ottenere una visione d'insieme, che le mappe catastali storiche di Catania, fondamentali per comprendere l'evoluzione del tessuto urbano.

A tal fine si è fatto uso della geomatica, disciplina che spiega i fenomeni che si osservano a scala territoriale, partendo da conoscenze e da adeguati strumenti atti ad acquisire, integrare, archiviare, trattare, analizzare, gestire e distribuire dati spaziali georiferiti.

L'utilizzo di questi strumenti applicati alla scala urbana ed architettonica consente lo sviluppo del sistema cognitivo contemporaneamente al ciclo di vita del progetto, favorendo la circolazione delle informazioni ed il coinvolgimento degli attori unitamente a un periodico aggiornamento dei dati che garantisce continuità al modello.

La redazione in ambiente GIS dell'archivio informatizzato su l'ambiente urbano di Catania consente di operare proiezioni, cambi Datum, trasformazioni di sistemi di riferimento, o addirittura di trattare dati di rilievo e informazioni spaziali come fossero opzioni qualsiasi di impostazione di un sistema grafico.

Il GIS consente di associare alle informazioni desunte dal rilevamento le qualità degli oggetti (progetti, relazioni tecniche e foto di archivio,

Inoltre, è stata creata una banca dati sistematica implementabile relativa agli edifici predisponendo una scheda di catalogazione che, nel contempo, contemplates sia i contenuti informativi sia quelli descrittivi del singolo edificio schedato.

La “banca dati informativa e descrittiva” è stata poi correlata alla “banca dati geografica” attraverso una struttura organizzata secondo percorsi flessibili e interrelati in modo tale da consentire itinerari di lettura differenziati e visualizzare facilmente, anche da un punto di vista cartografico, tutti i dati d’interesse (ad esempio mediante la creazione di opportune mappe tematiche).

L’obiettivo finale è stato quello di avere delle informazioni interconnesse attraverso la costituzione di un sistema informativo che nel passaggio di scala – dal generale al particolare – potesse consentire un approccio sempre più ravvicinato al singolo edificio, partendo da un elaborato a piccola scala dal quale estrarre tutte le informazioni d’insieme relative alle diverse zone. E’ così possibile attuare un doppio ordine di lettura: di tipo “orizzontale” per tematismi sull’intera area indagata e di tipo “verticale” sui singoli edifici. Pertanto, partendo da informazioni di carattere generale si giunge ad informazioni molto puntuali sul singolo edificio che ne documentano in maniera esaustiva anche la qualità architettonica.

2.1 La banca dati geografica

La banca dati geografica costituisce l’elemento centrale del SITAUI in quanto rappresenta non solo il riferimento cartografico fondamentale d’inquadramento per tutti gli edifici dell’ambiente urbano catanese, ma anche la struttura dati cui sono correlate tutte le informazioni d’interesse che costituiscono la “banca dati informativa e descrittiva”.

Inoltre, la georeferenziazione degli edifici inerenti ai due tracciati viari di espansione della città ottocentesca semplifica future integrazioni per altre zone della città, la sovrapposizione e/o il confronto con qualsiasi altro riferimento spaziale georeferito all’interno di un’unica finestra di lavoro, oltre che predisporre analisi spaziali evolute (come il geoprocessing) tipiche dell’ambiente GIS.

La banca dati geografica è costituita dai seguenti componenti:

- cartografia numerica vettoriale del Comune di Catania in formato Dwg in scala 1:2000, nativamente georeferenziata nel sistema nazionale Gauss- Boaga;
- ortofoto digitale a colori della Regione Sicilia in formato Ecw alla scala 1:10000, nativamente georeferenziata nel sistema nazionale Gauss- Boaga;
- mappe catastali storiche (1876,1884,1897,1925) in formato Bmp, appositamente georeferenziate;
- Disegni delle piante delle trilaterazioni, dei piani terra, del piano tipo, delle coperture, della rappresentazione codificata secondo la Norma UNI 7310/74 in formato Dwg, appositamente georeferenziate;
- Layer degli edifici di studio in formato shapefile, basato su una geometria poligonale, relativo a tutti gli edifici di interesse. Questo formato integra nativamente un database grazie al quale è possibile avere accesso con un semplice click del mouse ad uno dei dati correlati ai poligoni che rappresentano gli edifici.

Lo shape file degli edifici pertanto rappresenta il cuore del SITAUI poiché su di esso mediante appositi codici identificativi, è correlata la “banca dati informativa e descrittiva”.

2.2 La banca dati informativa e descrittiva

I dati informativi e descrittivi dei singoli edifici sono stati riversati nel database associato allo shapefile predisponendo una scheda di catalogazione composta da numerosi campi coerenti alla complessità degli elementi che la costituiscono.

Tale scheda è stata strutturata in modo da garantire una gestione dei dati esaustiva, completa di ogni dettaglio, intuitiva per la consultazione, visualizzazione e la stampa ed efficiente in termini di prestazioni.



Figure 4,5 - Dettagli architettonici e rendering delle architetture dell'ambiente urbano catanese

prospetti architettonici, particolari, sezioni, rendering ed animazioni), la documentazione ritrovata negli archivi, la relazione illustrativa, le iconografie, la bibliografia inerente l'edificio.

Per garantire piena fruibilità dei contenuti e al tempo stesso preservarli da possibili manipolazioni, laddove possibile si è utilizzato il formato PDF.

Ai dati descrittivi è possibile accedere mediante la funzione hyperlink attivando nella legenda l'oggetto della "banca dati descrittiva" di proprio interesse e cliccando, direttamente sulla mappa, sull'edificio corrispondente.

3. Conclusioni

Si è quindi elaborato un modello di lettura e trascrizione processuale, adattabile e mutabile, di tipo reticolare (quindi elastico), storico e multidisciplinare attraverso il quale sia leggibile la complessità dell'evoluzione naturale e sociale.

Un modello cognitivo fondato sull'armatura culturale dei luoghi, che ne documenti i processi trasformativi e di modificazione introdotte lungo il divenire dei luoghi.

La quantità di materiale documentario reperito negli archivi, le informazioni acquisite in fase di rilevamento e le successive rielaborazioni grafiche hanno condizionato in maniera determinante la dimensione complessiva del sistema informativo. Il database, che si presenta come una struttura aperta ad ogni successiva integrazione, è attualmente costituito da 130 schede e 4000 files allegati.

Si è determinato così un ambiente connettivo aperto nel tempo, destinato a permettere la cooperazione attiva tra i soggetti che per suo tramite si mettono in comunicazione allo scopo di favorire lo scambio, il confronto ed il dibattito sui temi e sulle esperienze di sviluppo locale autosostenibile e delle sue forme di rappresentazione.

La prima parte della scheda - "banca dati informativa" - contiene le informazioni identificative dell'edificio di studio ed è stata impostata secondo i seguenti campi:

codice identificativo edificio, gruppo di lavoro, anno accademico, nome edificio, localizzazione, zona urbana, progettista, anno di progetto, anno di completamento, tipologia (civile, militare, religiosa, sociale, funeraria), riferimenti catastali, stima superficie coperta, numero di piani, altezza piano terra, altezza media altri piani, stima volumetria complessiva, stato di conservazione (pessimo, mediocre, sufficiente, buono, ottimo), destinazione d'uso dei piani terra originaria ed attuale, presenza e tipologia di vincoli.

Ciascuna di queste informazioni può essere richiamata immediatamente dalla mappa cliccando sull'edificio d'interesse.

La seconda parte della scheda - "banca dati descrittiva" - raccoglie i dati descrittivi sull'edificio interessato documentando lo stato

di fatto attraverso immagini fotografiche, gli elaborati restituitivi dei rilievi effettuati (eidotipi di campagna, trilaterazioni, piante alle diverse quote, prospetti geometrici,

WEBGIS PER LA CONSULTAZIONE, L'AGGIORNAMENTO E LO SVILUPPO DEI PIANI DI PROTEZIONE CIVILE DELLA PROVINCIA DI ROMA E DEI RELATIVI COMUNI

Monica RIZZO (*), Paolo SCALIA (*), Riccardo SCANO (*),
Alessandro ANNESI (**), Alessio ARGENTIERI (**)

(*) Provincia di Roma, Dip. VI, Servizio 3 - Sistema Informativo Geografico

(**) Provincia di Roma, Polizia Provinciale, Servizio 4 - Protezione Civile

Riassunto

I servizi “Sistema Informativo Geografico” e “Protezione Civile” della Provincia di Roma, in collaborazione con la Facoltà di Ingegneria per l’Ambiente e il Territorio dell’Università di Roma “Tor Vergata”, stanno portando avanti un progetto finalizzato alla consultazione e all’aggiornamento dei dati territoriali necessari per lo sviluppo dei Piani di Protezione Civile della Provincia e dei Comuni che la compongono.

Il progetto prevede la realizzazione e la messa in opera di un webGIS dedicato che, avvalendosi del patrimonio informativo e tecnologico già disponibile nell’Ente, integrato dallo sviluppo di specifiche funzionalità e procedure, si prefigge di realizzare un ambiente potente, facilmente utilizzabile e sostanzialmente adattabile ad altre Province e/o Regioni.

Il sistema gestisce tutte le informazioni necessarie all’organizzazione dei Piani di Protezione Civile. La potenziale utenza è costituita sia dal cittadino che dall’operatore di protezione civile (responsabili comunali, sovra-comunali, provinciali, utenti di altre istituzioni), pertanto le informazioni che per loro natura devono ritenersi riservate sono rese accessibili solo a chi di competenza attraverso adeguati strumenti di sicurezza.

Il progetto ha come ambito di prima sperimentazione quello relativo ai 31 comuni della X Comunità Montana del Lazio. La Provincia di Roma ha già avviato un’estensione del progetto ad altri ambiti nel suo territorio.

Abstract

The services “Geographical Information System” and “Protezione Civile” of the Province of Rome, in cooperation with the Faculty of Engineering for the Environment and Territory of Rome “Tor Vergata”, are pursuing a project aimed to consultation and updating of spatial data necessary for the development of Civil Defence plans of the Province and the Commons composing it.

The project provides for the establishment and operation of a dedicated webGIS that, using the information assets and technology already available in the Province, integrated by development of specific features and procedures, aims to create a powerful and user-friendly environment and substantially adaptable to other provinces and/or Regions.

The system manages all the information necessary for the organisation of Civil Protection Plans. The potential audience is made up by both citizens than the civil protection (municipal leaders and

upper leaders, provincial, users of other institutions), so information that typically must be regarded as reserved are made available only to those of competence through adequate security tools.

The project has as first goal the experiment to 31 municipalities of the X Comunità Montana del Lazio. The Province of Rome started to extend the project to other areas within its territory.

Il sistema webGIS di protezione civile della Provincia di Roma

L'obiettivo di assicurare alle persone e ai beni il massimo livello di sicurezza territoriale ha reso necessario la promozione di un efficace ed efficiente Sistema di Protezione Civile fondato sul fattivo e sinergico coinvolgimento di tutti gli Enti Territoriali, le Istituzioni e le Organizzazioni che a diverso titolo sono chiamate a partecipare al processo di Protezione Civile.

A tal fine la Provincia di Roma, avviando una collaborazione con l'Università di Roma "Tor Vergata", ha fornito alle Amministrazioni Comunali un supporto tecnico-operativo finalizzato all'implementazione dei Piani di Protezione Civile Comunali, strumenti essenziali per l'orientamento delle attività di prevenzione e per l'organizzazione della risposta di Protezione Civile in caso d'emergenza.

Il progetto fornisce uno strumento per la consultazione, l'aggiornamento e il monitoraggio del territorio legato alla vulnerabilità, pericolosità e rischio in rete, sottolineando la stretta relazione che lega le informazioni contenute nei Piani di Protezione Civile Comunali al territorio della Provincia, attraverso l'uso di tecnologia webGIS. Tale strumento è anche inteso come un mezzo a disposizione degli operatori di protezione civile per comunicare tra loro e con il cittadino.

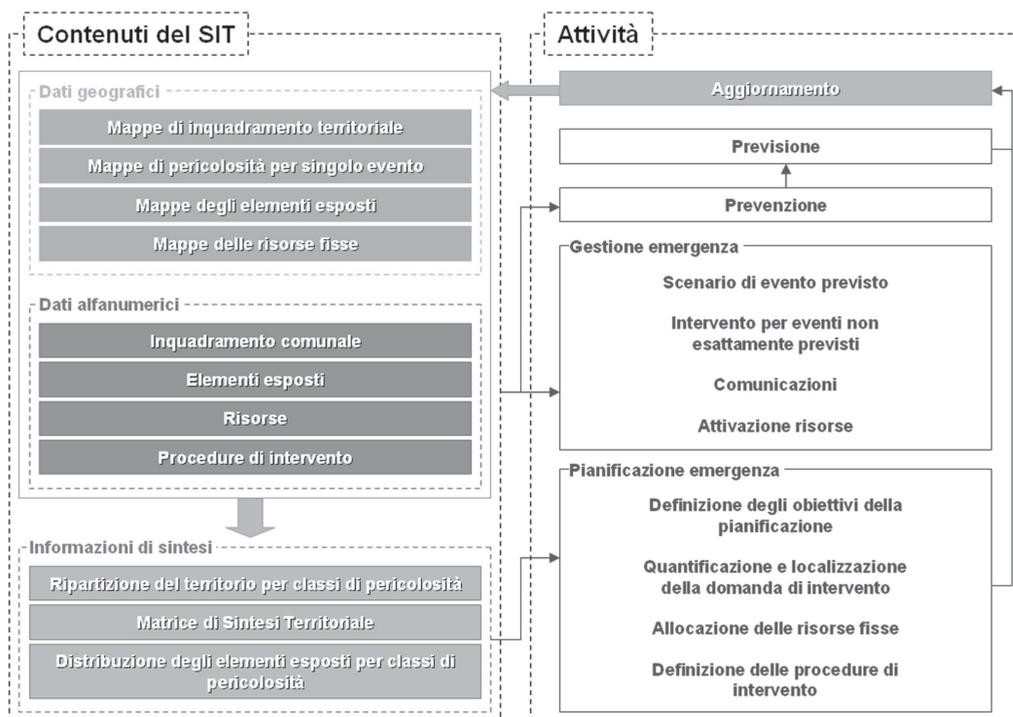


Figura 1 – Contenuti del SIT e loro utilizzo nel processo di Protezione Civile

La base informativa della piattaforma webGIS è costituita dai dati geografici e alfanumerici relativi sia all'inquadramento territoriale dei singoli comuni che ai risultati delle analisi di pericolosità, all'informazioni di interesse sugli elementi esposti e le risorse, ai sistemi comando e controllo, alle procedure d'intervento e alle informazioni di sintesi (Matrice di Sintesi Territoriale, ripartizione del territorio per classi di pericolosità, distribuzione degli elementi esposti per classe di pericolosità).

Gli strumenti di tipo webGIS permettono di visualizzare porzioni più o meno ampie di territorio rappresentato in mappe vettoriali (o raster/vettoriali) composte da *layer* tematici. Ogni livello tematico, che può essere attivato o disattivato dall'utente, contiene una serie di oggetti territoriali (aree, strade, simboli, ecc.) attivi, da selezionare per accedere alle relative informazioni, le quali possono essere presenti in altre pagine web o richiamate come risultato di interrogazioni rivolte alla base di dati. È possibile ottenere dalla base di dati delle risposte dirette sotto forma di *report* e inquadrare automaticamente in mappa gli oggetti territoriali coinvolti.

Gli operatori addetti interagiscono con mappe, strati informativi, documentazione e normativa di interesse per la pianificazione e gestione delle emergenze nelle aree interessate.

Si è resa ogni operazione semplice e intuitiva, progettando sistemi e interfacce che consentono l'accesso alle informazioni, oltre che interrogando direttamente gli elementi geografici, anche a partire dalla componente alfanumerica dei dati. Attraverso un'interrogazione delle Matrice di Sintesi Territoriale, è possibile inoltre visualizzare le localizzazioni in cui si evidenziano i livelli di pericolosità e di esposizione d'interesse.

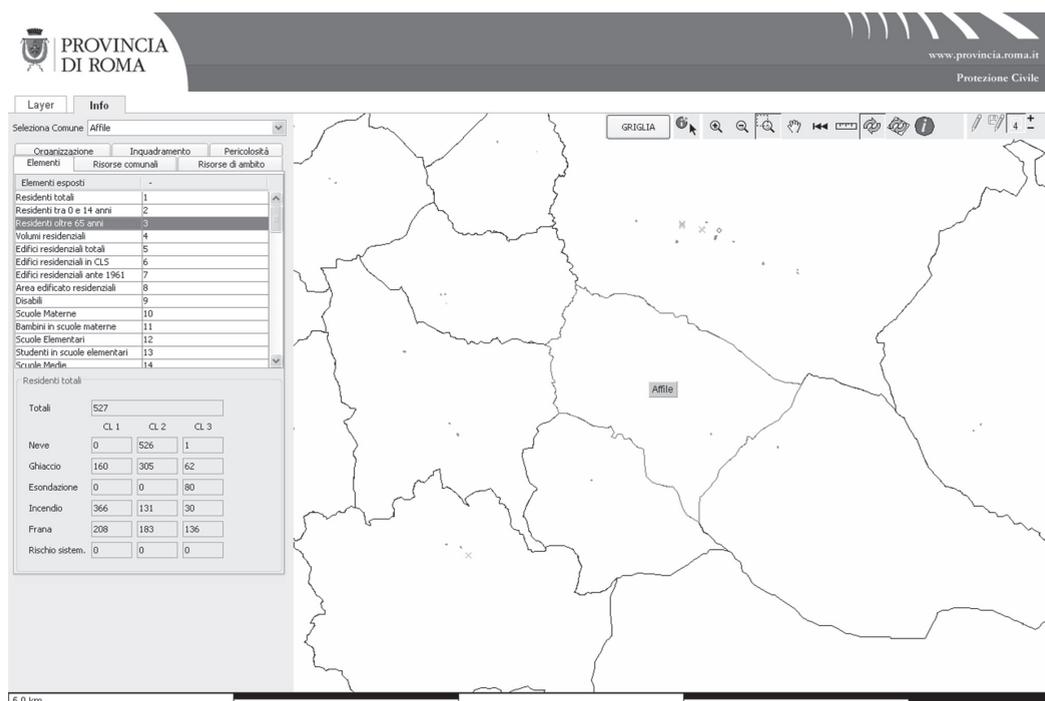


Figura 2 – SIT: Consultazione dati numerici relativi a un comune

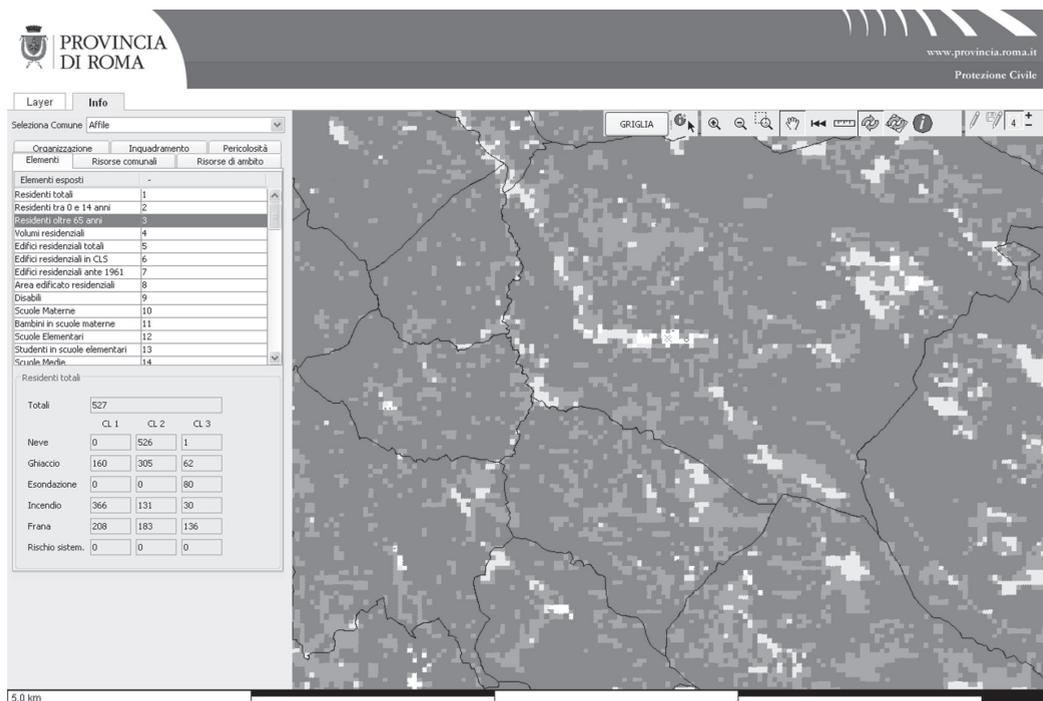


Figura 3 – SIT: Consultazione dati relativi alle pericolosità

L'aggiornamento di tutte le informazioni è centralizzato nei server della Provincia mentre presso ai comuni e le altre istituzioni coinvolte è previsto un sistema *stand-alone* che permette repliche e aggiornamenti dei dati via telematica garantendo il funzionamento locale anche in condizioni di emergenza e interruzione delle reti di comunicazione globali.

Il progetto ha richiesto:

- la descrizione del territorio provinciale finalizzata a migliorare l'efficienza e la tempestività delle decisioni, ad ottimizzare l'economicità e le priorità delle azioni, a facilitare la consultazione, lo sviluppo e l'aggiornamento dei contenuti dei Piani di Protezione Civile Comunali;
- l'organizzazione e la normalizzazione delle basi dati della Protezione Civile, e delle base dati alfanumeriche e geografiche di supporto fornite dal Sistema Informativo Geografico in un GeoRDBMS appositamente strutturato;
- la costituzione di un archivio di materiale di supporto ai problemi della Protezione Civile, comprendendo la struttura organizzativa, la normativa che la regola, i modi, i mezzi e le risorse umane con cui interviene.

Il sistema webGIS di protezione civile costituisce un efficace supporto alle decisioni riguardanti le attività di prevenzione e di pianificazione della risposta in emergenza. Le analisi degli elementi relativi alle pericolosità e alle vulnerabilità sono infatti fondamentali per indirizzare efficaci ed efficienti attività di prevenzione che a loro volta modificano i contenuti del sistema e li rendono disponibili per le decisioni future nonché per gli utilizzi in fasi diverse. Per quanto riguarda invece la pianificazione dell'emergenza un supporto particolare deriva dall'utilizzo delle informazioni di sintesi.

Il sistema può inoltre essere di supporto in fase di gestione dell'emergenza per reperire con facilità semplici dati di interesse (riferimenti per le comunicazioni o per l'attivazione di risorse, ecc.) e per valutare in tempo reale la tipologia e la quantità di elementi esposti probabilmente coinvolti nell'emergenza.

Note tecniche

La parte tecnica del progetto è realizzata utilizzando le più moderne tecnologie web. La sezione server è costituita da un server dedicato centrale e uno secondario. Il server centrale distribuisce i contenuti per le operazioni web ordinarie, offre le funzioni avanzate di aggiornamento e modifica dei dati a chi di competenza. È inoltre la base di collegamento per l'aggiornamento dei dati sulle postazioni *stand-alone* e del database del server secondario. Il server secondario, oltre a costituire una unità di backup del server centrale, si trova nelle postazioni centrali della Protezione Civile ed è quindi utilizzabile in casi di emergenza da una postazione collegata direttamente e che non ha bisogno di infrastrutture di collegamento per la trasmissione dei dati.

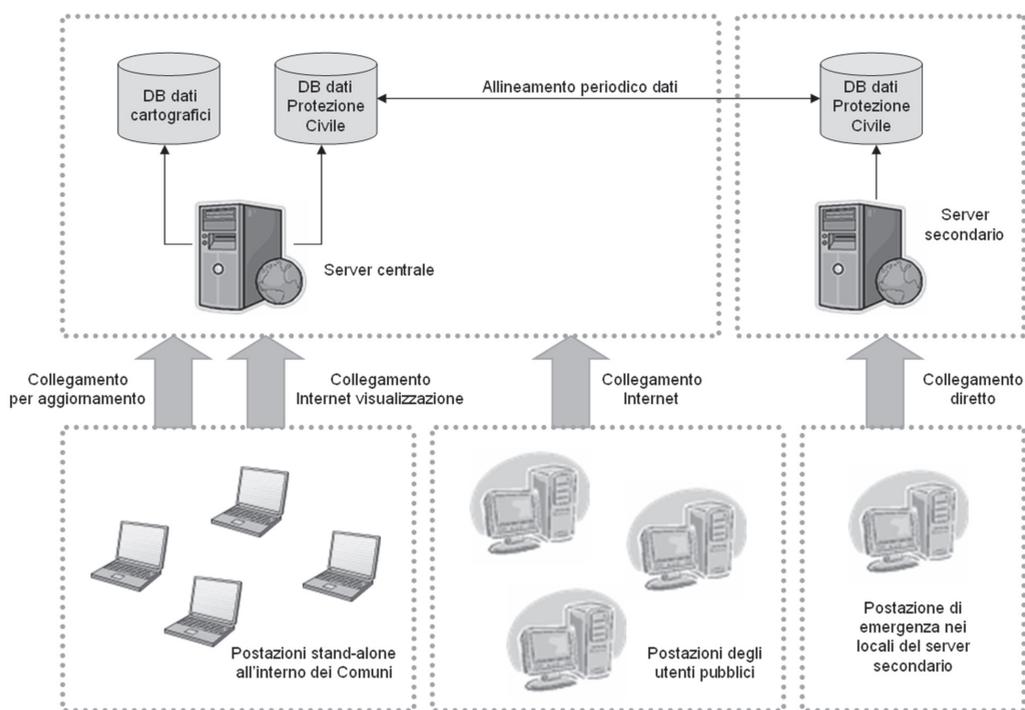


Figura 4 – Struttura tecnologica del progetto

Le tecnologie software prevedono l'utilizzo di codice di programmazione Java eseguito sfruttando l'*application server open source* Apache Tomcat Servlet/JSP Container. Tale soluzione permette l'upgrade del sistema in modo rapido e semplice ed è multipiattaforma. L'estensibilità e la riutilizzabilità del sistema sono massime e conformi agli standard tecnologici più moderni.

Il collegamento alla parte web centrale da parte degli utenti pubblici è possibile con i comuni browser per la navigazione di Internet all'indirizzo web pubblico della Protezione Civile, previa autenticazione tramite indirizzo e-mail e password, fornite in fase di registrazione al portale.

Le pagine web sono progettate per essere *cross-browser* con tutti i browser recenti in modo da consentire la compatibilità più estesa possibile con gli applicativi a disposizione degli utenti generici.

I dati sono disponibili su GeoRDBMS Oracle ad alta affidabilità, supportato da procedure di backup periodiche e da hardware ad alte prestazioni.

L'aggiornamento e la modifica dei dati da parte dei Comuni sono realizzati via web attraverso il server centrale, soluzione che permette la conservazione centralizzata e ottimale delle informazioni, utilizzando i meccanismi di sicurezza previsti.

Le postazioni *stand-alone* presenti all'interno dei comuni prevedono un protocollo di aggiornamento automatico periodico che le sincronizza allo stato attuale verificando la correttezza e impedendo eventuali manomissioni delle copie locali dei dati e non hanno bisogno di personale specializzato. Data la mole di dati da aggiornare la procedura utilizza un meccanismo che si occupa di scaricare soltanto i dati che sono stati effettivamente aggiunti o aggiornati nel database centrale.

Le conoscenze per l'utilizzo dell'applicativo su tali postazioni sono limitabili alla gestione di semplici strumenti webGIS per l'individuazione di elementi sulla mappa (pan, zoom, ecc.).

Queste postazioni, nei momenti di emergenza, possono essere scollegate sia dalle infrastrutture di comunicazione che dalla rete elettrica e sono utili al personale di protezione civile anche al di fuori delle strutture comunali.

Bibliografia

Ioannilli M., Ambrosiano M., Celani G., Paregiani A. (2008), *Piani di Protezione Civile Comunale: l'esperienza della Provincia di Roma*

MIGLIORAMENTO DEL CICLO DI GESTIONE DEI RIFIUTI: PROCESSI, INFORMAZIONI E STRUMENTI DI SUPPORTO PER LE AZIENDE DI IGIENE URBANA

Enrico ROCCHI (*), Maria IOANNILLI (**), E.Gustavo MIZES (***), Roberta FELLI (****)

Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento Ingegneria Civile, Via del Politecnico 1, 0672597296

(*) enr.rocchi@gmail.com

(**) 0672597086, ioannill@ing.uniroma2.it

(***) gmizes@gmail.com

(****) robfelli@gmail.com

Abstract

Il ciclo di gestione dei rifiuti, in particolare dei rifiuti solidi urbani, presenta aspetti di elevatissima problematicità e può essere affrontato da molteplici punti di vista. Se si prova a limitare il campo di osservazione a quello delle Aziende di Igiene Urbana, ed in particolare delle Aziende operanti in contesti urbani di grandi dimensioni, tali aspetti assumono una specifica connotazione che investe, in termini di capacità reale di intervento, solo alcuni segmenti del processo complessivo. Su alcuni di questi aspetti, ed in particolare su quelli qui ritenuti strategici, verranno svolte alcune considerazioni volte ad evidenziare quali siano le esigenze di supporto informativo ed informatico delle Aziende di Igiene Urbana, e come a tali esigenze possa essere fornito supporto.

Abstract

Many components interact in the waste management process and, with the general objective to increment the recycling and reusing activity, the process itself can be analysed from many points of view. If we focus on Municipal Waste Management Companies, and particularly on Companies operating in the context of great urban areas, we have to recognise that only few of such components can be managed in term of real capacity of intervention. Moving from this assumption, the paper has the aim to outline strategic elements upon which the Companies have to concentrate their attention (to obtain significant results in the field of waste reduction), to highlight the informative and informatics needs to support these elements and, also, to define the suitable technical methods to implement these supports.

Introduzione

Se prendiamo in considerazione il nostro modello di consumo e di trattamento dei rifiuti scopriamo, da un lato, che noi continuiamo a produrre troppi rifiuti e, dall'altro, che i rifiuti prodotti vengo "rielaborati" in percentuali ancora troppo basse e sono quindi destinati al conferimento in discarica. Nonostante l'incremento dei processi di trattamento del rifiuto finalizzati alla riduzione delle quantità inviate in discarica (biostabilizzazione, produzione di CDR, compostaggio, incenerimento etc.), il conferimento in discarica rimane la principale forma di smaltimento del rifiuto urbano prodotto. Il dibattito sui fattori che generano questo stato di cose é amplissimo, ed é del tutto evidente come essi richiedano di essere trattati a diversi livelli nella catena dei soggetti e delle istituzioni attive nel processo complessivo.

Un miglioramento dell'intero ciclo di gestione richiederebbe infatti interventi sul versante della produzione di imballaggi, sulla obbligatorietà di conferimento differenziato di determinate frazioni merceologiche, sull'incremento del conferimento differenziato, sull'incremento dei processi di trattamento e valorizzazione dei rifiuti conferiti.

Alcuni di questi interventi sono di tipo strutturale e la loro implementazione richiede tempi medio - lunghi. Nella strategia delle 3R (riduzione, riciclaggio e recupero) messa a punto dalla Comunità

Europea all'interno del V Programma d'Azione per l'Ambiente, l'incremento della raccolta differenziata gioca un ruolo fondamentale e viene ritenuta lo strumento maggiormente operabile nel breve periodo. Assumere questo imperativo dal punto di vista di una Azienda significa però cercare di intervenire su uno specifico segmento della complessa catena del ciclo di gestione dei rifiuti, e cioè quello del conferimento, peraltro in maniera non cogente. In altre parole una Azienda, che non può intervenire sui processi di produzione a monte dei rifiuti, e che ha forti vincoli sul trattamento in funzione della tipologia di RU raccolto, può solo tentare di attuare una politica di incentivazione volta a modificare i comportamenti dell'utenza nei confronti del conferimento differenziato.

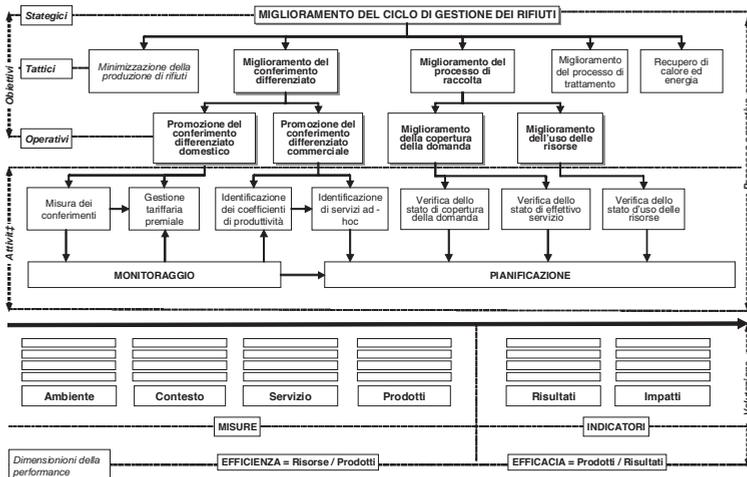


Figura 1 - Il processo operativo di una Azienda di Igiene Urbana nel flusso di miglioramento del ciclo di gestione dei rifiuti

Questa politica deve essere ovviamente composta tanto di interventi sul lato dell'offerta di servizio (miglioramento qualitativo e quantitativo, diversificazione), quanto di interventi premiali rivolti direttamente all'utenza (sconti tariffari, servizi aggiuntivi etc.).

Essa deve inoltre risultare compatibile, in termini di investimenti richiesti (principalmente economici ma anche temporali ed organizzativi), con i quadri economici Aziendali che risultano, in generale, caratterizzati da scarsità di risorse.

Se queste considerazioni sono dotate di fondamento, i due problemi / obiettivi su cui concentrare l'attenzione nel breve periodo sono riassumibili in:

- incremento della efficacia, efficienza ed economicità nella gestione del servizio di raccolta e smaltimento del Rifiuto Solido Urbano, che implica:
 - un miglioramento della organizzazione dell'infrastruttura di servizio (quantità, tipologia e localizzazione delle postazioni di raccolta del RU differenziato ed indifferenziato)
 - un miglioramento della organizzazione del servizio
 - la diversificazione e la specializzazione dell'offerta di servizio
- attivazione di processi di incentivazione alla raccolta differenziata basati su meccanismi premiali rivolti direttamente all'utenza.

Stato di fatto e vincoli

Nelle grandi aree urbane la maggior parte degli utenti (domestici e non) conferisce il rifiuto solido in maniera collettiva utilizzando le postazioni di raccolta (indifferenziata e differenziata) dislocate sul territorio. Il contesto normativo nazionale e locale non prevede meccanismi di tipo sanzionatorio che obblighino gli utenti a comportamenti virtuosi nel conferimento; essi sono perciò di tipo volontaristico.

Inoltre, le Aziende "qualificano" il profilo dei loro utenti, sulla base delle categorie definite nel decreto Ronchi, per dimensione e potenziale produzione di rifiuto. Tali categorie non sono però state determinate in funzione di comportamenti rilevati, né in termini di quantità conferite né in termini di frazioni merceologiche, ed in generale presentano quindi il limite di:

- non corrispondere ai reali comportamenti dell'utenza
- sono indifferenziate nello spazio e cioè ipotizzano che una stessa categoria di utente abbia lo stesso comportamento nella produzione e conferimento in qualsiasi ambito urbano sia collocato.

Il complesso degli elementi precedenti genera quello che, allo stato attuale, può considerarsi il problema centrale delle Aziende rispetto alla perseguibilità degli obiettivi precedenti: esse, infatti, non dispongono di una conoscenza diretta dei comportamenti dell'utenza per quanto concerne i segmenti di produzione e conferimento del rifiuto solido urbano. In altre parole le Aziende non dispongono di una misura analitica del rapporto domanda - offerta. La mancata chiarificazione dei potenziali comportamenti dell'utenza nei confronti della produzione e conferimento dei rifiuti produce:

- una oggettiva difficoltà nella pianificazione dei servizi di raccolta, che viene in genere effettuata sulla base di una conoscenza empirica del comportamento dell'utenza nelle diverse parti dell'area urbana servita. Ciò induce spesso una sperequazione nella dislocazione dell'offerta generando perdite di efficacia (soddisfacimento della domanda) e di efficienza (diseconomie nella gestione del servizio i cui costi non risultano coperti dalla tariffa applicata)
- una difficoltà nella determinazione di servizi alternativi al conferimento collettivo per determinate frazioni merceologiche (si pensi ad esempio al cartone che nella maggior parte dei casi è conferito all'interno dei contenitori per la raccolta indifferenziata)
- la impossibilità di attivare meccanismi di incentivazione basati sulla premialità dei comportamenti virtuosi nel conferimento differenziato.

Per affrontare il problema precedente, in maniera operabile nel breve periodo, occorre tenere presente i seguenti vincoli:

- non è possibile ipotizzare l'istituzione di processi che analiticamente tendano a rilevare i comportamenti di ogni singolo utente. Date le dimensioni dei contesti urbani serviti ciò implicherebbe l'investimento di un complesso di risorse (umane, economiche e temporali) non attualmente disponibili
- qualsiasi modificazione radicale dei processi di conferimento (ad esempio il conferimento esclusivo con sacchetto prepagato) richiederebbe una completa riorganizzazione dei processi aziendali
- l'uso di modalità alternative di raccolta (porta a porta) non sembra implementabile in maniera estensiva su tutti gli utenti di una grande area urbana.

Una ipotesi di lavoro

Allo stato attuale, l'unico approccio che sembrerebbe operabile nel breve periodo è quello statistico - geografico basato principalmente sulle due seguenti ipotesi tecnico - operative:

- definizione ed implementazione del concetto di utente equivalente
- identificazione dei gruppi di utenti (domanda) associabili a ciascuna postazione (unità di offerta), sinteticamente identificabili come unità di servizio.

Il concetto di utente equivalente si fonda sulla ipotesi di poter determinare, per i diversi utenti (utenti domestici e non) qualificati per dimensione e categoria, un coefficiente di produttività specifica in relazione alle diverse frazioni merceologiche. L'implementazione di tali coefficienti permetterebbe di stimare un valore di domanda complessiva, per frazione merceologica, rispetto alla quale effettuare la pianificazione o la verifica del servizio erogato. La determinazione tali coefficienti si basa sulla possibilità di relazionare gli utenti ai servizi effettivamente erogati e, ovviamente, ai dati relativi alle quantità raccolte analizzate per frazione merceologica. Il concetto di unità di servizio rende invece misurabili i comportamenti di un gruppo di utenti, che conferiscono il

rifiuto in una determinata postazione, confrontando le quantità conferite (note) con quelle attese (derivate dalla applicazione dei coefficienti di produttività specifica). L'applicazione di tale concetto alla raccolta differenziata, in particolare, porterebbe alla identificazione degli utenti "virtuosi" a cui dirigere le politiche premiali. Per la determinazione delle unità di servizio è necessario disporre di un modello di associazione domanda - offerta (chi conferisce dove) statisticamente consistente.

Per valutare la realistica delle ipotesi precedenti, e la loro praticabilità tecnica, si tenga conto che le informazioni di cui le Aziende dispongono in maniera diffusa sono:

- anagrafica degli utenti localizzata nominalmente (indirizzo) e qualificata dal punto di vista dimensionale (utenti domestici e non) e per categoria di attività (utenti non domestici);
- anagrafica delle postazioni di raccolta localizzata nominalmente (indirizzo) qualificate per tipologia, dimensione e numero dei contenitori allocati nella postazione per ciascuna tipologia di rifiuto raccolto (indifferenziato, carta, vetro, multimateriale etc.);
- anagrafiche dei servizi (per diverse tipologie di rifiuto) che associano le postazioni al mezzo ed al personale che ha effettuato il servizio;
- anagrafica delle quantità raccolte per ciascun servizio, che associa i volumi (od i pesi) dei rifiuti raccolti alle diverse postazioni di raccolta;
- più raramente, solo nel caso in cui i mezzi che effettuano la raccolta siano dotati di sistemi di pesatura, l'anagrafica delle quantità raccolte per singolo contenitore (e quindi per singola postazione).

A questi si aggiungono gli archivi geografici utilizzabili per il georiferimento spaziale dei dati: numerazioni civiche derivate dalle cartografie tecniche comunali, grafi stradali codificati, areali statistici di riferimento degli indirizzari comunali. Data questa disponibilità informativa sembrerebbe del tutto ovvio di poter giungere alla valutazione di quel rapporto analitico tra domanda ed offerta di cui in precedenza si lamentava l'indisponibilità; in effetti ciò sembra possibile, a patto di disporre di una funzione che associ i diversi termini del rapporto. Tale funzione è ovviamente la geografia.

Questi concetti sono peraltro stati sperimentati dall'Università di Tor Vergata all'interno di una lunga collaborazione convenzionata con l'Azienda Municipale per l'Ambiente del comune di Roma (AMA); producendo quegli strumenti informativi di supporto alle attività di pianificazione e di incentivazione prima descritte.

La metodologia di associazione domanda - offerta

Per la costruzione della associativa tra domanda ed offerta di servizio è preliminarmente necessario generare la localizzazione geografica degli indirizzi (toponimo e numero civico) sedi di unità di servizio (postazione di raccolta) o di unità di domanda (utenza domestica e non domestica). li riferiti alla domanda.

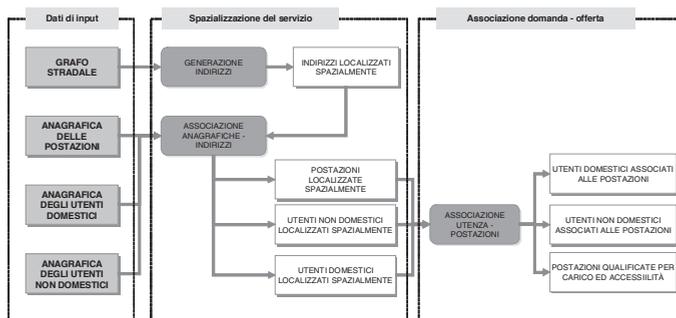


Figura 2 - Flusso di elaborazione per la costruzione dell'associativa domanda - offerta

Nell'applicazione al caso romano, ciò è stato fatto utilizzando come dato di input il grafo stradale Multinet (TeleAtlas) generando, in destra e sinistra degli archi stradali, le corrispondenti posizioni relative agli indirizzi, descritti nella banca dati di input come attributi degli archi stessi. A questo

fine è stata sviluppata una procedura automatica, in ambiente ARCInfo; è stato inoltre sviluppato un applicativo in ARCMAP per la verifica di completezza e per la eventuale integrazione degli indirizzi generati.

Agli indirizzi sono quindi stati associati i dati relativi alle postazioni di servizio e quelli relativi all'utenza.

L'associazione tra domanda ed offerta, in riferimento alle modalità di conferimento a piedi, è effettuato per via geografica:

- simulando possibili spostamenti che l'utenza può compiere per recarsi dalla propria residenza o sede di attività (indirizzo di origine) verso le postazioni più vicine (destinazione – “zona di servizio” per l'utenza). Gli spostamenti su grafo vengono simulati utilizzando regole d'uso preimpostate, relative agli attraversamenti;
- identificando, per ciascun indirizzo di origine, le 5 postazioni più vicine e misurando le distanze percorse su grafo per recarsi ad ogni possibile postazione utile;
- valutando, in funzione del gradiente delle distanze calcolate, la probabilità di conferimento del rifiuto, per ogni indirizzo di origine, in ciascuna postazione potenzialmente utilizzabile da quell'indirizzo,



Figura 3 - Spazializzazione del servizio (in rosso le postazioni di raccolta; in blu la localizzazione dell'utenza)

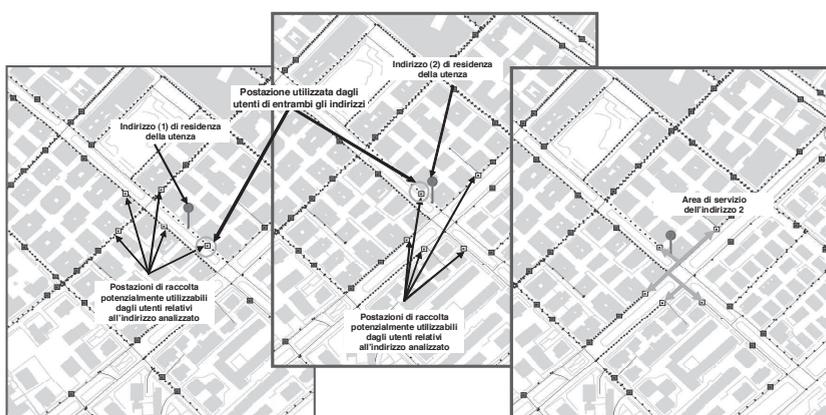


Figura 4 - Associazione domanda-offerta

Ciascun indirizzo del comune risulta quindi associato ad un insieme di postazioni di RD con un valore di probabilità di conferimento decrescente con la distanza.

La metodologia è fondata su un approccio statistico che ipotizza un comportamento medio omogeneo dei gruppi di utenti che si trovano nelle medesime condizioni rispetto all'offerta.

Sono stati spazializzati:

- 168.788 numerazioni civiche
- 48.426 contenitori, organizzati in 25.451 postazioni, di cui 13.627 - Carta; 13.508 - Multimateriale; 45 - Vetro; 21.246 - Indifferenziato
- 1.057.755 utenti domestici per complessivi 2.503.370 individui, associati alle postazioni di raccolta
- 115.301 utenti non domestici, associati alle postazioni di raccolta.

Applicazioni

Qualificando le postazioni in funzione dei moduli che le servono, è possibile associare ad esse i dati relativi ai servizi effettuati ed in particolare alle quantità raccolte in ogni servizio (ripartite per postazione in funzione del livello di riempimento di ciascun contenitore) ed alle frequenze di raccolta. Utilizzando questa base di dati è stato possibile sviluppare diverse applicazioni che sono state quindi sistematizzate all'interno del Sistema Informativo dell'AMA. Di seguito ne vengono brevemente citate le più rilevanti.

Costruzione di indicatori di performance del servizio di raccolta differenziata

Con lo scopo di valutare l'efficacia e l'efficienza nella gestione tecnica dell'infrastruttura di raccolta dei rifiuti solidi urbani, è stata sviluppata una prima applicazione mirata a valutare la performance nel segmento di gestione del servizio di raccolta differenziata alla scala urbana. In tale contesto sono definiti e costruiti specifici indicatori di performance attraverso l'effettuazione di un'analisi del rapporto locale tra l'utenza e il servizio di raccolta differenziata di RUofferta.

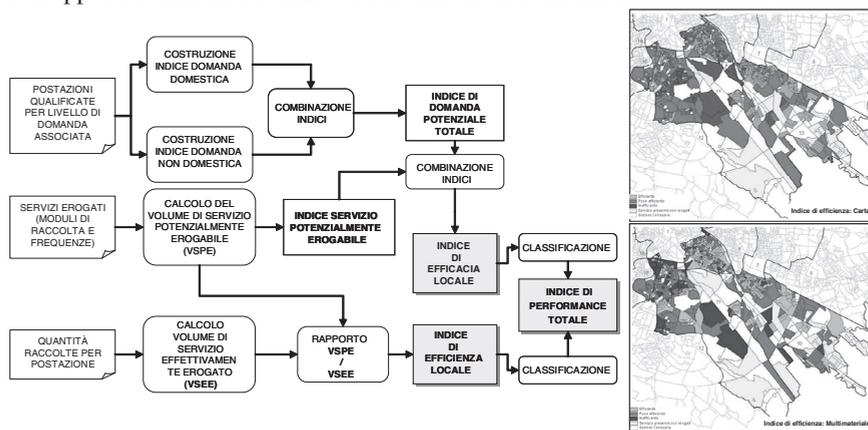


Figura 5 - Indici di performance del servizio di raccolta

L'analisi è finalizzata a verificare a) l'esistenza di una corretta distribuzione delle postazioni di raccolta differenziata in relazione alla distribuzione dell'utenza domestica e commerciale e b) il livello di efficacia ed efficienza del servizio di raccolta differenziata. L'applicazione è stata resa possibile proprio grazie alla disponibilità della banca data geografica delle associative domanda - I risultati ottenuti dall'analisi consistono in indici, restituiti per sezione di censimento, utili ad identificare le zone urbane che necessitano di una verifica della organizzazione del servizio.

Per la costruzione degli indicatori è stato implementato il concetto di utenze equivalente per valutare l'utenza normalizzandola rispetto alle sue diversificazioni (dimensione e categoria).

Incentivazione alla raccolta differenziata

Il Regolamento per l'applicazione sperimentale della tariffa per la gestione dei rifiuti urbani nel Comune di Roma prevede che le utenze domestiche possano godere di agevolazioni per la raccolta differenziata, erogabili attraverso l'abbattimento della parte variabile della tariffa, in base ai risultati, singoli o collettivi, raggiunti dalle utenze stesse.

Sulla base di tale previsione il Comune di Roma ha promosso l'attivazione di un progetto di "Promozione della raccolta differenziata attraverso la sperimentazione di un sistema incentivante" avente lo scopo di riconoscere uno sconto tariffario agli utenti domestici che, nel periodo 15 novembre 2007 - 13 marzo 2008, più avessero contribuito alla raccolta differenziata. L'ammontare complessivo degli sconti da erogare è stato fissato in 900.000,00 €, ripartiti nei 18 Municipi (il primo Municipio è stato escluso in quanto al suo interno opera la raccolta porta a porta) in proporzione al carico domestico presente ed articolato in fasce di sconto da 50, 30 e 15 €.

Per determinare il profilo di conferimento su ciascuna postazione, occorre conoscerne il carico in termini di: utenza domestica, utenza non domestica e dati di raccolta. L'utenza è stata pertanto quantificata con un valore complessivo, trasformando gli utenti non domestici in "utenti equivalenti domestici" attraverso un coefficiente di conversione, che tiene conto del rapporto tra le potenziali capacità produttive delle diverse categorie di utenza. A ciascuna postazione, quindi in funzione delle percentuali di conferimento stimate nella associativa, risulta associato un carico di utenza totale.

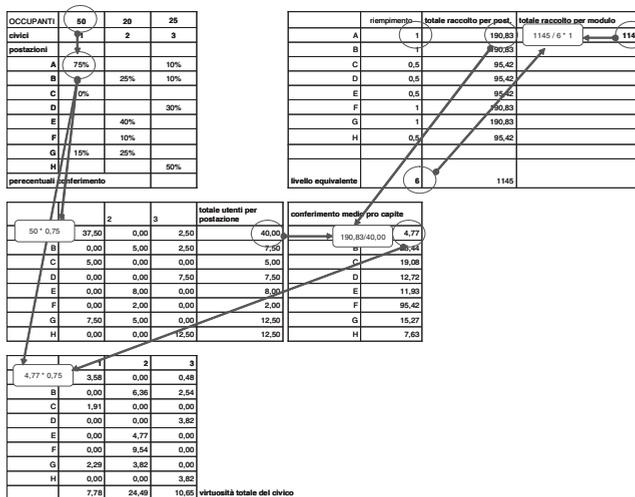


Figura 6 - Flusso di calcolo dell'indice di "virtuosità"

Il carico non domestico viene utilizzato come contributo negativo al conferimento, in quanto lo sconto è rivolto esclusivamente alle utenze domestiche.

Per attribuire i dati di raccolta alle postazioni occorre inoltre analizzare il servizio di raccolta. Sebbene non sia nota la pesatura dei singoli contenitori, esiste una relazione tra postazioni e peso del rifiuto raccolto, definita dallo stato di riempimento dei contenitori. Note le quantità raccolte da ciascun modulo, attraverso lo stato di riempimento è possibile qualificare ogni singolo contenitore in termini di quantità in esso contenute all'atto della effettuazione del servizio.

Per raffrontare i comportamenti delle utenze è stata infine costruita, per singola postazione, una matrice di "virtuosità" basata sulla valutazione della media di conferimento pro-capite.

Proiettando la virtuosità di ciascuna postazione sugli indirizzi ad essa associati, secondo una ripartizione proporzionale alla probabilità di conferimento, si determina la virtuosità di un indirizzo come somma delle virtuosità relative alle postazioni in cui l'indirizzo conferisce.

I risultati relativi agli sconti effettuati sono riportati in tabella.

Pop.	Utenze	Mun.	Perc.	Budget (€)	Numero di sconti ripartiti per fascia e Municipio			Totale sconti erogati
				900000	50,00%	30,00%	20,00%	
					€50,00	€30,00	€15,00	
115622	55045	1						
123057	56048	2	5,15%	46.383,16	463,83	463,83	618,44	1.546,11
59197	26989	3	2,48%	22.312,78	223,13	223,13	297,50	743,76
199481	84794	4	8,35%	75.189,22	751,89	751,89	1.002,52	2.506,31
173899	70348	5	7,28%	65.546,74	655,47	655,47	873,96	2.184,89
117324	50543	6	4,91%	44.222,25	442,22	442,22	589,63	1.474,08
104577	42351	7	4,38%	39.417,60	394,18	394,18	525,57	1.313,92
175382	64885	8	7,35%	66.105,72	661,06	661,06	881,41	2.203,52
128465	59117	9	5,38%	48.421,57	484,22	484,22	645,62	1.614,05
165032	67794	10	6,91%	62.204,55	622,05	622,05	829,39	2.073,49
125502	55987	11	5,26%	47.304,74	473,05	473,05	630,73	1.576,82
134929	53847	12	5,65%	50.858,01	508,58	508,58	678,11	1.695,27
170250	67449	13	7,13%	64.171,34	641,71	641,71	855,62	2.139,04
128864	54073	15	5,40%	48.571,96	485,72	485,72	647,63	1.619,07
129574	57013	16	5,43%	48.839,58	488,40	488,40	651,19	1.627,99
69057	31986	17	2,89%	26.029,25	260,29	260,29	347,06	867,64
112934	46894	18	4,73%	42.567,56	425,68	425,68	567,57	1.418,92
148134	61569	19	6,20%	55.835,29	558,35	558,35	744,47	1.861,18
122090	51023	20	5,11%	46.018,68	460,19	460,19	613,58	1.533,96
Utenze valide	2.387.748	1.002.710		900.000,00	9.000,00	9.000,00	12.000,00	30.000,00

Utenze totali trattate	2.503.370	1.057.755
-------------------------------	------------------	------------------

Conclusioni

La disponibilità di una associazione, spazialmente definita, tra domanda ed offerta di servizio consente, come le applicazioni precedenti mostrano, di ottenere significativi risultati in termini tanto di controllo dei comportamenti dell'utenza quanto di ottimizzazione del servizio erogato.

Tali benefici, che in prima istanza possono essere direttamente riferiti ai processi gestionali interni dell'Azienda di Servizio, possono essere però anche valutati in senso più generale se riferiti al contesto urbano complessivo.

A livello urbano, infatti, la possibilità di pianificare in maniera integrata il servizio di raccolta (differenziata ed indifferenziata) consente:

- di minimizzare l'impatto che l'infrastruttura logistica dell'Azienda di servizio produce sull'assetto dello spazio pubblico, riducendo o comunque distribuendo in maniera coerente con la effettiva domanda le postazioni di raccolta;
- di ottenere un risparmio dal punto di vista delle risorse (umane, e di mezzi) erogate per la effettuazione della raccolta, in quanto ad esempio le frequenze di svuotamento possono essere calibrate sull'effettivo andamento dei riempimenti; ciò può produrre inoltre un beneficio in termini di emissioni legate al flusso dei mezzi di raccolta;

La condizione per cui tali benefici si manifestino in forma permanente all'interno del processo di gestione dei rifiuti è che le funzioni di pianificazione, di monitoraggio e di controllo proprie dell'Azienda vengano appoggiate a questa nuova vista integrata del servizio, includendo in ciò anche il mantenimento dinamico delle relazioni istituite tra la componente di domanda e quella di offerta.

A questo fine, all'interno del rapporto convenzionato tra Università di Tor Vergata ed AMA dal 2006, è stato prodotto un Sistema Informativo Integrato che fornisce il supporto operativo a tali funzioni.

GEOSHARE: PROGETTO DI PRODUZIONE E CONDIVISIONE DI DATI TERRITORIALI

Ciro ROMANO (*), Aldo FACCHIN (**)

(*) CNR IBAF Via Pietro Castellino 111 - 80127 Napoli - Tel. 081.6132497 - ciro.romano@cnr.it

(**) GEOSOFT srl Viale Lino Zanussi 8/d - 33170 Pordenone - Tel. 0434.571581 - aldo.facchin@geosoft.it

Riassunto

Malgrado tante iniziative a livello internazionale e anche nazionale, vi è tanto da fare verso un uso generalizzato, oltre che davvero efficace ed efficiente, dei dati territoriali. In particolare, risulta generalmente rara e carente la presenza di procedure da cooperazione applicativa nel settore dei dati territoriali. Nell'ambito delle attività previste per il progetto GEOSHARE, in questo articolo si vuole illustrare un architettura di sistema, implementata con le tecnologie della ditta GeoSoft srl, che fornisce un ambiente operativo adeguato a fornire soluzioni rispetto soprattutto a quella che può essere definita cooperazione applicativa "interna", quella cioè che si dovrebbe instaurare nei processi produttivi del dato, specialmente quando la sua produzione coinvolge più aziende, generalmente suscettibili di integrazione in una logica di filiera produttiva.

Abstract

In spite of many national and international initiatives, there is much to make towards a generalized and efficient use of geospatial data. Particularly, it's generally rare and devoid the presence of procedures of cooperation in geospatial data applications. Within the activities scheduled for GEOSHARE plan, in this article will be illustrate a system, implemented with the technologies of company GeoSoft srl, that supplies an operating implementation, adapted to find solutions in the production data processes, especially when the production involves many companies to integrate in a productive chain.

L'idea progetto GEOSHARE

Il progetto parte dalla problematica generale della transizione in atto dalle tradizionali "cartografie" ai "dati territoriali" che significa passare da un uso dei dati tipicamente "rappresentativo" e finalizzato essenzialmente alla riproduzione cartacea e come tale limitato, oltre che statico e rigido nei modi di diffusione ed aggiornamento, ad un uso propriamente "informativo" e per questo contraddistinto da finalità propriamente gestionali, in particolare per realizzare una conoscenza completa, integrata, permanente e diffusa dell'ambiente e del territorio.

In ambito internazionale ed europeo in particolare, l'approvazione della Direttiva INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) e le attività di standardizzazione avanzate in ambito ISO e OGC (*Open Geospatial Consortium*) delimitano un quadro operativo in fase evolutiva ma già ben definito per l'interoperabilità e la diffusibilità delle informazioni geospaziali.

In Italia, vanno citate le attività svolte in passato dall'IntesaGIS, che hanno condotto all'emanazione delle specifiche tecniche per i DataBase Topografici, nonché vanno menzionati alcuni progetti operativi quali, in particolare, SIGMA TER relativo all'uso dei dati catastali e il PCN (Portale Cartografico Nazionale) del Ministero dell'Ambiente. I dati territoriali, del resto, sono trattati all'art 59 del Codice dell'Amministrazione Digitale che tra l'altro istituisce il Comitato sui dati territoriali a cui è affidato il compito di definire le regole tecniche per la realizzazione delle basi dei dati territoriali, la documentazione, la fruibilità e lo scambio dei dati stessi tra le pubbliche amministrazioni centrali e locali in coerenza con il Sistema Pubblico di Connettività (SPC).

Malgrado tante iniziative a livello internazionale e anche nazionale, vi è tanto da fare verso un uso generalizzato, oltre che davvero efficace ed efficiente, dei dati territoriali. In particolare, risulta generalmente rara e carente la presenza di procedure da cooperazione applicativa nel settore dei dati territoriali. Su tale aspetto questo progetto concentra la sua attenzione, ritenendolo assolutamente cruciale, in quanto la vera innovazione è sicuramente in un uso il più possibile interattivo e dinamico dei dati, ma anche nell'implementazione di servizi applicativi sempre più evoluti che possano essere utilizzati da imprese, amministratori pubblici, ricercatori, professionisti o semplici cittadini.

Il progetto intende sperimentare metodi innovativi di rilievo, produzione, elaborazione e diffusione di dati territoriali, in particolare utilizzando metodi da cooperazione applicativa, a partire dal territorio della Campania dove sono maggiormente collocati, e per buona parte operano, i soggetti coinvolti nel progetto. I soggetti sono gruppi di ricerca o Istituti del CNR e soggetti privati che operano nel settore, in un giusto mix di pubblico/privato e di ricerca/applicazioni di grande utilità, come ampiamente messo in luce, per lo sviluppo complessivo del sistema paese o specifico del territorio regionale.

Un obiettivo importante del progetto è quello dell'innovazione integrata dei processi in un'ottica di *governance*. In effetti, le aziende nazionali, e particolarmente campane, nel campo della produzione, elaborazione e diffusione di informazioni geospaziali, oltre ad essere spesso piccole, sono particolarmente non "connesse" tra loro anche lì dove non ci sono sovrapposizioni operative in termini di concorrenza, ma solo invece grandi potenzialità in termini di cooperazione e di "fertilizzazione incrociata" in una logica di filiera.

L'idea è dunque quella di riunire buona parte delle forze presenti in un progetto che porti alla realizzazione di una filiera di rilievo, produzione, elaborazione e diffusione dei dati territoriali che sia efficace ed efficiente soprattutto nei tempi e costi di elaborazione e spinga le aziende ad innovare i processi operativi con metodi da cooperazione applicativa in ogni fase della filiera: dal rilievo, fino all'elaborazione finale e diffusione dei dati. In questo senso, dunque, la cooperazione applicativa è sia metodo ed obiettivo "interno" alle attività di produzione ed elaborazione dei dati e che dunque deve riuscire ad innovare i processi operativi aziendali, ma anche finalità "esterna" ai processi produttivi stessi, i quali devono sempre più condurre, come si diceva, alla fornitura di servizi effettivamente in grado di agevolare attività operative di altri soggetti, siano essi pubblici o privati, professionisti o semplici cittadini.

Nell'ambito delle attività previste per il progetto, in questo articolo si vuole illustrare un architettura di sistema, implementata con le tecnologie della ditta GeoSoft srl, che fornisce un ambiente operativo adeguato a fornire soluzioni rispetto soprattutto a quella che si definiva cooperazione applicativa "interna", quella cioè che si dovrebbe instaurare nei processi produttivi del dato, specialmente quando la sua produzione coinvolge più aziende, generalmente suscettibili di integrazione in una logica di filiera produttiva.

Descrizione dell'architettura di produzione dei dati

L'architettura di GEOSHARE nella sua parte più strettamente produttiva è formata da varie componenti che sono integrate tra loro in gran parte via web. Il cuore del sistema è costituito da un *datacenter* che ospita il server in cui sono implementati i dati e le funzionalità principali; ad esso si collegano in internet vari tipi di client con diverse funzionalità, possibilità di accesso e condivisione dei dati.

Il server

Il server centrale è ospitato presso il *datacenter* di un provider di telecomunicazioni ed è protetto dai rischi di intrusione fisica e logica, da rischi di interruzione dell'alimentazione, dai rischi di interruzione della connessione alla rete Internet e da altre evenienze del genere.

I criteri di amministrazione remota di tale macchina sono estremamente rigidi e sicuri e consentono l'accesso solo al/ai gestori del database e solo a indirizzi IP statici e preventivamente autorizzati nel *firewall*. Ovviamente, il sistema è collegato mediante fibra ottica alla dorsale Internet, per cui l'aumento della banda passante è di fatto un'operazione puramente commerciale. La banda attualmente a disposizione è di 4096 Kbs in download e 3072 Kbs in upload.

La dotazione software del server comprende, oltre al S.O. e ad utilità di base come l'antivirus, i seguenti componenti:

- DBMS SQL Server, che ospita il geodatabase e tutte le tabelle di supporto;
- GCarto iNet Application Server, che svolge le attività di mapping e GIS per i client, oltre alla gestione delle librerie di simboli, dei permessi associati alle tipologie di utenti, ecc.;
- GCarto iNet Web Extension, che è una applicazione ISAPI per IIS 6.0 e fa da ponte tra l'Application Server e i client basati su browser (WebGIS).

Il server così strutturato è adeguato alla predisposizione degli ambienti di base per iniziare la compilazione di nuovi geodatabase o l'aggiornamento di geodatabase esistenti (es. mediante importazione di ESRI Shapefile oppure mappe in formato DWG/DXF).

Le attività periodiche consistono nella manutenzione del database (compressione, ricostruzione indici, backup) e sua esportazione i formati file diversi (ad esempio in ESRI Shapefile) con cadenza temporizzata ed accesso dall'esterno attraverso download in FTP o altri metodi concordati.

Il programma GCarto iNet Application Server si occupa inoltre della storicizzazione del geodatabase, memorizzando data, ora, username di ogni modifica effettuata; in tal modo ogni oggetto risulta avere un proprio storico.

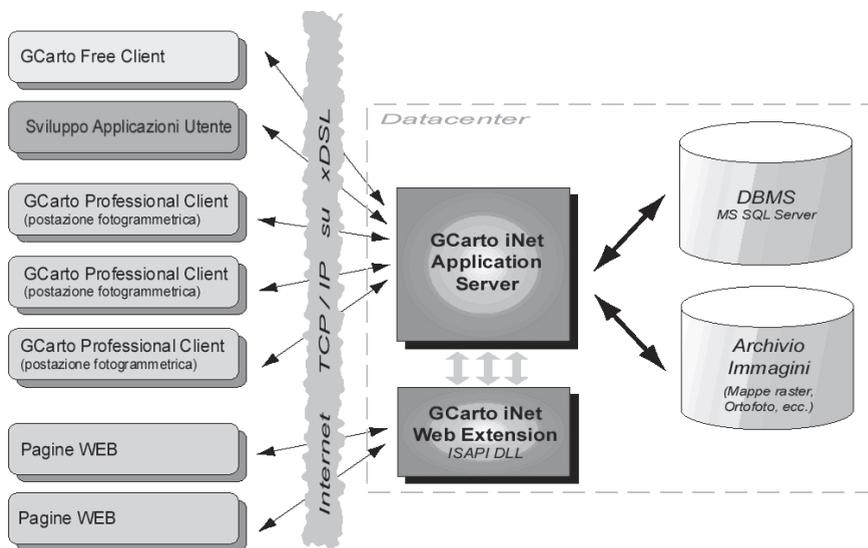


Figura 1 Schema funzionale dell'architettura di sistema

I client per produzione

I client per la produzione sono dotati di monitor per la visione stereoscopica (schermo CRT + dispositivo ZScreen e occhiali polarizzati; in alternativa, monitor LCD stereoscopico e occhiali polarizzati) nonché di sistema di puntamento (mouse + trackball per la quota, oppure mouse 3D professionale), oltre al un normale PC collegato ad Internet con collegamento almeno di tipo ADSL. Dal punto di vista del software, la configurazione minima prevede *GCarto 2008 Professional*, *GDS Stereo* ed eventualmente moduli aggiuntivi per la compilazione e l'editing di database topografici. All'avvio del software, l'utente deve immettere i dati del proprio account (username, password) ed in base al proprio profilo, il server gli consentirà di accedere ad un elenco di tematismi disponibili. Quando l'utente lavora in questa modalità, le sue attività sono immediatamente memorizzate nel server e quindi vengono rese disponibili in tempo reale agli altri utenti in linea in quel momento.

Il server attiva un meccanismo di *lock* relativo al singolo oggetto per cui previene qualsiasi conflitto legato alla modifica contemporanea di un oggetto da parte di due utenti.

Oltre a questa modalità, l'utente può attivare una *long time transaction*, che consiste nel prendere possesso di una porzione della banca dati. I record che corrispondono al criterio (tipicamente fogli, modelli di restituzione oppure tematismi interi) vengono copiati in locale nel PC dell'utente e marcati *read only* nel database centrale in modo che gli altri utenti non li possano modificare. L'utente che li ha in carico può anche disconnettersi dal sistema e modificarli in locale secondo le proprie necessità. Alla fine di questa attività, può decidere di sbloccare gli oggetti nel server, aggiornandoli con la nuova versione che ha in locale (*commit* della transazione), oppure abbandonare le modifiche e tornare alla versione originale degli oggetti stessi (*rollback* della transazione). Come ultima possibilità ha anche quella di compilare ex-novo un tematismo oppure una porzione di mappa e di pubblicarla nel server iniziando da quel momento la gestione centralizzata.

Nella vista stereoscopica in ogni caso l'utente può sempre integrare la visione degli oggetti disponibili in remoto con altri disponibili in locale nel proprio PC.

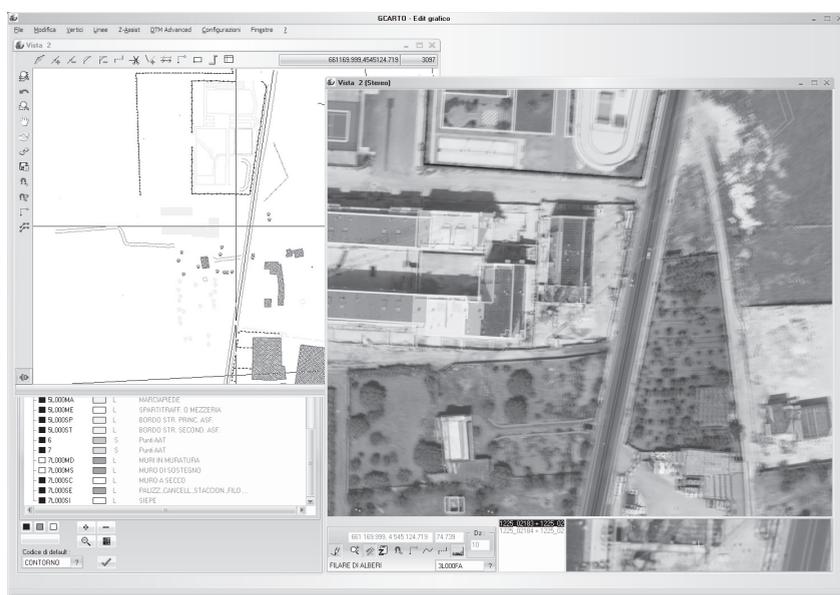


Figura 2 L'interfaccia di GCarto 2008 con la finestra stereoscopica aperta sul GeoDB remoto

I client per consultazione

I client per la consultazione si basano su un semplice browser internet.

Per accedere alla pagina Web può essere richiesta l'autenticazione mediante username e password; la visualizzazione dei vari componenti della pagina (mappa, elenco tematismi, ecc.) è basata su *applet* Java.

Sono programmabili *query* per la ricerca degli oggetti; sono invece inibite tutte le funzioni di modifica, allo scopo di aumentare al massimo il livello di sicurezza globale.

L'interfaccia di accesso è strutturata in modo da consentire ad un numero più o meno vasto di utenti di consultare la cartografia (o meglio, il geodatabase) in tempo reale, man mano che viene popolato e/o aggiornato.

I principali destinatari dell'interfaccia di consultazione sono:

- i Collaudatori;

- il personale preposto alla Direzione Lavori;
- l'Ente Appaltante;
- il management delle Imprese produttrici;
- qualsiasi altro tecnico o professionista interessato ai dati.



Figura 3 Esempio di interfaccia Web per l'accesso al geodatabase in consultazione

Altri tipi di client

Per l'accesso attraverso il protocollo TCP/IP sono disponibili anche altri tipi di client. In particolare il programma GCarto iNet mette a disposizione un *free client* che consente ad un utente che si è registrato di connettersi al sistema e, se le sue credenziali lo consentono, di visualizzare ed editare le *features* nonché i relativi attributi in modalità monoscopica come un qualsiasi sistema GIS.

In alternativa, per applicazioni più specifiche, tale client è disponibile anche come controllo ActiveX per essere integrato in applicazioni di terze parti.

Esempi di applicazioni (alcune in commercio, altre ad uso interno) realizzate con questa logica sono:

- GVS Gestione Strade, per la creazione, gestione e manutenzione del Catasto Strade;
- Redazione del Certificato di Destinazione Urbanistica;
- Analisi del cambio di Destinazione Urbanistica tra differenti varianti di un PRGC;
- Gestione dell'ICI dei terreni;
- Gestione di manufatti ed attraversamenti (per Enti Gestori di Strade).

Benefici del sistema

Nonostante la complessità del sistema (specie se rapportata ai normali sistemi di produzione impiegati fino a pochissimi anni fa, basati su PC che erano al massimo collegati in rete se installati nella stessa sede), l'impatto sugli utenti è estremamente limitato, nonché toglie ai normali operatori di restituzione tutte le incombenze tipicamente informatiche che facevano perdere tempo e potevano essere fonte di errori. Si pensi soltanto alla necessità di scambiarsi i file di restituzione per le attività

di attacco bordi, e quanto ciò è oggi ancora più complesso con l'elaborazione dei geodatabase. Si tenga conto inoltre dei problemi di integrità topologica connessi a operazioni di questo tipo, oppure alle problematiche dovute all'introduzione di qualche codifica non prevista inizialmente nel Capitolato Tecnico, specialmente quando il lavoro è suddiviso all'interno di un'ATI.

Con l'infrastruttura di condivisione chiamata GEOSHARE tutte queste attività vengono centralizzate per cui le realtà produttive che traggono maggiore beneficio sono proprio quelle più piccole, le quali, generalmente, non hanno al loro interno una divisione IT (*Information Technology*). Inoltre, il sistema si è rivelato facilmente scalabile, in quanto ad ogni operatore di restituzione basta un PC con un monitor stereo LCD (oltre, ovviamente, alle licenze del software).

Il lavoro di gruppo è controllato, sincronizzato e gestito dal sistema, per cui gli altri utenti possono vedere in tempo reale quello che stanno facendo i loro colleghi, anche se questi sono ubicati in sedi geograficamente distaccate, con benefici enormi soprattutto in ambito di associazioni temporanee di imprese, consorzi, ecc.

Alcune attività di collaudo e direzione lavori possono essere espletate attraverso il WebGIS e/o ulteriori client attivabili, per esempio, la sola lettura sulla banca dati, ottenendo una maggiore trasparenza nei rapporti con l'Ente appaltante.

Il sistema è quindi attivabile sia per realtà locali distribuite sul territorio che per esempio per l'esecuzione di lavori in ATI.

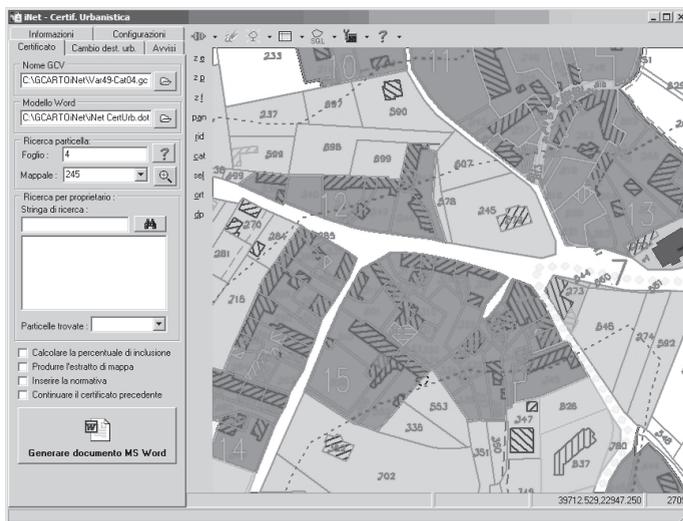


Figura 4 Esempio di applicazione per il CDU da remoto

Problemi aperti e implementazioni future

Lontani dal pensare di aver implementato il sistema perfetto, conosciamo almeno alcuni degli aspetti critici che andranno sicuramente affrontati in futuro. Sicuramente bisognerà affrontare il problema della gestione centralizzata delle immagini (e dei dati di orientamento interno/esterno) e il conseguente sistema ottimale per lo streaming, affinché il sistema rimanga comunque performante all'interno delle disponibilità di banda (tipicamente ADSL) disponibili nel territorio. Una ulteriore possibilità di sviluppo è rappresentata dall'implementazione di protocolli di comunicazione basati su standard WFS (*Web Feature Services*) così come definito dall'*Open Geospatial Consortium*, in modo da consentire una ancora maggiore interoperabilità nell'uso dei dati.

MODELLI METRICI E MODELLI PERCETTIVI PER LA COMUNICAZIONE DELL'ARCHITETTURA

Alfredo RONCHETTA

Politecnico di Torino – DINSE – viale Mattioli 39 - 10125 Torino
e mail: alfredo.ronchetta@polito.it

Riassunto

Il testo tratta dell'utilizzazione di modelli spaziali per la comunicazione dell'architettura. Si considerano i risultati di una sperimentazione, svolta nell'ambito del rilievo del Palazzo Reale di Torino, che ha messo a fuoco tre differenti tipologie di modelli metricamente fondati e georeferenziati. La riflessione introduce a un'idea di modello inteso come "struttura di conoscenza" che non sia tanto finalizzato alla rappresentazione della forma architettonica, quanto piuttosto all'organizzazione dei dati in un "territorio" esplorabile.

Abstract

The text deals with the utilization of spatial models for communicating architecture. It is concerned with the results of experimentation carried out during the survey of the Royal Palace of Torino and focuses on three different types of metrically and geo-referentially established models. This introduces the idea of a model intended as a "knowledge structure", which does not purport to be a representation of the architectonic form but rather, a representation of the organization of data within an explorable "territory."

Il Modello come Interfaccia

Il modello grafico informatico tridimensionale è, per sua natura, spesso eletto a interfaccia cognitiva in applicazioni multimediali dedicate alla comunicazione dell'architettura.

La relazione tra *modello/interfaccia*, da un lato, e *oggetto della comunicazione* (lo spazio edificato), dall'altro, è intuitiva e riconoscibile tanto nell'insieme quanto nelle parti. La modalità di navigazione, di movimento nella struttura dei dati, è estremamente naturale e simula il movimento nello spazio reale. I dati contenuti nell'applicazione vengono facilmente organizzati secondo uno schema spaziale: dati dimensionali, dati formali, dati visivo-percettivi, dati strutturali, dati sul contenuto dell'edificio (opere d'arte, arredi, decori), dati sull'uso e le funzioni, ecc. Persino quell'insieme di dati legati alla dimensione temporale, come la storia dell'edificio, il suo progetto, le sue trasformazioni o i progetti futuri, bene si prestano a essere strutturati in relazione al modello dello spazio reale. E se il dato, per sua natura mediale (ad es. un testo), non può trovarvi supporto, facilmente sarà possibile aprire finestre puntuali su ambienti mediatici differenti (testuali, sonori, cinematografici ecc.)

Per tutte queste ragioni, dunque, il modello spaziale 3D costituisce un'eccellente interfaccia grafica su cui strutturare il "territorio dei dati". Tuttavia la realizzazione di un modello infografico, derivato da un rilevamento metrico, richiede un investimento cospicuo, sia in termini economici, per i tempi della sua realizzazione, sia in termini di "peso" informatico, che rendono difficoltosa la sua gestione nei comuni applicativi dedicati alla comunicazione. Sono pertanto generalmente utilizzate modalità più semplici e più leggere, fondate più sulla presa e l'elaborazione fotografica che sulla misura rilevata. Considererò quindi dapprima tre tipologie di **modello spaziale** con differenti livelli di

definizione metrica e un esempio di modello, sempre spaziale, che non fa alcun uso della misura, e non porta quindi con sé l'informazione metrica. Questo introdurrà il concetto di **modello di conoscenza**, che sarà argomento di una mia prossima comunicazione, dove verrà considerato come anche il modello spaziale, opportunamente alleggerito, possa svolgere funzione di **interfaccia di comunicazione** e come, anche se non generato da operazioni di misura, possa consentire l'accesso a dati metrici di qualità attraverso legami ipertestuali.

Modelli 3D Metricamente Definiti

Nell'ambito di una ricerca coordinata dal prof. Bruno Astori, volta alla realizzazione del rilievo del Palazzo Reale a Torinoⁱ, per cui ho curato lo studio degli aspetti relativi all'utilizzazione di modelli 3D per la comunicazione, ci proponemmo di portare a sperimentazione alcune tipologie di modelli sufficientemente leggere da poter essere gestite in tempo reale, come spazi virtuali, e che al contempo fossero metricamente fondate e georeferenziate. Si trattava, cioè, di sperimentare diverse strade per il contenimento della complessità del modello e di verificare quali potenzialità, e quali limiti, ciascuna di queste strade comportava, e, soprattutto, si cercava di capire in quale direzione operare per alleggerire il modello, senza perderne la valenza metrica. Inoltre si cercava di entrare nel merito di soluzioni miste, introducendo nella modellazione su base metrica tecniche di fotorealismo e, per converso, cercando di dare all'immagine fotografica attendibilità dimensionale.

Gli Oggetti Modellati

La sperimentazione è stata applicata ad alcuni ambienti interni al Palazzo Reale, non accessibili al pubblico durante il percorso di visita. Si tratta della *Sala Orba*, della *Scala Quagliera*, della *Sala della Colazione* e di alcuni vani di servizio di pertinenza. Questi locali costituiscono un insieme volumetricamente complesso, e quindi un interessante tema di esercizio.

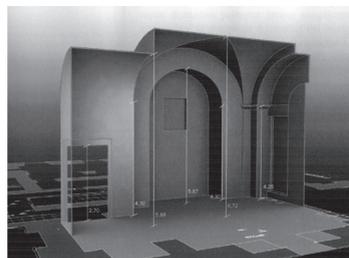
Le Tipologie di Modello

I modelli sono stati eseguiti da Andrea Chieli e Patrik Testa, con la guida dell'arch. Antonia Spanò, e le procedure utilizzate sono descritte per esteso nella loro tesi di laurea magistrale, discussa presso la Seconda Facoltà di Architettura del Politecnico di Torinoⁱⁱ e presentata al workshop internazionale ISPRS – Ancona 2003 -ⁱⁱⁱ. I modelli si sono riferiti, con l'integrazione di alcune misure, al rilievo metrico precedentemente citato. Mi limiterò quindi a enunciare qui di seguito le linee guida che decidemmo di adottare per ciascuno dei modelli sperimentali. Ciò mi consentirà di sviluppare successivamente alcune riflessioni in relazione alla integrazione tra modelli spaziali e sistemi informativi multimediali. Le tipologie di modello spaziale considerate sono:

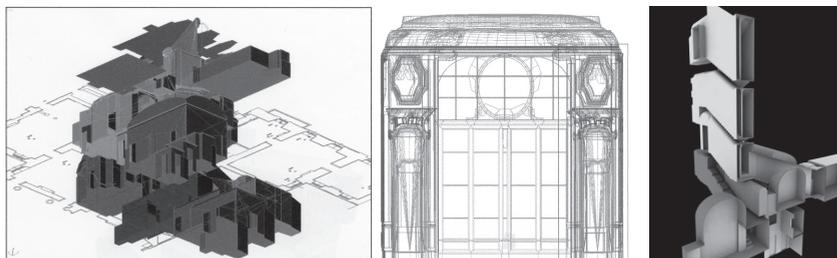
- Il modello geometrico
- Il modello metrico fotorealistico
- Il modello fotorealistico semplificato

Il Modello Geometrico

La base metrica del modello geometrico è costituita dalle piante e dagli alzati del rilievo del palazzo, epurati da tutti gli elementi decorativi, in modo da metterne in luce esclusivamente la struttura muraria. Il processo di riduzione della complessità è, in questo caso, fondato sulla semplificazione della forma attraverso la sua geometrizzazione. Questo comporta sia un processo di lettura della forma architettonica, di carattere interpretativo e critico, che consenta di identificare gli enti geometrici che la costituiscono, sia un'integrazione dell'opera di misura, al fine di verificarli metricamente. Il risultato,



apparentemente scarno e poco accattivante, è invece cognitivamente di qualità molto elevata, frutto di operazioni interpretative colte. Si pensi in proposito agli studi sulla geometria a sostegno della forma sviluppati da Attilio De Bernardi e, successivamente, da Paolo Bertalotti e Mauro Luca De Bernardi^{iv}.



Il Modello Metrico Fotorealistico

Il modello metrico fotorealistico è finalizzato alla visualizzazione dell'ambiente con la massima impressione di realtà, pur mantenendo l'attendibilità metrica alla rappresentazione.

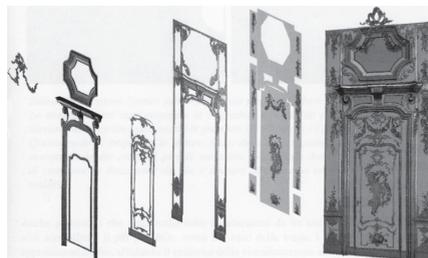


La comunicazione si sposta dalla forma dello spazio all'apparato decorativo e ai dettagli che il precedente modello ometteva.

La finalità resta comunque più simulativa che analitica, ed è volta alla realizzazione di un ambiente virtuale utilizzabile a scopo immersivo.

L'esempio nell'immagine mostra il modello della *Sala Orba*, che abbiamo visto realizzato prima come modello geometrico, rivestito delle "textures" fotografiche.

La modellazione fa uso prevalente di raddrizzamenti fotografici, scomposti nei principali piani in cui si articola l'oggetto, appoggiati sulla sua geometria accuratamente rilevata. La procedura è complessa, richiede elevato investimento e il risultato è pesante e di difficile gestione interattiva.



Anche l'uso dei laser scanner ad alta risoluzione, che possono dare immagini tridimensionali di elevata precisione e dettaglio, attraverso procedure meno onerose, non risolve il problema della elevata dimensione informatica del modello risultante. Ogni operazione di alleggerimento del modello, ad esempio attraverso la riduzione del numero dei poligoni, deve mantenersi in limiti molto contenuti, in quanto un'eccessiva riduzione comporterebbe una perdita di qualità del dato metrico.

Dal punto di vista cognitivo osserviamo che la finalità informativa del modello è prevalentemente simulativa, volta cioè a restituire la sensazione percettiva dell'ambiente. Può dunque risultare conveniente separare l'informazione metrica da quella percettiva, consentendo comunque il passaggio in ogni momento dall'una e all'altra.

Il Modello Fotorealistico Semplificato

Da questa considerazione deriva la terza ipotesi di modellazione, analoga nell'esecuzione alla precedente, ma con l'obiettivo di ridurre al massimo i tempi di lavorazione e alleggerire il risultato: raddrizzamenti con pochi punti di appoggio, rilevati non per via topografica senza rigorosa georeferenziazione, un modello con minor numero di poligoni ecc.

La *Sala della Colazione*, nel palazzo Reale, è stata modellata secondo questa linea operativa. Tuttavia ho scelto un altro esempio di modellazione fotorealistica, in quanto le immagini della *Sala della Colazione* non si discosterebbero da quelle considerate in precedenza.

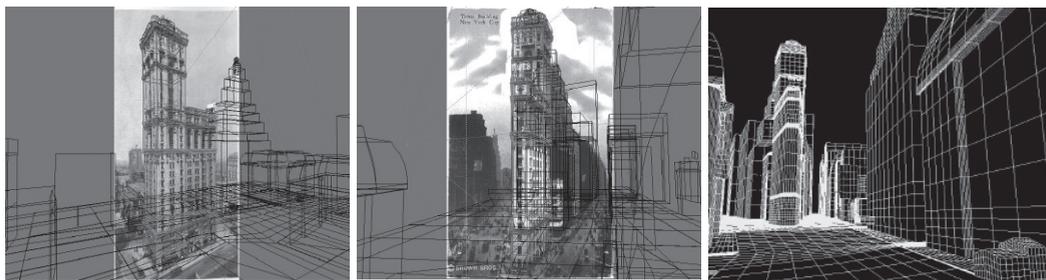
Il Modello di Fotorealistico per il Cinema

Uno dei principali campi applicativi della modellazione spaziale 3D è sicuramente il cinema, e in particolare quel settore della produzione cinematografica che si appoggia molto all'informatica e va comunemente sotto il nome di "effetti speciali". È un settore, questo, che sta occupando sempre maggiore spazio nella realizzazione dei film, e, soprattutto, che va allargando la sua operatività dalla costruzione di "effetti" alla gestione integrale dell'immagine cinematografica in modo sintetico. La modellazione spaziale è dunque di primaria importanza, e la tridimensionalità del modello è ciò che consente la movimentazione del punto di vista.

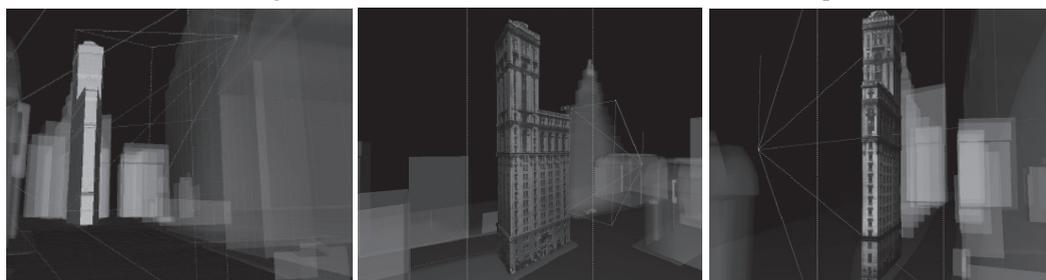
La finalità dei modelli destinati al cinema è dunque esclusivamente percettiva e lo scopo è quello di ottenere il massimo di "impressione di realtà" e il massimo di verosimiglianza, senza alcun interesse per l'informazione metrica. Da molti anni mi occupo di questo campo di applicazione sia in ambito di ricerca, sia in ambito didattico, e l'esempio che porto è una sperimentazione che provammo a realizzare nel contesto di una tesi di laurea in Architettura al Politecnico di Torino⁹. Si tratta della ricostruzione tridimensionale di Times Square, come appariva negli anni trenta/quaranta. Questo aspetto del tema è ciò che rende l'esercizio particolarmente interessante: lo scopo è ricostruire un'atmosfera, oltre che uno spazio urbano. Ne illustro qui a seguito sommariamente la procedura, in modo da poterne considerare le caratteristiche e le possibilità applicative.



Il materiale di partenza era costituito da poche cartoline dell'epoca, trovate in Internet.



Dalle immagini, senza alcuna informazione metrica, ma soltanto attraverso passaggi di geometria proiettiva, si sono ricostruiti i punti di presa e le caratteristiche di focale. Da qui infine, mettendo in coerenza le diverse immagini, si è arrivati a un modello della volumetria della piazza.



I rilievi e gli oggetti sono ottenuti in fase di rendering utilizzando mappature basate su differenze di toni di grigio (mappe di “bump” e “displacement”)^{vi}. Le fotografie originarie e le relative mappe di “bump” sono state riproiettate sul modello volumetrico come “textures”.



Elementi di ambiente (la neve a terra, le automobili d'epoca) e alcuni effetti generati con algoritmi dedicati (la nebbia e i fiocchi di neve che scendono) aggiungono realismo all'immagine.



Nello spazio tridimensionale modellato è quindi possibile programmare dei movimenti di camera con un elevato grado di verosimiglianza.

Questo genere di modelli che derivano da fotografie e le ripropongono in una ricostruzione tridimensionale dello spazio, ha dunque, come finalità primaria, quella di mantenere un alto livello di simulazione percettiva. L'informazione metrica, qualora sia parte dell'insieme di dati che il

sistema informativo vuole trasmettere, potrà ancora essere reperita attraverso il modello, ma dovrà essere collocata al di fuori di esso.

Il modello, che in questo caso viene ad assumere funzione di interfaccia, servirà quindi soltanto a consentire l'accesso al "territorio dei dati" che costituisce il sistema informativo e di cui l'informazione metrica sarà parte.

I Modelli di Conoscenza

Nasce quindi l'esigenza di una ulteriore tipologia di modello, non più spaziale, ma informativo, la cui natura è necessariamente multimediale e la cui finalità è quella di consentire l'esplorazione del "territorio dei dati" relativo al rilievo, attraverso legami di natura ipertestuale. Il "territorio dei dati" può in questo modo estendersi e includere un articolato di informazioni molto più ampio della informazione metrica, diventando una struttura di conoscenza complessa e altamente interconnessa. Una mia prossima comunicazione darà conto delle sperimentazioni condotte in questa direzione.

ⁱ Il gruppo di ricerca, coordinato dal prof. Bruno Astori, che ha realizzato il rilievo metrico del Palazzo Reale, era composto da Valentina Bonora, Franca Ceresa, Mauro Luca De Bernardi, Mauro Gallivanone, Gabriele Garnero, Fabrizio Goggi, Antonia Spanò, Valentina Treves e Ursula Zich.

ⁱⁱ Chieli A. e Testa P., *Uso di modelli metrici 3D per la documentazione e comunicazione dell'architettura*, tesi di laurea magistrale, relatori Astori B. e Ronchetta A., Seconda Facoltà di Architettura, Politecnico di Torino, a.a. 2003/04

ⁱⁱⁱ Bonora V., Chieli A., Spanò A., Testa P., Tucci G., *3d metric-modelling for knowledge and documentation of architectural structures (Royal Palace in Turin)*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2003, Vol. Vol. XXXIV, Part 5/W12, ISBN: 1682-1750

^{iv} "Il disegno della concatenazione delle geometrie, svelando le trame nascoste che conducono e sostengono il progetto, visualizza la quarta dimensione delle forme, in quanto manifesta e traduce l'evoluzione della costruzione geometrica, del tracciamento del disegno e della costruzione nel tempo e nello spazio e soprattutto dimostra il concetto di unitarietà della forma architettonica, facendo vedere la forma come conseguenza di un processo logico costruttivo in cui ogni ente geometrico è legato al tutto in modo inscindibile." Bertalotti P., De Bernardi M. L., Alcolea I., relazione per il convegno internazionale: *La geometria tra didattica e ricerca*, Firenze, 17-19 aprile 2008 (in corso di pubblicazione).

Tra i vari testi su queste problematiche di interpretazione della forma architettonica attraverso la geometria ricordiamo inoltre:

De Bernardi A., *Forma, Spazio, Percezione*, Giardini editori e stampatori, Pisa 1979.

De Bernardi A., *Due esempi di architettura euclidea (il Martyrion di San Filippo a Hierapolis - il teatro di Segesta)*. Annali della Scuola Normale di Pisa. Classe di lettere e filosofia. Serie III, vol. XXIV, 2 - 3. Pisa 1994

De Bernardi M. L., *La Forma e la sua Immagine*, ETS, Pisa 1997.

^v Bussolati G., *Illusione e meraviglia: l'irreale progettabile* (rel. Comollo G., Ronchetta A.), 2004.

La tesi, approvata con lode, sviluppa il tema degli effetti speciali per il cinema, e l'arch. Bussolati ricopre oggi il ruolo di supervisore degli effetti visivi in una delle più importanti società di produzione del settore.

^{vi} "Il *Bump Mapping* è una tecnica di rendering dei materiali che aumenta la complessità degli oggetti realizzati senza effettivamente aumentare il numero di poligoni che compongono l'oggetto di partenza. Alla texture che ricopre l'oggetto viene "sovrapposta" una seconda texture (spesso in bianco e nero) che il motore di rendering utilizza per simulare asperità, solchi, sporgenze e così via. Tali dettagli non fanno parte della geometria dell'oggetto ma vengono aggiunti solo in fase di rendering, spesso basandosi sui valori di luminanza della texture in bianco e nero usata per generare l'effetto. A valori più alti (più "bianchi") corrisponde una sporgenza maggiore, così come le zone scure provocheranno una depressione." da http://it.wikipedia.org/wiki/Bump_mapping. Il *Displacement mapping*, a differenza del *Bump Mapping* che produce l'effetto soltanto in fase di rendering, genera un effettivo spostamento dei punti sulla superficie del modello, con conseguente aumento del numero dei poligoni.

STIMA DELLA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA LORDA A PARTIRE DA MISURE IPERSPETTRALI IN UNA RISAIA

Micol ROSSINI (*), Mirco MIGLIAVACCA (*), Michele MERONI (*), Giovanni MANCA (**),
Sergio COGLIATI (*), Lorenzo Busetto (*,***), Valentina PICCHI (****),
Roberto COLOMBO (*), Guenther SEUFERT (**)

(*) Lab. Telerilevamento delle Dinamiche Ambientali, DISAT, Università degli Studi di Milano-Bicocca,
piazza della Scienza 1, 20126 Milano, Italia. e-mail: micol.rossini@unimib.it

(**) Institute for Environment and Sustainability, Climate Change Unit, JRC, Ispra, Italia

(***) CNR, Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, Monterotondo Stazione (RM), Italia
(****) CNR, Istituto di Virologia Vegetale, Milano, Italia

Riassunto

In questo contributo sono presentati i risultati di un esperimento finalizzato al monitoraggio dei principali parametri biofisici e strutturali e degli scambi di CO₂ tra atmosfera ed un ecosistema terrestre (risaia) a partire da misure spettroradiometriche di prossimità ad elevata risoluzione spettrale.

Nell'estate 2007 è stata effettuata un'intensa campagna di misure in cui sono stati acquisiti dati relativi alle proprietà ottiche a livello di *canopy*, allo stadio fenologico di sviluppo del riso e misure dell'altezza delle piante e dell'indice di area fogliare (LAI).

I risultati ottenuti mostrano un'elevata correlazione tra indici ottici tradizionali (e.g. NDVI) e parametri biofisici della *canopy* (e.g. altezza delle piante, LAI).

L'utilizzo di indici spettrali innovativi legati a processi fisiologici quali l'attivazione di meccanismi di fotoprotezione e la dissipazione dell'energia in eccesso attraverso la fluorescenza indotta dal sole ha inoltre permesso la messa a punto di modelli semi-empirici tra misure radiometriche e produttività lorda di ecosistema (GEP, *Gross Ecosystem Production*). Questo risultato apre interessanti prospettive riguardo l'applicazione di questo tipo di tecniche per la stima spazializzata della produttività primaria lorda a partire da immagini iperspettrali aeree o satellitari.

Abstract

This paper shows the results obtained from an experiment aimed to monitor the main biophysical and structural parameters and the CO₂ exchanges between the atmosphere and a terrestrial ecosystem (rice field) from proximal high spectral resolution spectroradiometric measurements.

An intensive field campaign was conducted during summer 2007. Canopy optical properties, phenological stages of rice, plant heights and Leaf Area Index (LAI) were measured.

Results show high correlations between traditional optical indices (e.g. NDVI) and canopy biophysical parameters (e.g. plant heights, LAI).

Furthermore, the use of innovative spectral indices related to physiological processes such as the activation of photoprotective mechanisms and excess energy dissipation via sun-induced fluorescence allowed the development of semi-empirical models between radiometric measurements and Gross Ecosystem Production (GEP). This result opens up interesting perspectives related to the application of this kind of techniques for the spatialized estimation of gross primary production from aerial or spaceborne hyperspectral images.

Introduzione

Il telerilevamento ottico consente la misura a distanza delle proprietà ottiche della vegetazione, le quali variano in funzione delle sue caratteristiche biofisiche e dello stato fisiologico. In presenza di fattori di stress la vegetazione risponde mediante variazioni nelle caratteristiche biochimiche (concentrazione fogliare di pigmenti fotosintetici), strutturali (indice di area fogliare) e nei processi fisiologici (efficienza fotosintetica). Questo, a sua volta, comporta variazioni significative nelle proprietà ottiche della vegetazione (riflettanza e trasmittanza spettrale) che possono essere monitorate tramite osservazioni remote.

Il monitoraggio spaziale e temporale delle proprietà della vegetazione è un elemento chiave nella comprensione dei processi relativi al funzionamento della biosfera (per esempio il ciclo dell'acqua e del carbonio) e consente l'applicazione di modelli fisici ed ecologici che includono la vegetazione come componente dinamica.

Gli interessi di varie agenzie nazionali ed internazionali e gli sforzi compiuti nel misurare e studiare i processi legati al comportamento dinamico della vegetazione sono aumentati negli ultimi anni, anche a seguito dell'evidenza dei cambiamenti climatici in atto. Infatti, sia la composizione dell'atmosfera sia il clima sono influenzati dai processi che regolano gli scambi dei gas tra biosfera ed atmosfera e pertanto la comprensione dei processi di fotosintesi, respirazione ed evapotraspirazione della vegetazione è diventata di fondamentale importanza.

Tentativi di stimare la produttività primaria lorda da telerilevamento si basano sul modello "*light use efficiency*" (LUE, Monteith, 1972; 1977) in cui il tasso fotosintetico della vegetazione è espresso come il prodotto tra la radiazione fotosinteticamente attiva assorbita (APAR) e l'efficienza di conversione dell'energia assorbita (ϵ). L'APAR, determinata come prodotto della frazione di PAR assorbita (f_{APAR}) e della PAR incidente (PAR_i), rappresenta la quantità di energia luminosa assorbita dai pigmenti fogliari e quindi potenzialmente disponibile per i processi fotosintetici.

$$P = \epsilon \times f_{APAR} \times PAR_i = \epsilon \times APAR \quad [1]$$

dove, P è il carbonio fissato attraverso la fotosintesi, ϵ è l'efficienza di utilizzo della luce per fotosintesi, ossia l'efficienza con cui la radiazione assorbita viene convertita in biomassa (Monteith, 1977) e APAR è la PAR assorbita.

Dal punto di vista del telerilevamento, il modello LUE è molto promettente a causa della stretta relazione tra f_{APAR} e un indice di vegetazione ampiamente utilizzato, il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI, Rouse, Haas, 1973).

Sfortunatamente, NDVI può essere utilizzato per stimare la quantità di luce assorbita dalla pianta, ma non l'efficienza con cui la vegetazione la usa per fissare il carbonio. L'indice NDVI misura infatti la "*greenness*" della vegetazione ma non la fotosintesi stessa. Inoltre, il termine di efficienza nel modello LUE viene spesso assunto costante per tutti i tipi di vegetazione. Attualmente, numerose evidenze suggeriscono che l'efficienza con cui le piante fissano il carbonio possa variare al variare della specie e in risposta a cambiamenti delle condizioni ambientali.

L'obiettivo della presente ricerca è stato quindi l'utilizzo di metodi innovativi per la stima dell'efficienza fotosintetica da dati telerilevati, con particolare riferimento all'utilizzo di indici ottici innovativi quale il PRI (*Photochemical Reflectance Index*, Gamon et al., 1992) e la misura passiva della fluorescenza naturale della clorofilla (Plascyk, 1975).

Materiali e metodi

Lo studio è stato condotto in una risaia situata in provincia di Pavia. La risaia è un sito sperimentale dotato di una stazione micrometeorologica di misura degli scambi di CO₂ e H₂O attraverso la tecnica *eddy covariance* gestita dall'IES-JRC di Ispra.

La campagna di misura si è svolta nell'estate 2007 (23 aprile - 5 settembre). In ogni uscita di campo sono stati identificati lo stadio fenologico di sviluppo del riso mediante la scala BBCH (Biologiche

Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry), l'altezza delle piante e l'indice di area fogliare (LAI).

Il LAI è stato misurato con una camera digitale (Nikon CoolPix) dotata di obiettivo *fish-eye* orientata verso il basso. Le immagini sono state acquisite ad ogni data di campionamento in corrispondenza di 5 siti di misura. Tutte le fotografie sono state acquisite in condizioni di illuminazione omogenea per assicurare un buon contrasto tra *canopy* e suolo. Le immagini sono state analizzate in modo semi-automatico con il software Can_Eye 3.6 (http://www.avignon.inra.fr/can_eye/) per calcolare il valore di *gap fraction* a diversi angoli di vista zenitali e derivare le corrispondenti caratteristiche strutturali della *canopy* (LAI e angolo medio di inclinazione fogliare) (Jonckheere et al., 2004; Weiss et al., 2004).

L'altezza della *canopy* è stata determinata dalla media delle misure dell'altezza di 5 piante selezionate casualmente in ciascun sito di misura del LAI.

I flussi verticali turbolenti di CO₂, H₂O, calore latente e sensibile, sono stati misurati con la tecnica *eddy covariance*. I flussi di carbonio sono stati calcolati su un intervallo temporale di 30 minuti in accordo con la metodologia di EUROFLUX (Aubinet et al., 2000). I flussi di carbonio misurati con la tecnica *eddy covariance* rappresentano la produzione ecosistemica netta (NEP, *Net Ecosystem Production*), ovvero la quantità di CO₂ che l'ecosistema assorbe al netto delle perdite respirative.

Per ricavare la produzione lorda di ecosistema (GEP, *Gross Ecosystem Production*) è stato necessario calcolare la respirazione dell'ecosistema (Reco) per ogni intervallo di misurazione e sommarla alla NEP. La Reco è stata stimata utilizzando un metodo basato su *Look Up Table* (LUT) (Falge et al., 2001) che mette in relazione la temperatura notturna del suolo e la NEP notturna che coincide con Reco. Una volta definita la relazione tra Reco e temperatura notturna del suolo è stato quindi possibile ricavare GEP. Tali LUT sono state costruite considerando i dati acquisiti in finestre temporali di due mesi per tenere in considerazione variazioni stagionali della struttura della vegetazione.

Nel corso di ciascuna giornata di misura sono state inoltre misurate le proprietà ottiche della *canopy* con due spettrometri (OceanOptics, USA) a diversa risoluzione. Le caratteristiche principali dei due spettrometri sono riportate in Tabella 1.

	FWHM (nm)	Intervallo di campionamento (nm)	Range spettrale (nm)
Spettrometro 1	0.13	0.02	707 - 805
Spettrometro 2	2.8	0.24	350 - 1050

Tabella 1 - Caratteristiche spettrali dei due spettrometri utilizzati (FWHM: Full Width at Half Maximum).

Le misure spettrali sono state acquisite utilizzando la fibra ottica nuda come ottica (*field of view* = 25°), nadiralmente (angolo di vista zenitale = 0°), ad un'altezza di 80 cm sul piano medio della *canopy*. Questa geometria di ripresa permette di osservare un'area circolare della *canopy* di 36 cm di diametro.

L'utilizzo di uno spettrometro ad altissima risoluzione spettrale (spettrometro 1) ha consentito di misurare la fluorescenza passiva in corrispondenza della linea di Fraunhofer a 760 nm (Fs₇₆₀) e di calcolare un indice di efficienza della fluorescenza, la fluorescenza normalizzata (NF_{S760}) (Meroni, Colombo, 2006; Meroni et al., 2008a; 2008b), che corrisponde alla resa di fluorescenza per unità di radiazione incidente. I dati acquisiti con lo spettrometro 2 sono stati invece utilizzati per calcolare indici ottici tradizionali relazionati alla biomassa vegetale e al contenuto di pigmenti fotosintetici, quali NDVI, e l'indice PRI relazionato all'attività fotosintetica.

Risultati

Andamenti stagionali

I tipici andamenti temporali degli spettri di riflettanza della *canopy* di riso acquisiti a mezzogiorno sono mostrati in Figura 1. In corrispondenza dei DOY (*Day Of the Year*) 127 - 138 si osserva solo una minima transizione tra la regione spettrale del visibile e quella dell'infrarosso vicino a causa del contributo del suolo e dell'acqua sottostanti la vegetazione. Quando le piante di riso crescono (e.g. DOY 186, 193), il contributo delle piante aumenta gradualmente. Di conseguenza, la riflettanza nella regione dell'infrarosso vicino aumenta come risultato dell'aumento dello *scattering* da parte delle foglie, e la riflettanza nella regione del visibile diminuisce a causa dell'assorbimento da parte dei pigmenti e della clorofilla in particolare.

A partire dal DOY 208 si osserva una grande variazione delle proprietà ottiche dovuta allo sviluppo delle spighe: la riflettanza nella regione spettrale del verde diminuisce e aumenta nella regione del rosso a causa del colore dorato delle spighe. Si osserva inoltre un aumento nella regione dell'infrarosso vicino dovuto alla presenza dei grani che aumentano lo *scattering* della luce. Infine, durante la senescenza (DOY 248), le piante ingialliscono e appassiscono gradualmente. Quindi la riflettanza nella regione del visibile aumenta in seguito alla diminuzione della concentrazione di clorofilla e la riflettanza nell'infrarosso vicino diminuisce a causa dell'appassimento e dell'esposizione del suolo.

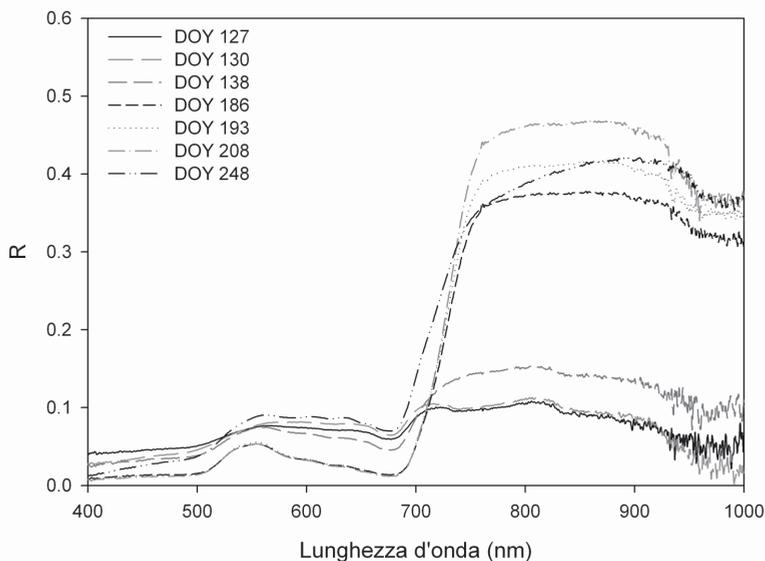


Figura 1 - Andamenti temporali degli spettri di riflettanza della *canopy* di riso acquisiti a mezzogiorno durante il ciclo vegetativo. DOY (*Day Of the Year*) corrisponde al giorno progressivo dell'anno.

Individuazione di relazioni empiriche tra indici ottici e parametri biofisici

Gli indici di vegetazione calcolati a partire dalle misure spettrali acquisite in campo sono stati correlati con parametri biofisici della *canopy*, quali il LAI e l'altezza delle piante.

L'analisi di regressione tra indici di vegetazione e variabili biofisiche della *canopy* (i.e. LAI e altezze) mostra che sia i valori di LAI che quelli dell'altezza della pianta sono correlati in modo logaritmico con l'indice NDVI. Tali regressioni hanno un coefficiente di determinazione molto alto

durante le fasi di accrescimento e fioritura: $R^2 = 0.96$ e $R^2 = 0.88$, per LAI e altezze della pianta, rispettivamente. Le correlazioni diminuiscono se si considera anche la fase di maturazione ($R^2 = 0.6$ e $R^2 = 0.44$, per LAI e altezze della pianta, rispettivamente).

Stima della produttività primaria da dati telerilevati con modello LUE

È stato applicato un metodo sviluppato recentemente che relaziona i valori degli indici ottici calcolati dai dati iperspettrali con i dati di flussi misurati con la tecnica di *eddy covariance* (Rahman et al., 2001). Siccome i flussi di CO₂ da ecosistemi agricoli dipendono sia dalla copertura della coltura che dallo stato fisiologico, è stato sperimentato un modello basato sia sull'NDVI relazionato alla biomassa che sul PRI relazionato alla fisiologia del riso. I dati *eddy* relativi alla produttività lorda di ecosistema acquisiti un'ora prima e un'ora dopo mezzogiorno sono stati relazionati con i valori di NDVI e PRI contemporaneamente acquisiti con gli spettrometri.

I risultati ottenuti mostrano un alto coefficiente di determinazione ($R^2 = 0.95$) tra GEP e il prodotto dei due indici di vegetazione (sPRI x NDVI) (dove sPRI è un valore scalato di PRI nel range tra 0 e 1), confermando la validità del metodo impiegato. Molta della variazione in GEP è spiegata da NDVI piuttosto che da PRI. Questo risultato può essere spiegato dal fatto che in un campo allagato, le piante di riso sono poco influenzate da condizioni di stress (in particolare stress idrico) durante la stagione di crescita e quindi l'efficienza con cui le piante di riso fissano il carbonio ha piccole variazioni in risposta a cambiamenti nelle condizioni ambientali (e.g. variazioni di temperatura e deficit di pressione di vapore).

In una seconda fase, i flussi di CO₂ sono stati relazionati con i dati di fluorescenza normalizzata (NF_{S760}). L'analisi di regressione tra GEP e il prodotto (NF_{S760} x NDVI) ha mostrato un alto coefficiente di determinazione ($R^2 = 0.97$), dimostrando come la fluorescenza naturale della clorofilla sia strettamente relazionata all'attività fotosintetica.

Conclusioni

In questo studio è stata valutata la possibilità di monitorare i principali parametri biofisici e strutturali e la produttività di un campo di riso a partire da misure spettroradiometriche di prossimità ad elevata risoluzione spettrale. I risultati ottenuti mostrano che i dati telerilevati possono fornire stime accurate delle variabili biofisiche, come evidenziato dall'alto coefficiente di determinazione ottenuto per le regressioni tra LAI e altezze delle piante e NDVI. L'impiego di un indice ottico a banda stretta legato al ciclo delle xantofille e all'attivazione di meccanismi di fotoprotezione e la risposta in fluorescenza indotta dal sole (misurata in maniera passiva e remota) sono invece risultati validi indicatori dell'efficienza fotosintetica. I modelli semi-empirici sviluppati tra parametri ottenuti da telerilevamento di prossimità e flussi di CO₂ misurati con la tecnica *eddy covariance* hanno mostrato infatti ottime correlazioni, aprendo nuove possibilità per l'applicazione di modelli semi-empirici per la stima spazializzata di GEP basata sull'analisi di immagini acquisite da sensori aerei o satellitari.

Ringraziamenti

Questo studio è stato condotto nell'ambito del progetto MIUR-PRIN 2005 "Verso il telerilevamento del bilancio del carbonio della vegetazione: sviluppo di metodi innovativi" e del progetto JRC-Kyoto experiment dell'IES-JRC di Ispra (VA) (2005/S 166-164944 del 30/08/05 "Technical assistance for the characterisation and up-scaling of terrestrial greenhouse gas fluxes in the frame of the JRC Kyoto experiment").

Gli autori desiderano ringraziare M. Galvagno (ARPA Valle d'Aosta), L. Colombo, F. Fava e A. Marchesi (DISAT-UNIMIB) per il supporto alla raccolta dati e alle misure; I. Goded-Ballarin (IES-JRC) per il supporto nella gestione del sito sperimentale.

Bibliografia

- Aubinet M, Grelle A, Ibrom A, Rannik Ü, Moncrieff J, Foken T, Kowalski AS, Martin PH, Berbigier P, Bernhofer C, Clement R, Elbers J, Granier A, Grünwald T, Morgenstern K, Pilegaard K, Rebmann C, Snijders W, Valentini R, Vesala T. (2000), "Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: the EUROFLUX methodology", *Advances in Ecological Research*, 30: 113–175.
- Falge E, Baldocchi D, Olson R, et al. (2001), "Gap filling strategies for defensible annual sums of net ecosystem exchange", *Agricultural and Forest Meteorology*, 107: 43-69.
- Gamon JA, Peñuelas J, Field CB. (1992), "A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency", *Remote Sensing of Environment*, 41: 35-44.
- Jonckheere I, Fleck S, Nackaerts K, Muys B, Coppin P, Weiss M, Baret F, (2004), "Review of methods for in situ leaf area index determination - Part I. Theories, sensors and hemispherical photography", *Agricultural and Forest Meteorology*, 121: 19-35.
- Meroni M, Colombo R. (2006), "Leaf level detection of solar induced chlorophyll fluorescence by means of a subnanometer resolution spectroradiometer", *Remote Sensing of Environment*, 103: 438-448.
- Meroni M, Picchi V, Rossini M, Cogliati S, Panigada C, Nali C, Lorenzini G, Colombo R. (2008a), "Leaf level early assessment of ozone injuries by passive fluorescence and PRI", *International Journal of Remote Sensing*, 29: 5409-5422.
- Meroni M, Rossini M, Picchi V, Panigada C, Cogliati S, Nali C, Colombo R. (2008b), "Assessing Steady-state Fluorescence and PRI from Hyperspectral Proximal Sensing as Early Indicators of Plant Stress: The Case of Ozone Exposure." *Sensors*, 8: 1740-1754.
- Monteith JL. (1972), "Solar radiation and productivity in tropical ecosystems", *Journal of Applied Ecology*, 9: 747-766.
- Monteith JL. (1977), "Climate and the efficiency of crop production in Britain". *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 281: 277–294.
- Plascyk JA. (1975), "The MK II Fraunhofer line discriminator (FLD-II) for airborne and orbital remote sensing of solar-stimulated luminescence", *Optical Engineering*, 14: 339-346.
- Rahman AF, Gamon JA, Fuentes DA, Roberts DA, Prentiss D. (2001), "Modeling spatially distributed ecosystem flux of boreal forest using hyperspectral indices from AVIRIS imagery", *Journal of Geophysical Research*, 106: 33579-33591.
- Rouse JW, Haas RH. (1973), "Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS", *Third ERTS Symposium*, vol. 1: 309-317. Washington, DC: NASA.
- Weiss M, Baret F, Smith GJ, Jonckheere I, Coppin P. (2004), "Review of methods for in situ leaf area index (LAI) determination Part II. Estimation of LAI, errors and sampling", *Agricultural and Forest Meteorology*, 121: 37-53.

IL COMUNE DI MODENA: IL RIUSO DEL MODELLO DI PIANO E LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITA' URBANISTICO – AMBIENTALE

Miriam RUGGIERO (*), Graziella ANSALONI (**), Marco STANCARI (***),
Luigi ZANELLA (****)

(*) Comune di Modena, via Santi 40, tel. 0592032189, Modena, miriam.ruggiero@comune.modena.it
(**) Comune di Modena, via Santi 40, tel. 0592032367, Modena, graziella.ansaloni@comune.modena.it
(***) Comune di Modena, via Santi 60, tel. 0592032273, Modena, marco.stancari@comune.modena.it
(****) Luigi Zanella – CORE Soluzioni Informatiche – via Calzolerie 2, Bologna, tel. 051237823,
luigi.zanella@corenet.it

Riassunto

Nell'orientamento che ha assunto negli ultimi anni la pianificazione urbanistica, fondato sulla stretta interazione tra il Piano nella sua componente strutturale e le singole azioni di trasformazione, basate sulla concertazione tra enti, gli obiettivi del progetto descritto sono:

- il riuso del Modello del Piano Urbanistico Comunale, quale mezzo di supporto alla concertazione urbanistica;
- la definizione strategica del quadro delle sostenibilità urbanistico – ambientali, al fine di individuare le politiche di intervento sul territorio.

Il Comune di Modena ha aderito recentemente al Progetto Regionale del Riuso degli Strumenti Urbanistici, per diffondere un modello comune e quindi favorire l'interscambio dei dati tra gli enti e la loro concertazione nei programmi di sviluppo territoriale.

Inoltre la L.R.20/2000 prevede che gli "esiti della valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale costituiscono parte integrante del piano approvato" e i Comuni "provvedano al monitoraggio dell'attuazione dei propri piani e degli effetti sui sistemi ambientali e territoriali, anche al fine della revisione o aggiornamento degli stessi".

Abstract

In accordance with the recent town planning policies, based on the strict interaction between the Plan structure and its transformations, founded on the well arranged relationship among the institutions, the main goals of the described project, are the following:

- a) the likely re-exploitation and assessment of the original environmental town planning, to support the cooperation;
- b) the strategic definition of the environmental - town planning framework, to identify area intervention policies.

The Comune of Modena has recently supported the Regional Plan for the re-exploitation of urban plans, encouraging the exchange of data among institutions and their well arranged relationship in area development.

Furthermore, the Regional Law 20/2000 establishes that "the likelihood of environmental area assessment results form an integral part of the approved plan", and municipal authorities "are organizing the carrying out of their town plans and the effects on environmental and area systems, for the reexamination and updating of these".

La nuova Pianificazione urbanistica

L'orientamento della Pianificazione urbanistica è basato sulla strutturazione del Piano Urbanistico Comunale nella sua componente strutturale, per delineare le scelte strategiche di assetto e sviluppo del territorio comunale nel medio – lungo periodo, nella sua componente operativa, che ha potere conformativo dei suoli e disciplina gli interventi da realizzare nel breve periodo (di solito cinque anni), e nel Regolamento Urbanistico Edilizio, che disciplina gli insediamenti esistenti.

Questa innovazione è stata recepita anche dalla Legge Regionale dell'Emilia Romagna n.20 del 2000 e dal Comune di Modena con l'adeguamento, nel 2003, del Piano Urbanistico Comunale alla suddetta Legge.

Il percorso della Regione Emilia Romagna ed il percorso del Comune di Modena

Da un paio d'anni il Comune di Modena ha perseguito l'obiettivo di definire un Modello unitario per la rappresentazione formalizzata del Piano Urbanistico Comunale, che, oggi, consente la gestione del Piano nella sua complessità e che risponde ai criteri di normalizzazione, di semplificazione, di razionalizzazione delle procedure di gestione e di consultazione del Piano da parte di tutte le categorie degli utenti. Tale Modello è stato implementato con il Sistema applicativo in uso presso il settore Pianificazione Territoriale del Comune di Modena e consente:

- la gestione dell'aggiornamento delle diverse componenti del Piano in modo integrato, con profondità storica, mediante funzioni di semplice uso e guidate, per ridurre al minimo la possibilità di commettere errori (anche di tipo procedurale) e per affrontare le aumentate complessità introdotte dalla LR 20/2000;
- la produzione in automatico di tutte le tavole delle diverse componenti del Piano (PSC, POC e RUE).

Contemporaneamente, nell'ottica di una linea di condotta omogenea a livello regionale finalizzata ad agevolare la comunicazione, l'interscambio tra enti e la mosaicatura dei piani (ad esempio per l'elaborazione dei Piani Strutturali a lungo termine in modo coordinato su aree sovracomunali e per la pianificazione a livello sovraordinato), la Regione Emilia Romagna ha definito un "Modello dati Regionale di Base del PSC", con l'attiva partecipazione del Comune di Modena che, oltre alla collaborazione per la produzione delle specifiche stesse, le ha anche implementate nel proprio software per testarne l'applicabilità.

Il riuso del Modello del Piano Urbanistico Comunale di Modena

Partendo dall'assunto che occorre investire su modelli generalizzabili e riusabili, che consentano l'applicazione della Legge Regionale, la Regione Emilia Romagna ed il Comune di Modena stanno collaborando per l'implementazione del Sistema di Modena su due fronti:

1. inserire il Sistema come soluzione a riuso del Piano Telematico Regionale;
2. investire sui nuovi sviluppi applicativi.

Per quanto riguarda il primo punto, il Comune di Modena è stato designato *Tutor* della Comunità Tematica che si occuperà di analizzare e sancire l'applicabilità del Modello presso il maggior numero di Enti locali e di definire le modalità del riuso: questo processo garantirà l'adozione di un linguaggio comune e condiviso per la redazione degli strumenti urbanistici nel territorio regionale, assicurando, comunque, le necessarie specializzazioni dei singoli enti. E' opportuno precisare che, data la complessità del sistema, occorre prevedere un'adeguata formazione tecnica e metodologica del personale addetto alla gestione.

Il sistema potrà essere utilizzato dagli enti locali secondo due metodologie differenti:

- l'elaborazione del Piano e la sua gestione, per quegli enti che devono "partire da zero" e che quindi gestiranno l'intero processo urbanistico con un unico sistema;

- la gestione del Piano (e non l'elaborazione) per quegli enti, che, come il Comune di Modena, hanno già elaborato il Piano in precedenza con altri strumenti e metodologie.

La collaborazione tra gli enti, che avrà sede nella Comunità tematica, porterà quindi ad un miglioramento del sistema, sia in termini metodologici sia applicativi, e metterà in luce eventuali punti oscuri o carenze dell'attuale legislazione.

Per quanto riguarda il secondo punto, l'investimento sulle implementazioni future consentirà anche una ripartizione dei costi di sviluppo. Gli sviluppi previsti si possono suddividere in due filoni:

- a) il completamento ed il **miglioramento delle Componenti di Gestione del Sistema**, integrando quanto previsto nel progetto iniziale sviluppato dal Comune di Modena con quanto emerso dalla messa in produzione del sistema stesso.
- b) il **completamento degli strumenti di diffusione e gestione della Pubblicazione del Piano**, per renderlo fruibile e consultabile dagli utenti esterni (cittadini e professionisti). Il canale scelto dal Comune di Modena e dalla Regione per la pubblicazione è il progetto PEOPLE (*Progetto Enti On-line Portali Locali E-government*).

Per quanto riguarda il punto a), esso consisterà nello sviluppo del modulo per l'Aggiornamento della Cartografia di base (SINCRO-PRG) ovvero la gestione degli aggiornamenti del Catasto, utilizzando il sistema di interscambio dati con l'Agenzia del Territorio, realizzato nell'ambito del progetto SIGMA TER (Servizi Integrati catastali e Geografici per il Monitoraggio Amministrativo del Territorio).

Infatti la cartografia di base degli strumenti urbanistici del Comune di Modena è formata anche dalla componente catastale, che viene integrata con i dati provenienti dagli archivi comunali: il Sistema consentirà la sostituzione guidata delle mappe catastali, in modo da poter aggiornare la Cartografia di base tramite l'individuazione della particelle variate e verificare la correttezza del Piano Urbanistico Comunale in corrispondenza delle particelle sostituite.

Si precisa che, ai sensi dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico in attuazione della LR 20/2000 (comma 1 dell'art. A-27), nel 2003 la base cartografica è stata autocertificata dal Comune di Modena, dimostrando la congruenza di inquadramento con la CTR, ed inoltre il Modulo SINCRO-PRG sarà conforme anche le specifiche del DB Topografico.

Per quanto riguarda il punto b), nel dettaglio sono in via di definizione ultima le seguenti attività:

- Pubblicazione interattiva su web degli elaborati del Piano Urbanistico Comunale conformi agli originali, la pubblicazione avverrà attraverso il servizio People "Strumenti Urbanistici" ed ha l'obiettivo di pubblicare il Piano con una rappresentazione fedele (in termini di colori e simbologie) all'originale. Il sistema di produzione dei plottaggi e di pubblicazioni saranno integrati per assicurare un uso condiviso delle simbologie di rappresentazione del Piano.
- Servizio di gestione, produzione e di pubblicazione del Certificato di Destinazione Urbanistica (CDU) sempre tramite i servizi PEOPLE "Strumenti Urbanistici": il CDU dovrà essere uno strumento accessibile, con modalità differenti, dagli utenti interni (ad esempio gli utenti del settore Trasformazione Urbana) e dagli utenti esterni.
Il CDU esprimerà in modo esplicito ed automatico, tramite l'intersezione fra i mappali catastali e le diverse componenti geometriche del piano, tutte le normative (raggiungibili attraverso link ipertestuali) che interessano l'area (zone di piano, vincoli, presenza di varianti in iter, ...)
- Navigazione cartografica interattiva: adeguamento e implementazione dei servizi People "Strumenti Urbanistici" con la tecnologia dello *Smart Web Mapping*, in modo da migliorare l'affidabilità dell'infrastruttura adottando i paradigmi di navigazione introdotti da *GoogleMaps*, *Yahoo*, ed altri grandi *content provider*, che hanno di fatto stabilito le modalità standard di interazione con le mappe. Questo renderà veloci e gradevoli le navigazioni sul Piano con modalità di interazione standard *de facto*.

- Integrazione col sistema di Compilazione On Line delle Pratiche Edilizie (*DOMWEB*): il canale attraverso il quale i professionisti interagiscono con il Comune di Modena è il sistema di Compilazione *On Line* delle Pratiche Edilizie (*DOMWEB*), previsto e pubblicato nel Catalogo di Riuso CNIPA. Pertanto suddetti servizi People di pubblicazione “Strumenti Urbanistici” verranno integrati con la procedura *DOMWEB* in modo da arrivare alla compilazione automatica/supportata delle informazioni relative all’oggetto della richiesta e desumibili dalla cartografia, in particolare gli elementi di Piano Urbanistico Comunale vigente ed i relativi vincoli ed indicazioni di salvaguardia per varianti in corso.

La legge Regionale 20/2000: la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale ed il monitoraggio dei Piani Urbanistici Comunali

La LR 20/2000 introduce gli elementi di Sostenibilità Ambientale e Territoriale come fondamentali nel processo di pianificazione regionale, provinciale e comunale: l’art.5 stabilisce infatti che le previsioni dei Piani territoriali ed urbanistici si devono basare su criteri e obiettivi di sostenibilità, definiti dalla legge stessa e, nell’ambito del procedimento di elaborazione ed approvazione del Piano, gli enti procedenti devono provvedere alla preventiva Valutazione della Sostenibilità Territoriale ed Ambientale (VALSAT) degli effetti derivanti dalla attuazione delle scelte strategiche e strutturali dei Piani stessi.

La VALSAT non si riferisce alle opere, ma a Piani e programmi, assumendo, proprio per queste caratteristiche più generali, la dimensione “strutturale”, che, come detto più volte, è uno degli elementi innovativi dell’orientamento della Pianificazione urbanistica odierna.

Inoltre la VALSAT si configura non solo come elemento valutativo preventivo, ma “segue” il Piano in ogni sua fase, diventandone elemento costruttivo, gestionale e di monitoraggio. Infatti la valutazione di sostenibilità ambientale dei Piani non si limita solo all’accertamento preventivo (*ex-ante*) della sostenibilità delle scelte di pianificazione ed all’indicazione di eventuali interventi migliorativi, ma è riferita a tutto il processo di pianificazione, che prevede quindi anche il monitoraggio dei piani e la redazione di bilanci periodici per la revisione e l’aggiornamento dei piani stessi.

Vi è quindi un’ulteriore valutazione (*ex-post*), riferita alla gestione ed all’attuazione del Piano, che diviene elemento basilare per la valutazione del PSC ed è richiesta per la formazione del POC ogni cinque anni. Infatti tale valutazione costituisce un bilancio necessario dei Piani urbanistici che vogliono essere rinnovati o cambiati, per stabilire l’efficienza delle azioni pianificate e verificarne la coerenza con la valutazione preventiva. Infatti il monitoraggio dei risultati, attraverso gli indicatori, è finalizzato alla valutazione degli effetti negativi imprevisi ed al riorientamento del Piano, adottando opportune misure correttive.

La metodologia adottata

E’ difficile definire una metodologia standard per le analisi territoriali, perché le aree territoriali si presentano con caratteristiche eterogenee.

Il Comune di Modena sta procedendo secondo le seguenti fasi:

- analisi territoriali avanzate finalizzate allo studio dello stato di fatto, in termini qualitativi, quantitativi e cartografici;
- scenari possibili: gli strumenti di simulazione permettono previsioni future sulla base di stime o di modelli;
- analisi *swot* e riorientamento del Piano Urbanistico Comunale.

Analisi territoriali avanzate

Proprio nell’ottica di una valutazione di sostenibilità ambientale territoriale *ex post* (descritta nel paragrafo precedente), il Comune di Modena sta analizzando alcuni aspetti fondamentali di natura

eterogenea tramite la realizzazione e la produzione sistematica e ripetuta nel tempo di indicatori, che forniscano una serie di informazioni quantitative e qualitative in funzione di obiettivi di ricerca già definiti. Gli aspetti presi in considerazione sono i seguenti:

1. lo stato di fatto:
 - attraverso un'analisi morfologica saranno messi in evidenza i fattori più significativi quali la superficie territoriale, l'altitudine, i confini, i collegamenti con i territori limitrofi, il centro città, ecc.
 - l'analisi demografica consentirà, invece, di valutare la densità della popolazione secondo alcuni indici (ad es. utilizzando le classi di età sarà possibile ricavare l'indice di vecchiaia). Sulla quantità della popolazione e su come essa si struttura si ridimensionerà il Piano Urbanistico Comunale, ad esempio si calcolerà la quantità di abitazioni esistenti, scuole, uffici, aree per l'industria, scuole, ecc. in determinate aree territoriali.
 - l'analisi economica fornirà, per le imprese, alcuni indicatori quantitativi che consentiranno di valutare la situazione socio – industriale (densità di impresa, dimensione di impresa, tasso di sviluppo, popolazione attiva, tasso di disoccupazione, ecc).
2. i differenti livelli di zonizzazione: la cartografia costituisce la base di rappresentazione per le informazioni (integrazione della componente cartografica con quella alfanumerica), ma consente anche di leggere la localizzazione delle entità territoriali. Oltre la cartografia di base, sarà fondamentale visualizzare il Piano Urbanistico (con la sua zonizzazione) ed il Piano dei Servizi (con la propria zonizzazione).
3. il dimensionamento del Piano: gli indici urbanistici consentiranno l'analisi della densità residenziale, produttiva, ecc.
4. lo studio delle aree a Servizi: sarà effettuato il confronto cartografico ed alfanumerico tra l'esistente (stato di fatto) e le previsioni del Piano Urbanistico.

Gli scenari possibili

Saranno elaborate simulazioni differenti per la stessa area e confrontate: i modelli di simulazione adottati saranno definiti a seconda delle casistiche.

Lo studio delle aree destinate ai Servizi sarà fatto in modo più approfondito, utilizzando anche le considerazioni (qualitative, quantitative e cartografiche) del Piano dei Servizi.

Dal punto di vista applicativo, il Sistema per la gestione del Piano Urbanistico Comunale e i dati provenienti dal Sistema Informativo Territoriale del Comune saranno utilizzati come fonti stabili, aggiornate e coerenti dei dati e come strumento di simulazione dei diversi scenari per alcune casistiche di studio.

Conclusioni

Il risultato sarà un'analisi di tipo *swot*, come strumento generale per la pianificazione strategica, che agevolerà la lettura incrociata delle informazioni acquisite tramite l'analisi dello stato di fatto e individuerà i punti di forza e di debolezza di ogni scenario di simulazione elaborato. Questo consentirà una migliore comprensione delle dinamiche territoriali in atto ed una più efficace individuazione delle alternative di intervento sul territorio e quindi un riorientamento del Piano Urbanistico Comunale.

METODOLOGIA INTEGRATA PER L'ESTRAZIONE DA IMMAGINI SPOT DI PARAMETRI FINALIZZATI ALLO STUDIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Rosamaria SALVATORI, Roberto SALZANO, Alessandro MEI,
Paolo M. COLELLA, Mauro ROTATORI

CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, viaalaria km 29,300 Monterotondo Scalo (Roma), Italy
Tel. 0690672451, fax 0690672660; salvatori@iia.cnr.it

Riassunto

Le normative vigenti in materia della qualità dell'aria prevedono che le attività di monitoraggio siano accompagnate da una accurata analisi del territorio oggetto di studio. Le immagini telerilevate rappresentano uno degli strumenti fondamentali per tale tipo di analisi. In questo lavoro viene presentata la metodologia utilizzata per elaborare le immagini (SPOT) ed integrare i risultati delle elaborazioni con dati analitici di inquinanti atmosferici. Tale metodologia è stata sviluppata, in collaborazione dell'ARPAT per supportare la fase di campionamento degli inquinanti atmosferici e la predisposizione di una rete fissa di monitoraggio.

Abstract

A preliminary territorial analysis is strongly suggest by European Community to perform air pollution monitoring projects. Remote sensed images are one of the most useful tools to analyse earth surface in order to obtain land cover and land use maps. In this paper we present the method used to classify panchromatic and multispectral Spot images. The results of this classification were merged with atmospheric pollutant analytic data in order to design an air monitoring network in cooperation with ARPAT.

Introduzione

L'analisi del territorio è propedeutica a tutte le attività di monitoraggio comprese quelle relative alla qualità dell'aria. Le direttive Europee sull'inquinamento atmosferico e quelle italiane che da esse derivano (EEA, 1999; DM.60/2002), richiedono, infatti, che gli studi sulla qualità dell'aria siano corredati da studi dettagliati del territorio a scala locale e regionale, in particolar modo quando nell'area di studio ricadono agglomerati urbani ed aree industriali.

Il punto di partenza per ogni analisi territoriale e successiva integrazione con i dati atmosferici è rappresentato dalle carte di copertura ed uso del suolo che possono essere ottenute da immagini satellitari o foto aeree digitali (Weirs et al. 2004)

La definizione della qualità dell'aria implica oltre alla misura degli inquinanti presenti in atmosfera anche la rappresentazione spaziale dei valori di concentrazione di questi ultimi (Aleksandropoulou and Lazaridis, 2004; Sengupta et al., 1996). Dai valori puntuali di concentrazione di inquinanti è necessario pertanto passare a carte di distribuzione tramite tecniche geostatistiche di interpolazione dati (Stedman et al. 1997, Salvatori et al. 2006).

Integrando in ambiente GIS le carte di uso del suolo con le mappe di concentrazione degli inquinanti, realizzate con dati relativi a diverse campagne stagionali, è poi possibile individuare le aree urbanizzate e vegetate sottoposte per lunghi periodi di tempo a livelli elevati di inquinamento e circoscrivere i siti di intervento in accordo con la normativa vigente.

In questo contesto le immagini satellitari, a diversa risoluzione spaziale e spettrale, ed i tematismi da esse derivabili, rappresentano un strumento di analisi fondamentale poiché la distribuzione di inquinanti atmosferici è strettamente correlata alla distribuzione delle diverse categorie di uso e copertura del suolo, alla presenza di corpi idrici e aree vegetate, alla densità di urbanizzazione e popolazione, alla rete viaria nonché alle caratteristiche morfologiche dell'area esaminata (Weng e Yang 2006). Benché tali informazioni possano essere desunte da cartografia tecnica pre-esistente, la possibilità di estrarle dalle immagini telerilevate permette di avere a disposizione un quadro della situazione temporalmente coerente con il periodo in cui vengono effettuate le campagne di misura degli inquinanti.

Le campagne di monitoraggio degli inquinanti atmosferici vengono svolte prevalentemente negli agglomerati urbani e/o industriali e nelle limitrofe aree rurali e/o naturali sia per la realizzazione di reti fisse di monitoraggio sia per la predisposizione di interventi per il miglioramento della qualità dell'aria. Ciò implica che l'analisi e la classificazione delle immagini debba tener conto delle diverse tipologie di classi di uso e copertura del suolo spingendosi però ad un dettaglio maggiore nella definizione delle classi relative alle aree antropizzate. Questa esigenza può essere soddisfatta integrando tra loro diverse metodologie di classificazione immagine in particolare gli algoritmi *pixel based* e *object oriented* (Guidon et al 2004).

In questo lavoro è stato utilizzato tale approccio per estrarre da un'immagine SPOT, multispettrale e pancromatica, le informazioni necessarie a supporto della fase di campionamento dei dati di inquinanti atmosferici, della loro elaborazione e della fase di interpretazione dei risultati finalizzata alla predisposizione di una rete fissa di monitoraggio della qualità dell'aria per l'ARPAT (Rotatori e Ferrucci 2008).

Area di studio

L'area di studio è un'area di 15x10km centrata sul polo industriale di Scarlino (Grosseto).

Dal punto di vista geografico l'area è caratterizzata da una fascia costiera a ridosso della quale si estende una pianura che presenta vari tipi di coltivazioni (olivi, girasoli, grano ecc.) circondata da colline ricoperte da una folta macchia mediterranea sempreverde, costituita in prevalenza da lecci, corbezzoli, mirti e ginepri. Il centro urbano più importante, dal punto di vista della popolazione, è la città di Follonica, per il resto sono presenti case isolate e piccoli paesi (Gavorrano e Scarlino).

Per quanto riguarda le vie di comunicazione, che a loro volta contribuiscono ai fenomeni di inquinamento atmosferico, nella zona di campionamento sono da segnalare due strade a sostenuto traffico veicolare: la SS1 Aurelia e la E80, che nel periodo estivo presentano un notevole incremento del traffico di veicoli.

Analisi delle immagini

Per l'analisi territoriale dell'area di studio è stata utilizzata un'immagine del satellite SPOT acquisita il 7 gennaio 2005, in modalità pancromatica e multispettrale. La risoluzione geometrica di questa immagine, 5 metri nel pancromatico e 10 m nel multispettrale, ha permesso di analizzare il territorio con un dettaglio spaziale idoneo ai fini del presente lavoro.

La fase di *preprocessing* delle immagini SPOT è stata dedicata a:

- a) Correzioni radiometriche con il modulo predisposto nel software ENVI© (spot_radiance.sav e FLAASH)
- b) Miglioramento del contrasto spettrale delle singole bande (*stretch* lineare), per aumentare le possibilità di interpretazione visuale delle stesse
- c) Integrazione delle immagini a risoluzione spaziale e spettrale diversa tramite la procedura *pan sharpening* implementata in ENVI Zoom. Questa tecnica, permette di ottenere una immagine di sintesi contenente una parte sostanziale delle caratteristiche spaziali dell'immagine pancromatica e la maggior parte delle caratteristiche spettrali delle immagini multispettrali (Švab e Oštir, 2006, Saroglu et al., 2004).
- d) Georeferenziazione sulla base della carta topografica 1:25000 dell'area in esame e confronto con la carta tecnica regionale (1:10000).

Per estrarre dalle immagini i tematismi significativi e gli elementi lineari da utilizzare per l'integrazione con i dati analitici di inquinanti atmosferici sono state utilizzate in parallelo due procedure di classificazione: una *pixel based* ed una *object oriented* entrambi sviluppate in ENVI Zoom. La classificazione *object-oriented* risulta infatti particolarmente idonea alla definizione delle caratteristiche del tessuto urbano mentre gli algoritmi basati sulle caratteristiche spettrali permettono una migliore definizione delle aree rurali e di quelle boschive.

Come classificatore *pixel based* è stato usato l'algoritmo di Maximum Likelihood (ML), definendo 12 classi spettrali. In questa fase è stato anche utilizzato il DEM derivato dalla C.T.R, per valorizzare la componente altitudinale nella fase di riconoscimento della vegetazione. I risultati della classificazione sono riportati in figura 1.

La classificazione *object oriented* è stata ottenuta tramite la routine ENVI *feature extraction* che offre il vantaggio di definire gli oggetti come regioni di interesse in base alle loro caratteristiche spaziali, spettrali (brightness and color) e tessiturali. Per ottimizzare la fase di segmentazione è stata utilizzata l'immagine derivata dalla fusione del dato pancromatico con quello multispettrale. L'algoritmo di segmentazione è stato ripetuto cambiando i parametri guida fino a quando la dimensione e la dislocazione dei poligoni generati non sono risultati soddisfacenti.

Particolare attenzione è stata dedicata alla classificazione delle aree urbanizzate al fine di discriminare le aree industriali da quelle adibite a residenza poiché la finalità dell'elaborazione era l'identificazione delle possibili sorgenti di inquinanti atmosferici e delle aree in cui potrebbe essere possibile una esposizione della popolazione.

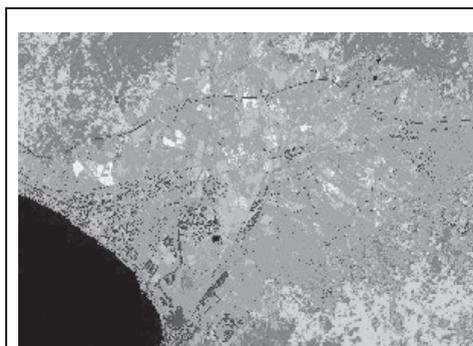


Figura 1 - Immagine classificata con metodologia ML in cui sono rappresentate: nei toni del verde classi di vegetazione; - nei toni dell'arancio-giallo le classi di suoli agricoli; in celeste le aree industriali e in blu superfici asfaltate.



Figura 2 - Sovrapposizione dei poligoni su un particolare della classificazione di Figura 1.

La procedura utilizzata permette di estrarre i risultati della classificazione direttamente in formato vettoriale, pertanto i poligoni appartenenti alle classi di tipo urbano/industriale sono stati sovrapposti all'immagine classificata con l'algoritmo ML allo scopo di valutare in maniera qualitativa la tipologia delle aree abitate ossia di verificare la percentuale dei pixel classificati ricadenti all'interno dei poligoni di tipo urbano (Guindon et al. 2006).

È stato così possibile identificare le aree urbane con edifici di piccole dimensioni contornate da giardini e verde urbano (in rosso in figura 2), le aree industriali (celeste- rosso);e le aree con edifici molto vicini tra loro (bianco).

I risultati della intersezione delle due classificazioni sono stati verificati in campo durante le campagne di misura di inquinanti atmosferici.

Analisi della distribuzione degli inquinanti

E' possibile analizzare la distribuzione spaziale e temporale degli inquinanti utilizzando le loro mappe di distribuzione come strati informativi in un GIS appositamente predisposto.

Nella fase preliminare di selezione dei siti di campionamento è stato utilizzato il DEM e la classificazione ottenuta come precedentemente descritto. Tenendo in considerazione la morfologia dell'area di studio, il tessuto urbano e la disposizione dei siti industriali, è stata costruita una griglia di campionamento regolare, a maglia quadrata con dimensione di 1 km; all'interno di ogni singola cella è stato posizionato, in maniera casuale, un campionario, per un totale di 52 dispositivi di misura. Sono state, ovviamente, escluse dal campionamento le celle ricadenti nel mare.

Per ogni punto di campionamento sono state registrate le coordinate GPS al fine di rappresentare i punti sulla cartografia disponibile.

Il campionamento delle specie investigate (NO_x, NO₂, O₃, SO₂, H₂S e COV) è stato effettuato mediante campionatori passivi Analyst[®], sviluppati dal CNR – Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, basati sul principio della diffusione molecolare. Sono state eseguite 4 campagne di misura stagionali della durata di 30 giorni.

Le concentrazioni delle specie investigate sono state utilizzate per derivare carte di distribuzione degli inquinanti relative alle singole campagne di misura che a loro volta sono state utilizzate come livelli informati all'interno del GIS appositamente predisposto (de Kluizenaaret al. 2001, Salvatori et al. 2006).

A seguito di una sequenza di *query e tools* sono state realizzate le carte di sintesi che mostrano la distribuzione delle classi di concentrazione degli inquinanti nell'area di studio nel corso delle stagioni. Successivamente, per ogni singola campagna, dalle mappe di sintesi sono state estratte le aree con valori di concentrazione superiori alla classe rappresentativa del limite di legge, in modo di ottenere la mappa delle ricorrenze per ogni singolo inquinante. Per quanto riguarda gli inquinanti monitorati nelle quattro campagne, non sono state evidenziate aree con ricorrenze significative, ossia aree in cui si siano verificate concentrazioni superiori ai limiti previsti e/o per periodi prolungati

Al fine di verificare eventuali corrispondenze fra le concentrazioni di inquinanti e l'ubicazione delle aree urbanizzate, delle aree agricole e delle aree vegetate anche le carte delle ricorrenze sono state sovrapposte alla carta di uso del suolo. È stato così possibile correlare la tipologia di inquinante alla classe di uso del suolo rappresentata sulla carta e valutare le possibili sorgenti di inquinanti. Anche queste elaborazione hanno mostrato che l'intera area di studio può considerarsi non interessata da fenomeni di inquinamento localizzati e che inoltre, i valori di concentrazione degli inquinanti non superano il valore soglia, ad eccezione del caso dell'ozono.

Un'ulteriore analisi della distribuzione degli inquinanti è stata condotta calcolando il rapporto tra NO₂/NO_x, al fine di valutare le porzioni dell'area di studio nelle quali è maggiore il contributo primario (ad es. emissione diretta degli ossidi di azoto) e quindi le zone dove il rapporto tende a valori più bassi. Successivamente è stata ottenuta la carta di distribuzione di tale indice in cui viene evidenziato in quante campagne di misura tale rapporto ha assunto valori inferiori a 0,6.

La carta ottenuta ha messo in evidenza la presenza di una minore concentrazione di inquinante secondario nelle zone occupate da vegetazione ai margini dell'area di studio.

Sovrapponendo la carta della ricorrenza del rapporto NO₂/NO_x sul DEM dell'area di studio è stato osservato come tali zone coincidono con quelle a maggiore elevazione sul livello del mare (fig.3), confermando l'importanza dell'analisi della morfologia del territorio in un studio sull'inquinamento atmosferico.

Il risultato è stato sovrapposto all'immagine satellitare e, successivamente, alla carta di uso del suolo. Sulla base di tale carta è stato possibile individuare i siti in cui predisporre la rete fissa di monitoraggio dell'aria.

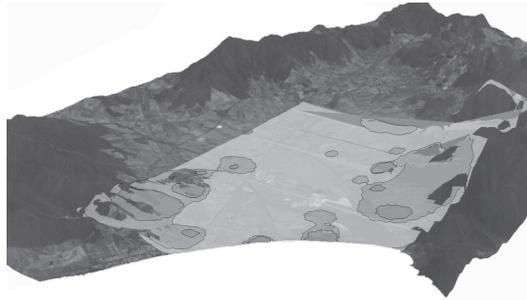


Figura 3 – Carta del rapporto NO_2/NO_x sovrapposta al 3D dell'immagine SPOT

Conclusioni

Secondo la normativa vigente infatti le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria vengono classificate sia a seconda della tipologia (stazione da Traffico, di Background e Industriale) e sia in funzione delle caratteristiche dell'area in cui sono collocate (Area Residenziale, Industriale, Rurale). Le stazioni di background rurale, utilizzate per il monitoraggio di inquinamento dovuto a fenomeni di trasporto a lungo raggio sono da posizionare all'esterno dei centri urbani, in aree prevalentemente agricole, soggette a fenomeni di inquinamento fotochimico. Le stazioni da traffico dovranno essere collocate in prossimità del centro urbano mentre le stazioni industriali in prossimità degli impianti. La selezione dei siti di campionamento deve inoltre tenere in debita considerazione la densità abitativa e la distribuzione areale dei vari inquinanti.

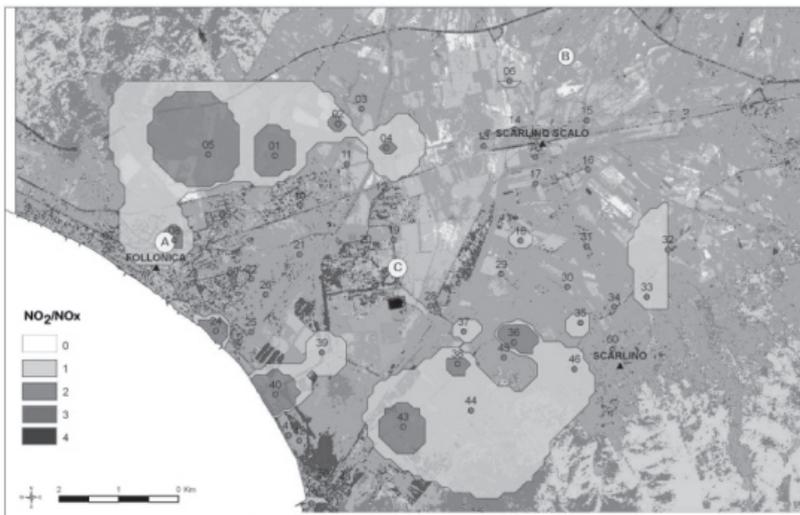


Figura 4 – Carta delle ricorrenze del rapporto NO_2/NO_x sovrapposta all'immagine classificata. Le lettere contraddistinguono i siti ove posizionare le centraline fisse di monitoraggio.

Nella figura 4 viene presentata la possibile ubicazione, sulla base dei risultati delle procedure descritte, di tre stazioni di monitoraggio nell'area considerata in questo studio:

- A. stazione da traffico, in corrispondenza di un'area in cui si sono riscontrati due ricorrenze di rapporto NO_2/NO_x inferiore a 0.6
- B. stazione rurale in un'area interna, equidistante dai rilievi
- C. stazione di tipo industriale, in prossimità del polo industriale

La metodologia integrata si è rivelata particolarmente efficace per il territorio in esame in cui era necessario definire con accuratezza tanto le aree urbanizzate quanto le aree vegetate. Le informazioni territoriali ottenute hanno consentito nella fase preliminare del lavoro di individuare i siti più idonei al posizionamento dei campionatori passivi nel territorio e, successivamente, hanno permesso di individuare in modo oggettivo la collocazione delle stazioni fisse di monitoraggio previste dai criteri EUROAIRNET (EEA, 1999) come riportato in figura 4.

Riferimenti bibliografici

- Aleksandropoulou V., Lazaridis M. (2004), "Spatial distribution of gaseous and particulate matter emissions in Greece", *Water, Air and Soil Pollution* **153**: 15-34.
- de Kluizenaar K.Y., Aherne J., Farrell E.P. (2001), "Modelling the spatial distribution of SO₂ and NO_x emissions in Ireland", *Environmental Pollution* **112**, 171-182.
- Guidon B., Zhang Y., Dillabaugh C.,(2004) "Landsat urban mapping based on combined spectral and spatial methodology". *Remote sensing of the environment* **92**:218-232
- Rotatori M., Ferrucci A.(2008) "Caratterizzazione e valutazione comparata delle emissioni ed immissioni derivanti dal comprensorio industriale di Scarlino" Rapporto CNR-IIA- ARPAT 2008
- Saroglu E., Bektas F., Musaoglu N., Goksel C., (2004), "Fusion of multisensor remote sensing data: assessing the quality of resulting images", *XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004 Istanbul, Turkey, Commission IV, WG IV/7*.
- Salvatori R., Colella P.M., Salzano R., Biscotto M., Casacchia R.,(2006) "Supporto alla progettazione di una rete di monitoraggio atmosferico mediante elaborazione di immagini satellitari e tecniche GIS" Atti ASITA 2006 **II**,1719-1724
- Sengupta S., Patil R.S., Venkatachalam P. (1996), "Assessment of population exposure and risk zones due to air pollution using the geographical information system", *Comp. Environ. and Urban Systems* **20**: 191-199.
- Stedman J.R., Keith J.V., Campbell G.W., Goodwin J.W.L., Downing C.E.H. (1997), "New high resolution maps of estimated background ambient NO_x and NO₂ concentrations in the U.K", *Atmospheric Environment* **31**: 3591-3602.
- Švab A., Oštir K. (2006), "High-resolution image fusion: methods to preserve spectral and spatial resolution", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **72- 5**: 565-572.
- Weng Q., Yang S.,(2006) "Urban air pollution patterns, land use, and thermal landscape: an examination of the linkage using GIS" *Environmental Monitoring and Assessment* **17**: 463-489
- Weirs S., Bock M., Wissen M., Rossner G. (2004) "Mapping and indicator approaches for the assessment of habitats at different scale using remote sensing and GIS Method", *Landscape and Urban Planning* **67**:43:65

UTILIZZO DI STEREOCOPPIE IKONOS II PER LA REALIZZAZIONE DELLA CARTA TOPOGRAFICA DEL SITO ARCHEOLOGICO DI MELKA KUNTURE (ETIOPIA)

Riccardo SALVINI, Federico BONACCINI, Maria Cristina SALVI

(*) Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra e Centro di Geotecnologie, Via Vetri Vecchi 34, 52027 San Giovanni Valdarno, Arezzo. Tel 055 9119441, Fax 055 9119439, salvinir@unisi.it

Riassunto

Melka Kunture costituisce uno dei principali siti preistorici dell'Africa orientale: all'interno del progetto Cultura 2000 "*From the past to the present in Ethiopian Prehistory. An Interactive Museum for the Archaeological Park of the Early Palaeolithic site of Melka Kunture*", l'utilizzo di nuove tecnologie quali la fotogrammetria satellitare ha permesso di apportare un contributo notevole allo studio della ricostruzione storico-archeologica dell'area.

Grazie all'utilizzo di immagini stereoscopiche IKONOS II e ad una campagna di rilevamento dati DGPS è stato possibile ottenere una carta topografico-archeologica del sito preistorico in scala 1:10.000. La vestizione grafica e l'allestimento per la stampa sono stati effettuati secondo normative nazionali standard e in accordo con le più recenti regole cartografiche di rappresentazione e generalizzazione. La mappa costituisce un utile strumento per la salvaguardia dei diversi siti di importanza archeologica presenti in un'area vasta circa 100 Km².

Abstract

Melka Kunture represents one of the most important prehistoric archaeological site recently preserved by the Culture 2000 project titled "From the past to the present in Ethiopian Prehistory. An Interactive Museum for the Archaeological Park of the Early Palaeolithic site of Melka Kunture". To achieve this aim, advanced technologies such as the satellite photogrammetry have been utilized. The use of IKONOS II stereoscopic images and ground control points from a DGPS survey, allowed the creation of the new topographical-archaeological map at a scale of 1:10,000. The cartographic preparation and the setting for printing have been carried out in accordance with standard national rules and recent international guidelines for representation and generalization. This map will constitute an useful tool for the preservation of several archaeological sites spread over a 100 km² area.

Introduzione

Situata circa 50 km a sud di Addis Abeba, nell'alta valle del fiume Awash, Melka Kunture (Figura 1), per l'estensione del sito, la sua lunga sequenza culturale da 1.7 a 0.2 milioni di anni, la molteplicità e la varietà delle situazioni archeologiche presenti nelle sue diverse fasi, costituisce un complesso di grande valore scientifico (Chaivallon e Piperno, 2004).

Melka Kunture è un giacimento di vallata con terrazzi sovrapposti, i cui sedimenti sono conservati per oltre 100 m complessivi di spessore. Nella sua lunga sequenza, gli apporti fluviali sono stati spesso interrotti da eruzioni vulcaniche i cui prodotti costituiscono essenziali punti di riferimento e di raccordo stratigrafico tra i vari affioramenti nelle diverse località del giacimento. Degli oltre 80 livelli archeologici finora individuati, circa 30 sono stati oggetto di scavi più o meno estensivi. Gli scavi di vaste superfici hanno permesso di mettere in luce da 50 a 250 m² per ciascun giacimento e di raccogliere, in ognuno dei livelli archeologici, diverse migliaia di manufatti litici e resti

faunistici. In alcuni di questi siti sono stati anche scoperti resti umani attribuiti sia a *Homo erectus* sia a forme arcaiche di *Homo sapiens* (Bulgarelli e Piperno, 2000; Berthelet et al., 2001).

La conoscenza della topografia relativa ad un sito archeologico così esteso ed importante, integrata con i risultati degli scavi e la componente geologica, risulta quindi essenziale ai fini dell'analisi e dell'interpretazione dell'area di studio (Piccarreta e Cerando, 2000; Campana e Forte, 2001).

A tale scopo per il sito di Melka Kunture, in questo lavoro, è stato realizzato un Sistema Informativo Geografico (GIS) costituito da diversi strati informativi riconducibili essenzialmente agli aspetti archeologici, geologici e topografici. L'informazione topografica utilizzata come riferimento all'interno del geodatabase deriva, come detto, da scene satellitari stereoscopiche; negli ultimi anni l'alta risoluzione spaziale raggiunta dai sensori di telerilevamento ha fatto sì che, per la produzione di carte a medio-grande scala, la fotogrammetria satellitare venga considerata una valida alternativa a quella aerea, mantenendo soddisfacenti caratteristiche geometriche e radiometriche, e garantendo accuratezza posizionale accettabile (Dial e Grodecki, 2003; Sperti e Galanti, 2006; Holland, 2006). Si aggiunga a questo, soprattutto per i Paesi in via di sviluppo, il risparmio economico rispetto alla produzione di foto aeree che, quand'anche disponibili, sono datate e presentano scala inadeguata per applicazioni archeologiche di scavo (Jacobsen et al., 2008).



Figura 1 - Localizzazione dell'area di studio

Descrizione del lavoro

La carta topografico-archeologica di Melka Kunture è stata realizzata utilizzando due stereocoppie di immagini satellitari IKONOS II del tipo *Standard Stereo Im Pansharpened*, che coprono in totale un'area vasta circa 100 km². Pur essendo il prodotto distribuito assieme ai *Rational Polynomial Coefficients*, utili per l'orientamento esterno, l'accuratezza geometrica garantita è molto bassa (RMSE -*Root Mean Square Error*- circa 12 metri in planimetria e 13 metri in altimetria); per questo motivo, con l'obiettivo di creare una topografia in scala 1:10.000, è stata condotta una campagna DGPS necessaria alla misura di *Ground Control Points* (GCP) da utilizzare nelle fasi di orientamento e triangolazione aerea (Kraus, 1993). Per tal motivo i punti sono stati individuati in modo da essere uniformemente distribuiti nell'area di interesse e collocati in zone ben riconoscibili sulle immagini (spigoli di tetti in lamiera, recinti di *tukul*, ecc.). La strumentazione utilizzata per il rilievo DGPS è consistita in due ricevitori *LeicaTM SR530*, un ricevitore *LeicaTM 1200* ed un ricevitore *LeicaTM GS20*. Per poter garantire un'elevata accuratezza e contemporaneamente tempi di acquisizione compatibili con il periodo di svolgimento della missione, le misure sono state registrate sia in modalità differenziale statica che in modalità *Real Time Kinematic* (RTK) (Leica Geosystems, 2003). La modalità statica, che consente elevata precisione anche su lunghe distanze (fino ad alcune decine di km) con tempi di acquisizione piuttosto lunghi, è stata utilizzata per misurare la stazione di triangolazione BNP 267 le cui coordinate sono state rese note dal *Mapping Agency* di Addis Abeba mediante fornitura della relativa monografia; contemporaneamente ad essa, sono state materializzate e misurate ulteriori nove basi di nuova generazione dislocate uniformemente nell'area di studio.

Tutti gli altri punti GPS sono stati acquisiti in modalità RTK, utilizzando come riferimento le nove basi precedentemente misurate, in modo tale che, tramite *Radio Modem*, il calcolo delle coordinate avvenisse correttamente in tempo reale, permettendo tempi di osservazione di pochi minuti e rapidi spostamenti.

Oltre ai punti di interesse topografico, sono stati rilevati anche quelli che fornivano informazioni di carattere archeologico e geologico, per un totale di 171 misurazioni.

Secondo la convenzione cartografica etiope, i dati rilevati sono stati convertiti dal sistema geografico primario WGS84 in coordinate cartografiche piane riferite al sistema assoluto *UTM*, sferoide *Clarke 1880*, datum *Adindan*, zona 37 N.

L'orientamento esterno delle scene satellitari è stato effettuato utilizzando le terne di coordinate relative ai GCP rilevati durante la missione. Tutte le operazioni fotogrammetriche sono state eseguite mediante il software *Leica GeoSystems Erdas Imagine 9.1*. Oltre ai GCP sono stati utilizzati punti di legame al fine di migliorare la qualità dell'orientamento e favorire la successiva visione stereoscopica. Dato il formato d'origine *Standard* delle scene, l'orientamento è stato effettuato mediante *Rational Function Refinement* (Fraser *et al.*, 2006; Jacobsen, 2002) con ordine polinomiale di secondo livello. Data la risoluzione spaziale delle immagini IKONOS II corrispondente a 1 metro, l'RMSE ottenuto dalla triangolazione, pari a 0.25 e 0.6 pixel per le due stereocoppia, è stato ritenuto soddisfacente (le due coppie di scene IKONOS II sono state orientate separatamente e non in un unico blocco a causa del *sidelap* insufficiente).

La triangolazione aerea ha permesso di rendere le immagini georiferite, osservabili in stereoscopia e di passare alla fase di restituzione necessaria alla creazione della carta topografica. Grazie agli algoritmi di autocorrelazione tra *pixel*, è stato inoltre creato un Modello Digitale di Elevazione (DEM) preliminare della zona; la regolarità morfologica dell'area e l'assenza di vegetazione arborea e di centri abitati di grande estensioni hanno consentito di produrre un DEM di buona qualità (se confrontato con l'unica topografia inizialmente disponibile in scala 1:50.000) che successivamente è stato comunque editato in stereoscopia e collaudato.

Per le operazioni di restituzione satellitare è stato utilizzato il Modulo StereoAnalyst in modalità di visualizzazione passiva; sono stati creati due *Feature Project* contenenti i *blockfile* relativi alle stereocoppie. Al loro interno sono state create diverse *feature classes* rappresentanti la rete viaria, la rete idrografica e gli edifici. Le curve di livello e i punti quotati provengono invece da fasi precedenti: le prime derivano dalle operazioni di estrazione automatica successive alla creazione del DEM, mentre i punti quotati corrispondono ai *Tie points* dell'orientamento esterno a seguito delle operazioni di triangolazione aerea. Per l'attribuzione dei codici alle varie *feature classes* si è fatto riferimento, pur con necessari adattamenti alla realtà etiope, alle Normative della Regione Toscana (2007) riguardanti la produzione di cartografia numerica a scala 1:5.000/1:10.000 (lev.3 v.3.5), essendo inesistente una normativa etiope in scala a così gran dettaglio.

Terminata la stereorestituzione, i dati di elevazione e morfologici sono serviti per creare il DEM definitivo con risoluzione spaziale pari a 10 m, utile anche per la produzione delle ortoimmagini.

Nella fase di analisi dei dati in ambiente GIS, si è proceduto all'importazione delle *feature classes* all'interno di un *personal geodatabase*, al loro editing ed alla creazione della banca dati di uso del suolo con riferimento alla Nomenclatura CORINE Land Cover di 3° livello con approfondimenti, qualora possibile, grazie all'alta risoluzione delle immagini, fino al 4° livello. L'unità minima da interpretare ha corrisposto ad una superficie di almeno 1 ettaro. Per gli elementi lineari, infrastrutture e corsi d'acqua, l'unità minima è stata pari a 20 m di larghezza e 250 m di lunghezza, ad eccezione di infrastrutture che obbligatoriamente dovessero essere presenti (es. strade).

La vestizione grafica e l'allestimento per la stampa della carta topografica (Figura 2) e della relativa ortofotocarta ottenuta utilizzando le ortoimmagini prodotte, sono stati effettuati all'interno del Modulo ArcMap del software ESRITM ArcGIS. Per l'attribuzione del simbolismo agli elementi topografici contenuti nelle due carte e delle relative dimensioni (taglia, spessore, spaziatura, ecc.), si è fatto riferimento alle Normative della Regione Toscana (2007) riguardanti i contenuti grafici ed i codici per la produzione di cartografia numerica a scala 1:5.000 / 1:10.000, livello 3 Versione 3.5; si è inoltre tenuto conto dei limiti di rappresentazione e delle regole cartografiche di rappresentazione e generalizzazione di Slocum *et al.* (2005) e della *Swiss Society of Cartography* (2005).



Figura 2 - Carta archeologica di Melka Kunture – base topografica in scala 1:10.000

Per l'attribuzione dei colori agli elementi topografici si è fatto riferimento ai cromatismi pantone utilizzati per la cartografia nazionale, mentre per i poligoni di uso del suolo si è utilizzata la codifica cromatica ufficiale proposta dal Progetto Corine Land Cover (2000).

Conclusioni

La carta topografico-archeologica di Melka Kunture rappresenta uno strumento di tutela e salvaguardia per il giacimento archeologico, nonché di pianificazione e sviluppo territoriale dell'area, tenuto conto dei cambiamenti di uso del suolo verificati dagli Autori in altri lavori (Salvini et al., 2008).

Relativamente al suo valore storico archeologico, la carta verrà consegnata all'*Ethiopian Archaeological Centre*, che grazie a tale documentazione potrà proporre il Parco Archeologico di Melka Kunture come Patrimonio Mondiale dell'Umanità presso l'UNESCO. Tale operazione contribuirà anche a promuovere il nascere di un circuito turistico, apportando benefici economici in un'area in cui prevale ancora un'economia di sussistenza.

Dal punto di vista scientifico archeologico, basandosi sui dati multispettrali delle immagini, sul DEM creato e sul GIS, la carta topografica costituisce un elemento di ricerca essenziale. Visualizzando in un unico ambiente di lavoro tutti i dati archeologici e quelli di tipo paleo-ambientale, ciascuna informazione può essere analizzata in rapporto alle caratteristiche paleo-geografiche del territorio. I dati così ottenuti potranno essere ulteriormente elaborati, mediante specifici *software*, per proporre uno o più modelli, sincronici e diacronici, di frequentazione antropica. Inoltre, sulla base dei risultati acquisiti con la *locational analysis*, potrà essere avanzata un'ipotesi che, partendo dalle variabili territoriali analizzate, possa predire la localizzazione di nuovi insediamenti non ancora individuati, orientando in tal modo nuove ricerche di superficie e favorendo il processo di conservazione e salvaguardia di questo inestimabile patrimonio di informazioni (Clevis et al., 2006; Wheatley and Gillings, 2002).

Bibliografia

- Berthelet A., Bulgarelli G.M., Chavaillon J., Piperno M. (2001), *Melka Kunture. La Guida*, Finiguerra Arti Grafiche, Lavello, 32 schede.
- Bulgarelli G.M., Piperno M. (2000), *Melka Kunture. La Guida*, Finiguerra Arti Grafiche, Lavello, pp. 37.
- Campana S., Forte M. (2001), *Remote sensing in archaeology. XI ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia. Certosa di Pontignano (Siena, 6-11 Dicembre 1999)*, Edizioni all'Insegna del Giglio, Firenze, pp. 373.
- Chavaillon J., Piperno M. (2004), *Studies on the Early Paleolithic site of Melka Kunture, Ethiopia, Vol. I e II*. Finiguerra Arti Grafiche, Lavello, pp.745.
- Clevis Q., Tucker G.E., Lock G., Lancaster S.T., Gasparini N., Desitter A., Bras R.L. (2006), "Geoarchaeological simulation of meandering river deposits and settlement distributions: A three-dimensional approach", *Geoarchaeology* 21: 843–874.
- Dial G., Grodecki J. (2003), "Applications of Ikonos Imagery", *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference Proceedings*. Anchorage, Alaska.
- Fraser C.S., Dial G., Grodecki J. (2006), "Sensor orientation via RCPs". *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60: 182–194.
- Holland D.A., Boyd D.S., Marshall P. (2006), "Updating topographic mapping in Great Britain using imagery from high-resolution satellite sensors", *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 60: 212–223.
- Jacobsen K. (2002), "Mapping with IKONOS images". In: T. Benes *Geoinformation for European-wide Integration Prague June 2002*, 149–156
- Jacobsen K., Büyüksalih G., Baz I. (2008), "Mapping from space for developing countries", *EARSeL Workshop Remote Sensing - New Challenges of High Resolution. Bochum*.
- Kraus K. (1993), *Photogrammetry, Volume I, Fundamental and Standard Processes*, Dümmlers Verlag, Bonn, pp. 397.
- Leica Geosystems (2003), *Il sistema GPS: applicazioni e sviluppi nel rilievo del territorio*, Maggioli, Rimini, pp. 227.

- Piccarreta F., Cerando G. (2000), *Manuale di aerofotografia archeologica. Metodologia, tecniche e applicazioni*, Edipuglia, Bari, pp. 218.
- Regione Toscana (2007), *Tavola dei contenuti grafici e codici per la cartografia numerica a scala 1:5000 / 1: 10000, livello 3 Versione 3.5*. Giunta Regionale. Dipartimento delle Politiche territoriali ed ambientali. Area SIT – Cartografia.
- Salvini R., Salvi M.C., Cartocci A., Kozciak S., Gallotti R., Piperno M. (2008), “Multitemporal study of obsidian exploitation from Melka Kunture (Ethiopia) through digital aerial photogrammetry and multispectral stereo-IKONOS II”, *1st EARSeL Workshop on "Advances in Remote Sensing for Archaeology and Cultural Heritage Management"*, Rome.
- Slocum Terry A., McMaster R.B., Kessler F.C., Howard H.H. (2005), *Thematic Cartography and Geographic Visualization, 2nd edition*, Pearson Prentice Hall. pp. 201-212
- Sperti, M., Galanti R., (2006), “Su una procedura di restituzione a partire da una stereocoppia IKONOS 2”, *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, 4: 229-243.
- Swiss Society of Cartography (2005), *Topographic Maps – Map Graphics and Generalization*. Cartographic Publication Series No.17, 3-7, pp. 14-37.
- Wheatley D. W., Gillings, M. (2002), *Spatial Technology and Archaeology: The archaeological applications of GIS*. London: Taylor & Francis.

TUTELA DEL PAESAGGIO DELLE CRETE SENESI (SI) ATTRAVERSO LA STIMA DELLA PERDITA POTENZIALE DI SUOLO: MODELLI RUSLE E USPED A CONFRONTO

Riccardo SALVINI (*), Silvia RICCUCCI (*), Alessandro COLICA

(*) Università di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra e Centro di Geotecnologie, Via Vetri Vecchi 34, San Giovanni Valdarno, Arezzo, 52027. Tel 055 9119441, Fax 055 9119439, salvinir@unisi.it

Riassunto

La valutazione della produzione di sedimenti provenienti dai versanti e l'individuazione delle aree a maggior rischio di erosione è una delle più importanti applicazioni dei sistemi GIS in ambito geologico. Il panorama dei modelli empirici che si occupano di erosione del suolo è vasto e, anche se ben affermati, talvolta risultano troppo semplificati; di contro, la tendenza attuale è quella di sviluppare e testare modelli maggiormente basati sulla fisica dei processi studiati.

Obiettivo di questo lavoro è quello di applicare alcuni di questi modelli, confrontarli e valutarne vantaggi e svantaggi. L'analisi geomorfologica e di uso del suolo è stata condotta nel territorio delle Crete Senesi, nel Comune di Buonconvento (SI). Serie di ortofoto multitemporali, relative agli anni 1954 e 2005, sono servite per ricostruire le modificazioni che questi paesaggi di riconosciuto valore naturalistico hanno subito negli anni ad opera principalmente dell'uomo e secondariamente per cause naturali.

Attraverso l'applicazione di modelli predittivi differenti, si è cercato di individuare le aree soggette al maggiore rischio di erosione poste all'interno di tre piccoli bacini idrografici siti nel territorio comunale. Lo studio morfodinamico di tali processi erosivi, considerato l'uso agricolo estensivo dell'area, si rende necessario al fine di verificare gli effetti delle politiche di conservazione ed eventualmente definire le aree da mettere in protezione e le tecniche da utilizzare.

Abstract

The assessment of sediment production from slopes and the identification of areas subjected to erosion risk is one of the most important applications of GIS in the field of geology. There is a vast possibility of choice among several models that evaluate the soil erosion. Some of these models sometimes reproduce the process in a too simplified and/or empirical way; conversely, the current trend is to develop and test models based on the physics of the studied processes.

Objective of this work is to apply and to compare some of these models, in order to evaluate their advantages and disadvantages. The geomorphological and land use analysis was carried out in the Crete Senesi area, in the municipality of Buonconvento (SI). Series of multitemporal orthophotos, dated 1954 and 2005, were used to point out the changes that these landscapes, of recognized natural value, have suffered during the time due primarily to human activities and secondarily to natural causes.

Through the application of different predictive models, we tried to identify areas subjected to greater risk of erosion and placed within three small catchments sited in the municipality. Due to the extensive agriculture use of this area, the morphodynamic study of these erosive processes becomes necessary to verify the effects of conservation policies and possibly to define the areas to protect and the environmental conservation techniques to apply.

Area di studio

L'area in esame corrisponde al territorio comunale di Buonconvento, situato a Sud-Est di Siena, e confinante con i Comuni di Monteroni d'Arbia, Asciano, Murlo, San Giovanni d'Asso e Montalcino (Figura 1) costituenti per la maggior parte il cosiddetto territorio delle Crete Senesi.

L'area è caratterizzata dalle litofacies tipiche della sequenza nel Bacino di Siena quali:

- Argille e argille sabbiose di ambiente marino di età pliocenica inferiore (biozone a *Globorotalia margaritae* e a *G. punctulata*), distribuite in tutto il bacino, e di età pliocenica inferiore-alta e media (biozone a *Globorotalia bononiensis* e a *G. crassaformis*), distribuite lungo la fascia orientale (Gandin, 1982);
- Sabbie con lenti di conglomerato presenti soltanto nelle zone marginali del Bacino;
- Sabbie e alternanze sabbioso-siltoso-argillose presenti principalmente nella zona centro-orientale.

L'assetto geologico generale è suborizzontale, con rare inclinazioni degli strati comunque inferiori ai 10° (Costantini et al., 1982).

Metodologie di analisi

Lo studio è stato effettuato utilizzando i seguenti dati:

- Cartografia topografica regionale in scala 1:10.000 in formato vettoriale.
 - Ortofoto pancromatiche digitali relative all'anno 1954 con risoluzione spaziale pari a 1 m, fornite dall'Istituto Geografico Militare.
 - Ortofoto pancromatiche digitali relative all'anno 2005 con risoluzione spaziale pari a 1 m, fornite dal Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (AGEA).
 - Modello Digitale del Terreno (DTM) con risoluzione spaziale pari a 10 m derivante dalla cartografia topografica.
 - Cartografia geologica in scala 1:10.000, disponibile dal Progetto Regionale CARG in formato vettoriale.
 - Cartografia geomorfologica riferita alla nuova cartografia in scala 1:25.000 della Provincia di Siena (ad oggi inedita) resa disponibile per gentile concessione dal Prof. M. Coltorti dell'Università di Siena direttore del rilevamento.
 - Dati pedologici relativi alla banca dati e al Catalogo dei Suoli realizzati nell'ambito del Progetto della Regione Toscana in scala 1:250.000. Le informazioni di interesse sono state ottenute dalla vettorializzazione della cartografia pedologica disponibile on-line (www.regione.toscana.it) formato raster caratterizzata da diverse associazioni di suoli. Da essa, servendosi del Catalogo dei Suoli, è stato possibile ricavare un nuovo livello informativo, rappresentabile in scala 1:10.000, caratterizzato da un unico tipo pedologico.
 - Dati idrometrici relativi alle pluviometrie mensili ed annuali delle stazioni di Montalcino, Pienza (Madonnina) e Monte Oliveto. La scelta delle stazioni è stata dettata sia dalla loro collocazione geografica sia dalla disponibilità di dati per gli anni di interesse. I dati relativi alle precipitazioni giornaliere sono stati recuperati dal sito del Servizio Idrologico Regionale (www.idropisa.it).
- Il sistema di riferimento cartografico scelto per il lavoro è quello nazionale di Gauss-Boaga Fuso Ovest.

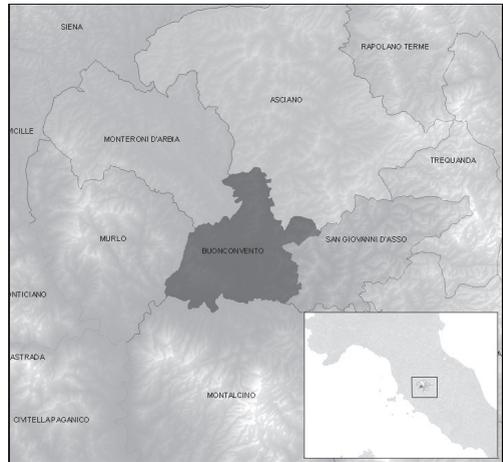


Figura 1 - Localizzazione dell'area di studio

Il lavoro è stato organizzato in due distinte fasi: la prima fase ha riguardato la fotointerpretazione delle ortofoto multitemporali per la creazione delle relative banche dati di uso del suolo. Il Geodatabase è stato creato in accordo con la nomenclatura CORINE di quarto livello derivante da un approfondimento del sistema di classificazione europeo (Heymann et al., 1994) secondo le raccomandazioni dell'ETC-LC (Centro Tematico per il Land Cover dell'Unione Europea) con voci aggiuntive al fine di meglio corrispondere alle caratteristiche legate alla scala maggiore (1:10.000 anziché 1:100.000) e in accordo con le indicazioni fornite dal Ministero dell'Ambiente per la redazione dei Piani di Gestione dei SIC (Siti di Importanza Comunitaria). Tali banche dati sono state in seguito confrontate per evidenziare i cambiamenti avvenuti nel territorio in esame.

La seconda fase ha invece riguardato la sperimentazione di due modelli di previsione di erosione del suolo basati sulla fisica dei processi in studio. Sono stati scelti due modelli che dal punto di vista concettuale seguono due approcci differenti, ma che rientrano nella categoria dei modelli matematici di tipo moltiplicativo in cui figurano fattori che quantificano l'influenza sull'erosione idrica di uno o più processi e delle loro interazioni. In particolare il modello RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation* - Wischmeier e Smith, 1978) utilizza un approccio definito "erosion limited", cioè in grado di valutare la sola componente erosiva dei suoli trascurando completamente il fenomeno della deposizione, mentre il modello USPED (*Unit Stream Power Erosion/Deposition Model* - Moore e Burch, 1986) fa parte di quella categoria di modelli definiti "transport limited" cioè in grado di valutare anche il processo deposizionale. Ad esclusione dei dati pluviometrici, tutti i dati di input necessari per la stima dei parametri richiesti dai modelli considerati, provengono da elaborazioni geologiche, geomorfologiche, pedologiche e fotogrammetriche condotte in questo lavoro.

Il calcolo della perdita potenziale di suolo per entrambi i modelli deve essere effettuato su bacini chiusi. A partire dal DEM tramite il modulo ArcHydro di ESRITM ArcMap sono stati individuati 3 bacini da analizzare situati nella parte Sud-Ovest del Comune di Buonconvento: il Fosso dell'Acqua, il Fosso Baceta ed il Bacino di Bibbiano.

La RUSLE si rifà alla più nota USLE sempre sviluppata da Wischmeier e Smith nel 1958, modificata nel calcolo dei parametri; essa si pone l'onere di calcolare le tonnellate per ettaro all'anno di suolo che potrebbe essere perso a causa dell'azione dilavante, dell'effetto goccia e dell'erosione concentrata dell'acqua piovana e si basa su 6 fattori relativi a vari aspetti del territorio. L'equazione è la seguente:

$$A = R * K * LS * C * P$$

dove:

A è la quantità media di suolo erosa annualmente per unità di superficie [ton/(ha*anno)]

R è il fattore di erosività della pioggia [(MJ * mm)/(h * ha * anno)];

K è il fattore di erodibilità del suolo [(ton * ha * h)/(ha * MJ * mm)];

LS è il fattore topografico (adimensionale);

C è il fattore di copertura del suolo (adimensionale compreso tra 0 e 1);

P è il fattore delle pratiche di controllo dell'erosione (adimensionale compreso tra 0 e 1).

Concepita come applicabile a scala di versante, tale equazione trattata in ambiente GIS viene applicata in maniera distribuita a tutta l'area di indagine. Il fattore topografico LS, calcolato secondo l'equazione proposta da Moore e Burch (1986), considera la lunghezza e la pendenza del versante ed è stato calcolato a partire dal DTM disponibile. La scelta dei fattori C e P si è basata sull'analisi delle banche dati di uso del suolo e sulla fotointerpretazione delle immagini telerilevate in modo da riconoscere le pratiche territoriali attuate specialmente nelle aree agricole (es. coltivazioni a rittochino, a girapoggio). In particolare per il fattore C si è fatto riferimento alle indicazioni proposte da Bazzoffi (2007) relativamente alle caratteristiche tipiche delle colture nel clima mediterraneo. I dati pedologici sono serviti per ricavare le caratteristiche dei suoli dalle quali valutare il fattore K secondo quanto proposto da Wischmeier & Mannering. (1969). Attraverso i

dati pluviometrici totali annuali e riassunti mensili è stato calcolato il fattore R secondo la metodologia proposta da Arnoldus (1980) che permette di calcolare il coefficiente R con i dati di precipitazione mensile e annuale invece che con le precipitazioni di massima intensità previste dalla RUSLE.

Il Modello USPED, come detto, è un modello parametrico che predice la distribuzione spaziale dell'erosione e deposizione del suolo. Viene ipotizzato un flusso stazionario con pioggia effettiva uniformemente distribuita e in condizioni di capacità di trasporto limitato. L'erosione/deposizione del suolo viene valutata come conseguenza della variazione di capacità di trasporto dei sedimenti. L'erosione si verifica laddove c'è incremento della capacità di trasporto viceversa la deposizione laddove c'è diminuzione. Non essendo stati fatti studi sperimentali su tale modello per calcolare i parametri ad esso necessari è stato fatto riferimento ai parametri RUSLE. Si assume che sia possibile stimare la capacità di trasporto T [ton / ha* anno] come:

$$T = LS * C * P * K * R$$

L'erosione/deposizione ED è stata stimata dalla divergenza di T:

$$ED = \text{div}(T*s) = d(T*\cos\alpha) / dx + d(T*\sin\alpha) / dy$$

dove:

α è l'esposizione;

s è il vettore unitario nella direzione di massima pendenza;

dx e dy rappresentano le dimensioni della cella nelle direzioni E e N.

Risultati e conclusioni

La Figura 2 mostra l'estensione delle classi di uso del suolo al secondo livello della Nomenclatura CORINE. Il grafico evidenzia la prevalenza nell'area di terreni agricoli seminativi (classe 21) accompagnata da buone estensioni di zone boscate (classe 31), con agricoltura permanente (classe 22) e da una minima presenza di aree con vegetazione rada o assente (classe 33). Proprio relativamente a quest'ultima classe, corrispondente alle forme più caratteristiche delle Crete Senesi riconducibili ai calanchi ed alle biancane (Figura 3), il grafico in Figura 4 mostra la conversione del territorio dal 1954 al 2005 da essa verso tutte le altre destinazioni d'uso del suolo al terzo livello.

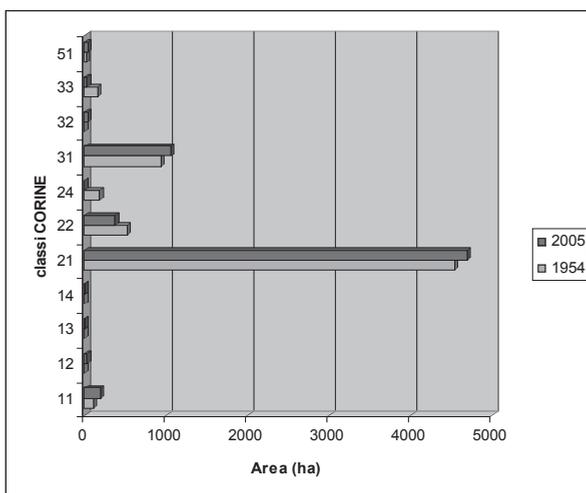


Figura 2 - Estensione in ettari delle classi di uso del suolo al secondo livello della Nomenclatura CORINE

Rispetto al totale della distribuzione delle aree con vegetazione rada (classe 333) del 1954, solamente il 12% di esse si è conservato, mentre il 73% è passato a seminativo (classe 211) ed il 10% ed il 3% rispettivamente a boschi e cespuglietti (classi 311 e 322). Con ogni probabilità, la conversione a seminativo di questi territori, è imputabile allo sviluppo della meccanizzazione nell'agricoltura e alla mancanza di rispetto dei vincoli di protezione ambientale.



Figura 3 – Calanchi (a sinistra) e biancane (a destra) tipici delle Crete Senesi

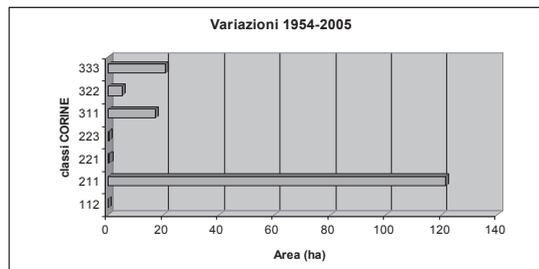


Figura 4 - Estensione in ettari delle aree appartenenti alla classe 333 relativa al 1954 convertite nei successivi 50 anni ad altri usi del suolo

Tali variazioni di uso del suolo hanno inevitabilmente inciso sulle dinamiche geomorfologiche e sulla perdita di suolo. L'applicazione dei modelli ha condotto alla stima quali/quantitativa della distribuzione spaziale della perdita potenziale di suolo annua per gli anni 1954 e 2005. La concettualizzazione matematica tipica del modello USPED ne definisce il limite di applicabilità, rendendolo inaffidabile nelle zone d'impluvio che pertanto sono state scartate. Al fine di rendere confrontabili i due modelli, si è deciso di considerare solamente le zone che nel modello USPED risultavano in erosione, escludendo quelle in deposizione.

I risultati ottenuti, seppur spazialmente molto correlati ed in accordo con i recenti rilevamenti geomorfologici, hanno dato valori numerici molto differenti (Tabella 1).

L'analisi statistica dei dati mostra per entrambi i modelli una generale diminuzione dell'erosione potenziale media negli anni dovuta sia ad un progressivo abbandono delle campagne, come testimoniato dal "reinverdimento" delle zone che nel 1954 erano adibite a pratiche agricole permanenti, sia alla diminuzione delle precipitazioni nell'anno 2005. Il parametro R in questo senso, dato il carattere moltiplicativo dei modelli, riveste un ruolo determinante nel calcolo e la sua stima, in lavori futuri dovrà basarsi su dati più dettagliati e distribuiti nel tempo. La perdita di suolo è aumentata in prossimità dei corsi d'acqua e nelle morfologie più acclivi, come conseguenza diretta della variazione di uso del suolo, da aree naturali ad aree agricole, e della modifica delle pratiche agricole: introduzione di mezzi meccanici più potenti e passaggi da coltivazioni di tipo misto o temporaneo a permanente ed estensivo.

	Media[ton/ha*anno]
RUSLE 54	41,4
RUSLE 05	34,3
USPED 54	18
USPED 05	13,88

Tabella 1 - Valori medi di perdita potenziale di suolo calcolati con i modelli RUSLE e USPED per gli anni 1954 e 2005

Per il Comune di Buonconvento, in ultima analisi, si può dire che esso sia occupato principalmente da aree agricole e aree boschive e che nel periodo di tempo analizzato non si siano registrate particolari variazioni di uso del suolo. E' menzionabile soltanto un debole incremento in estensione (alcune decine di ettari) delle aree agricole ed a copertura boschiva a scapito di vigneti, oliveti e soprattutto di aree a vegetazione rada o assente.

I modelli di calcolo di erosione del suolo applicati ai tre bacini all'interno del territorio comunale mostrano una generale diminuzione dei tassi erosivi, con isolate eccezioni localizzabili in corrispondenza delle variazioni di uso del suolo da agricoltura mista o aree vegetate verso coltivazioni estensive. I risultati ottenuti dai due modelli mostrano una grande variabilità nei valori medi di perdita potenziale di suolo con tassi più elevati per il modello RUSLE; il modello USPED fornisce una più marcata variabilità spaziale del processo erosivo.

I bacini in studio non mostrano una situazione di criticità marcata riguardo all'erosione anche se si auspica una maggiore attenzione verso metodologie di misura in situ con rilievi diretti in modo da conoscere con precisione l'entità del trasporto torbido e testare direttamente i vari modelli parametrici.

Bibliografia

Arnoldus H.M.J. (1980), "An approximation of rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation", *Assessment of Erosion*, 127-132. M. De Boedt and D Gabriels, eds. New York, N. Y.. John Wiley and Sons.

Bazzoffi P.(2007), "Erosione del suolo e sviluppo rurale. Fondamenti e manualistica per la valutazione agroambientale". Ed. *IlSole24Ore* EDAGRICOLE.

Costantini A., Lazzarotto A. & Sandrelli F. (1982), "Conoscenze geologico-strutturali", *Il Graben di Siena "Studi geologici, idrogeologici e geofisici finalizzati alla ricerca di fluidi caldi nel sottosuolo"*, CNR-PFE-RF9-Sottop. Energia Geotermica, Pisa.

Gandin A. (1982), "Considerazioni stratigrafico-paleogeografiche", *Il Graben di Siena "Studi geologici, idrogeologici e geofisici finalizzati alla ricerca di fluidi caldi nel sottosuolo"*, CNR-PFE-RF9-Sottop. Energia Geotermica, Pisa.

Heymann Y., Steenmans C., Croisille G. e Bossard M. (1994), *CORINE land-cover project. Technical guide*, European Commission Directorate General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection ECSC-EEC-EAEC, Brussels, 136.

Moore I.D., Burch G.J. (1986), "Modelling erosion and deposition: Topographic effects", *Transactions of the ASAE*, 29: 1624-1630.

Wischmeier W.H., Smith D.D. (1958), "Rainfall energy and its relationship to soil loss", *Trans. AGU*, 39: 285-291.

Wischmeier W.H., Mannering J.V. (1969), "Relation of soil proprieties to its erodibility", *Soil Sci., Soc. Am. Proc.*, 33: 131-137.

Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978), "Predicting rainfall erosion losses – guide to conservation planning", *USDA Handbook n.537*, Washington, D.C.

LA MOBILITÀ ALL'INTERNO DI UN NODO DI UNA RETE DI TRASPORTO INTERMODALE. UNA METODOLOGIA DI ANALISI E VALUTAZIONE

Prof. Giuseppe SALVO (*), Ing. Luigi CARUSO (**)

(*) Università di Palermo – Viale delle Scienze – Tel 091 238415 Fax 091 423105 e-mail salvo@ditra.unipa.it
(**) Università di Palermo – Viale delle Scienze – Tel 091 238411 Fax 091 423105 e-mail caruso@ditra.unipa.it

Abstract

L'assetto attuale del sistema della mobilità, caratterizzato da un alto livello di congestionamento del traffico locale, impone sempre di più l'individuazione di modi e sistemi di trasporto sostenibili, alternativi al mezzo privato. L'obiettivo è quello di rendere efficiente il sistema di trasporto pubblico [autobus, metropolitana, tram] creando nodi e stazioni d'interscambio che rendano agevole l'integrazione modale con la *pedestrian mobility*. In questo studio si vuole analizzare la qualità e la sicurezza dei percorsi pedonali di un nodo d'interscambio della Città di Palermo, dove l'intermodalità avviene tra sistema ferroviario regionale e metropolitano, la rete di autobus urbani ed extraurbani, definendo infine un possibile scenario progettuale dopo che verrà realizzato il capolinea di una linea tranviaria. Definita l'ubicazione di questo ulteriore terminal, verranno infatti analizzati i diversi percorsi che l'utente non motorizzato dovrà percorrere per accedere ai diversi sistemi di trasporto presenti. Scadenti livelli di accessibilità al trasporto pubblico (marciapiedi troppo stretti e a volte inesistenti, scarsa illuminazione, percorsi troppo lunghi, barriere architettoniche, ecc.) sono elementi tali da influenzare la scelta del modo di trasporto a vantaggio dell'uso dell'automobile. La metodologia prevede l'ottimizzazione dei percorsi non solo in termini di tempo di percorrenza ma anche per quanto riguarda la qualità e la sicurezza degli itinerari proposti, tenendo conto inoltre dell'energia mediamente spesa per spostarsi a piedi. In particolare è stato proposto un sistema di "tapis roulant", appartenente alla categoria dei sistemi ettometrici, in modo tale da migliorare i tempi di trasferimento e rendere così competitiva l'integrazione modale pedonalità-treno-tram-autobus.

The present urban mobility situation, characterized by high levels of local traffic congestion, urgently calls for sustainable transport modes, alternative to private cars. The goal is to make the public transport system [bus, subway and tram] more efficient by creating exchange nodes and terminals in order to integrate different transport modes with pedestrian mobility. This study aims to analyze the quality and safety of pedestrian routes at particular exchange node in the City of Palermo, between regional railway, subway, urban bus system and considering the next future integration with a tram network. The method proposed evaluates the best pedestrian routes in terms of travel time, quality and safety and taking also in to account the average energy necessary for transfers on foot. Specifically, whenever pedestrian travel times are considered unacceptable, installation of people mover is proposed.

Introduzione

La creazione di nodi e stazioni d'interscambio si propone di creare una sinergia tra differenti modalità di trasporto, che, attraverso l'utilizzo di diversi vettori dal basso impatto ambientale, ha come obiettivo la riqualificazione degli spazi urbani, valorizzando il patrimonio storico-artistico e naturalistico urbano, grazie alla riduzione del numero di automobili che circolano in città. Per far ciò è necessario puntare sullo sviluppo sociale del trasporto pubblico, migliorando non solo le prestazioni

del servizio stesso in termini di tempo globale di viaggio, comfort, ecc., ma anche la sicurezza e la gradevolezza dei percorsi che, a piedi, gli utenti devono percorrere per accedere al TPL. Ed è proprio questo secondo aspetto, di non secondaria importanza, che è stato affrontato in questo studio. In particolare è stato analizzato un nodo di trasporto della città di Palermo, dove l'integrazione modale è espressa da pedonalità-treno-tram-autobus. Dapprima è stata fatta una descrizione dello stato attuale del nodo in esame, mettendo in evidenza i possibili itinerari destinati al trasporto su gomma. Si è sviluppata poi una metodologia per l'ottimizzazione dei percorsi pedonali, dopo la realizzazione dell'ulteriore terminal del sistema tranviario, ottenendo la carta della suscettibilità pedonale, in cui vengono messi in evidenza le criticità dell'area in esame. Infine viene riportato uno studio di fattibilità per la realizzazione di un nuovo layout del nodo d'interscambio in esame, dove viene localizzato di un sistema di tapis roulant, in modo da offrire un elevato livello di comfort ai passeggeri.

Area di studio

Il nodo di Piazza Giulio Cesare rappresenta uno dei principali nodi d'interscambio della città di Palermo, sia per la mobilità urbana sia per quella extraurbana. Allo stato attuale l'intermodalità avviene tra sistema ferroviario regionale e metropolitano, e la rete di autobus urbani ed extraurbani. Per quanto riguarda il trasporto su ferro, Palermo Centrale rappresenta una tra le più antiche stazioni d'Italia, da cui si diramano le linee per il servizio di trasporto regionale metropolitano e di ferrovia urbana. E' interessata da circa 52.000 transiti giornalieri (ISTAT, 2001). Inoltre da qui partono e arrivano numerose linee di autobus che collegano il capoluogo con il resto del territorio regionale. In particolare su un totale di 527 corse giornaliere (Piano Strategico, 2007), il 35 % degli spostamenti avvengono per collegare Palermo con il resto della propria provincia. Il trasporto pubblico urbano che interessa il nodo in esame, è costituito da 23 linee di autobus. Alcune di queste rappresentano delle linee di forza per la mobilità urbana, con una frequenza di oltre 21 bus/ora (Piano Strategico, 2007). La sosta veicolare privata non è consentita nell'area in esame, anche se si verifica spesso il fenomeno di sosta illegale (fig. 1).

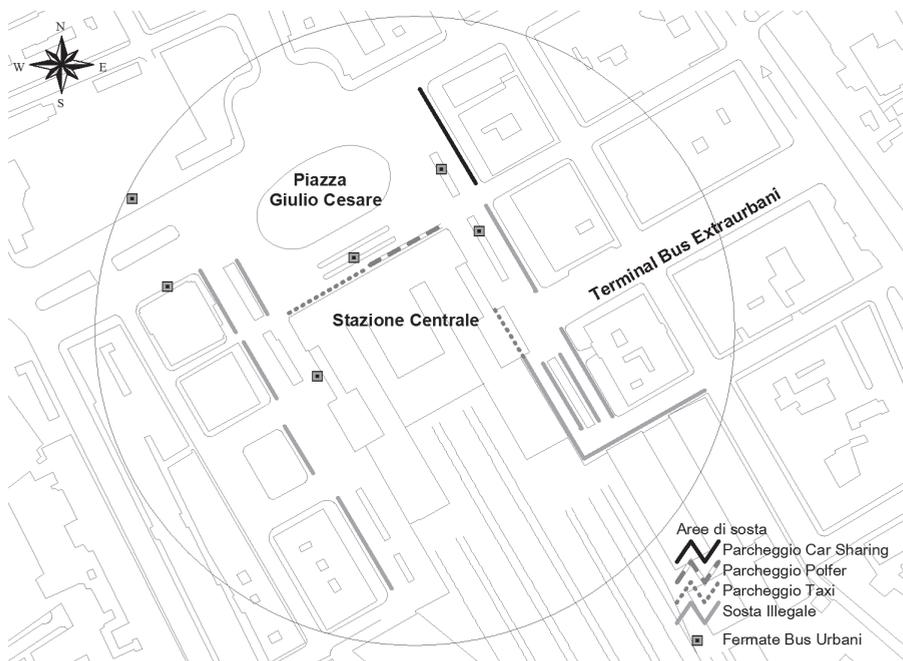


Figura 1 – Delimitazione aree di sosta

Nella figura che segue (fig. 2) sono riportati i percorsi carrabili con i sensi di circolazione e gli attraversamenti pedonali.

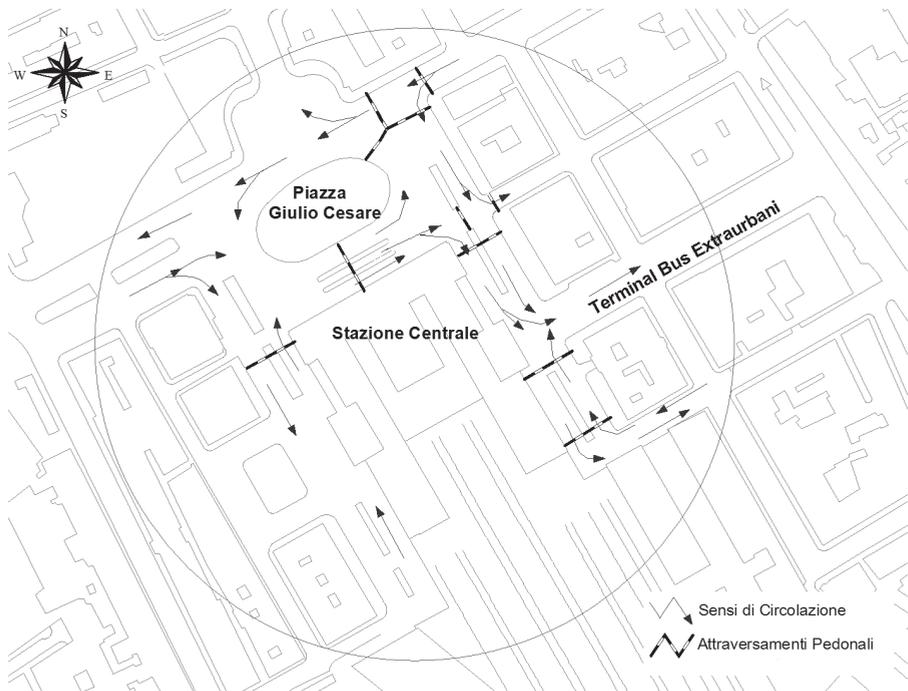


Figura 2 – Sensi di circolazione e attraversamenti pedonali

Metodologia proposta

Con l'ausilio della geomatica ed in particolare utilizzando il software GIS open source Grass 6.3 si è ottenuta la carta della suscettibilità pedonale (fig. 3), che ha permesso di mettere in evidenza i percorsi pedonali, dopo aver posizionato il terminal del tram, individuando le criticità della *pedestrian mobility* sia in termini di sicurezza ma anche di gradevolezza del percorso affrontato (Salvo, Caruso, 2008).

Nello specifico è stato necessario valutare l'energia che l'utente spende a piedi per raggiungere la fermata del terminal desiderata (Salvo, Caruso, 2008), tenendo conto dell'acclività e della massa totale trasportata. L'espressione usata, determinata sulla base di studi simili (C.R.O.W., 1993), è la seguente:

$$p = (0.0981 * i * m + 0.0721 * m + 0.374 * v^2) * v \quad [1]$$

dove:

P = potenza necessaria per mantenere la velocità v costante	(watt)
i = pendenza del percorso	(%)
m = massa totale (pedone, incrementata di un possibile carico trasportato)	(kg)
v = velocità voluta	(m/s)

La velocità si è ipotizzata costante e pari a 1.2 m/s (H.C.M., 2000), mentre la massa del pedone si è assunta pari a 70 kg (utente standard) e di 16 kg il carico trasportato.

Dalla letteratura si evince che, per la tipologia di utente in esame, per superare un percorso di 300 metri in piano su fondo pavimentato, senza nessun bagaglio, è necessario erogare una potenza P_s pari a 14 watt circa (C.R.O.W., 1993).

Pertanto dalla relazione:

$$300 * p_s = x_m * p \quad [2]$$

è possibile ottenere la distanza x_m percorribile, con una valigia di medio peso, senza che si avverta fatica.

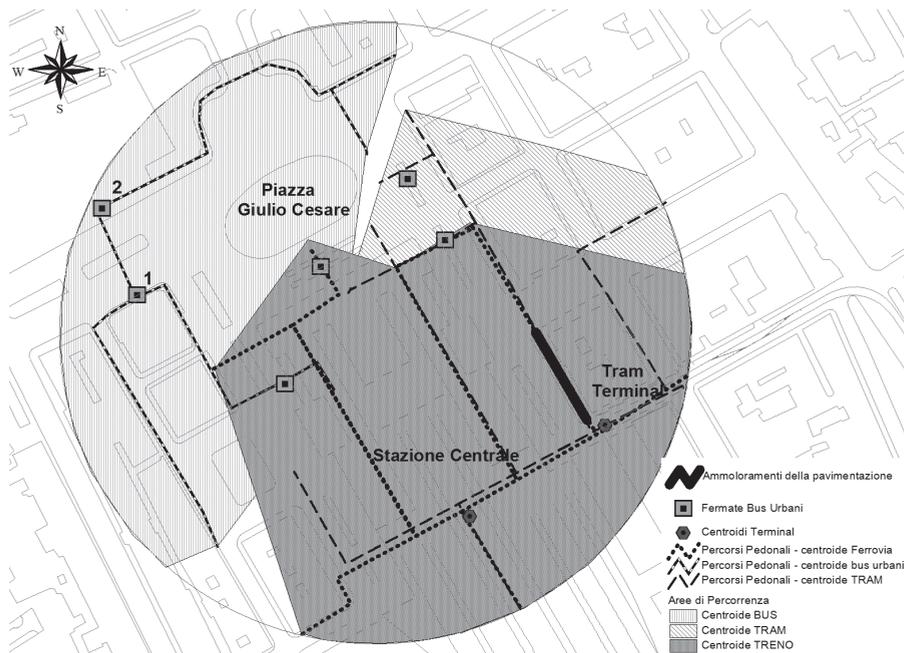


Figura 3 – Carta della suscettibilità pedonale

In questo modo si è determinata la distanza percorribile a piedi, in relazione alle capacità fisiche e prestazionali dell'utente e grazie al software GIS si sono individuate le aree di percorrenza avendo come generatori i terminal dei diversi vettori di trasporto, ricadenti nel nodo intermodale in esame (fig. 4).

I risultati di questa analisi hanno permesso di individuare quei percorsi, tra un terminal e l'altro, in cui il pedone è costretto ad un recupero fisico per affrontare il tratto in oggetto.

Infatti le fermate degli autobus 1 e 2, rispetto al terminale del tram e della ferrovia, si trovano ad una distanza superiore rispetto a quella ottimale calcolata secondo la [2].

In questo caso è necessario utilizzare sistemi ettometrici, ad esempio marciapiedi mobili, per ridurre le distanze e il tempo di percorrenza.

Un altro aspetto valutato è stata la qualità dei percorsi pedonali di accesso - egresso ottenuti. Gli elementi considerati sono la larghezza del marciapiede e il suo stato di usura.

L'Highway Capacity Manual definisce una larghezza del marciapiede accettabile se pari ad almeno 0.75 m.

Infine sommando le elaborazioni ottenute (fig. 3), è possibile valutare l'accessibilità dell'utente, evidenziando le potenzialità di integrazione modale pedonalità con treno-tram-autobus.

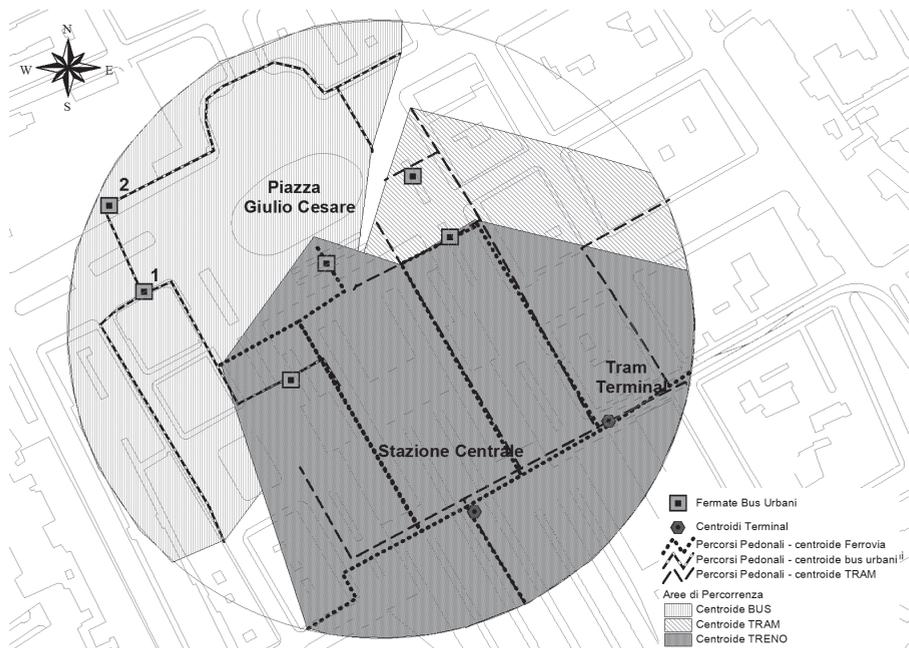


Figura 4 – Aree di percorrenza

Risultati e conclusioni

L'analisi svolta ha permesso di individuare quelle situazioni di criticità che rendono poco appetibile l'intermodalità *walking* e trasporto pubblico.

La metodologia proposta si configura come uno strumento di analisi in grado di studiare singolarmente tutti quegli elementi che influenzano il livello di comfort di chi ha deciso di non utilizzare il proprio mezzo privato e permette, quando necessario, di intervenire in maniera mirata. Infine in figura 5 è presentato un nuovo possibile layout del nodo d'interscambio in esame, dove è stato localizzato un sistema di tapis roulant, nel caso in cui la distanza da percorrere per raggiungere due terminal è eccessiva, e dove sono indicati se necessari gli interventi di manutenzione e/o di adeguamento, dei marciapiedi esistenti.

Si è deciso di utilizzare questo tipo di sistema eometrici perché si hanno delle grosse concentrazioni di movimento pedonale che giustificano questo intervento e inoltre la velocità normalmente utilizzata per questi impianti di 0,5 m/sec è tale da permettere un utilizzo ottimale ed efficiente del sistema stesso.

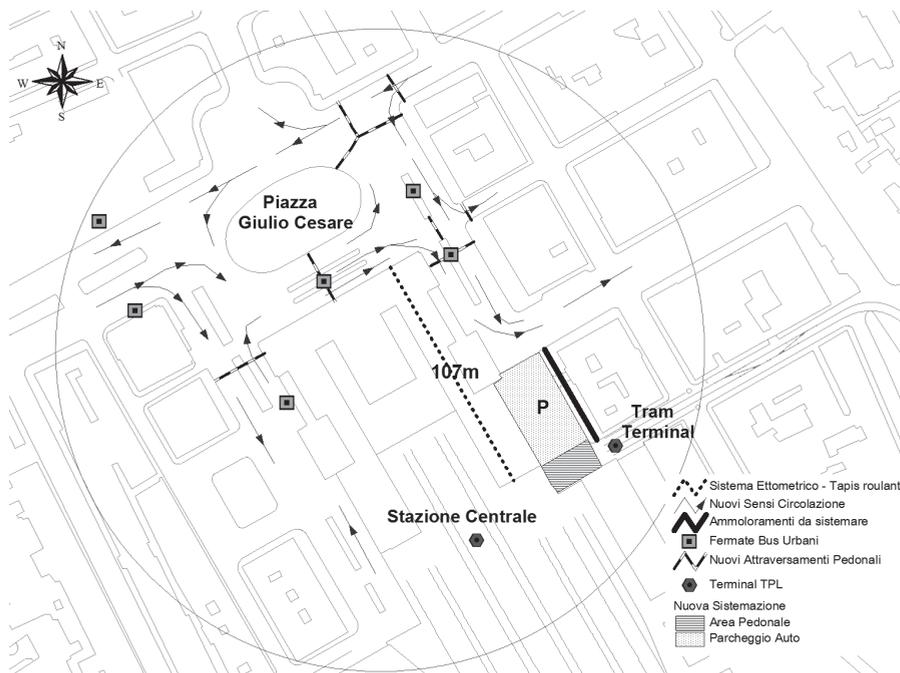


Figura 5 – Nuovo layout di Piazza Giulio Cesare

Bibliografia

Comune di Palermo (2007), “Piano Strategico per la Mobilità Sostenibile”.

Salvo G., Caruso L. (2008), Metodologie per la valutazione dell’accessibilità al trasporto pubblico urbano, XI Conferenza Italiana Utenti ESRI, Roma.

C.R.O.W. (1993) Sign up for the bike – Design manual for a cycle-friendly infrastructure. Record 10, The Netherlands.C.R.O.W, 1993.

Highway Capacity Manual, edition 2000.

ISTAT, 2001.

Landis, Bruce W., Venkat R. Vattikuti, Russell M. Ottenberg, Douglas S. McLeod, and Martin Guttenplan. “Modeling the Roadside Walking Environment: A Pedestrian Level of Service.” Transportation Research Record 1773. Transportation Research Board, Washington, DC, 2001.

AA.VV., Nonmotorized Transportation Around the World, Transportation Research Record n° 1444, National Academy Press Washington , D.C. (1994).

Kieffer J. A., The Fundamental Gap in Urban Transportation, Automated People Mover IV, Enhancing Values in Major Activity Center, Edited by William J. Sproule.

LA REALIZZAZIONE IN ITALIA DEL PROGETTO EUROPEO CORINE LAND COVER 2006 NELL'AMBITO DEL LAND MONITORING FTSP DELL'INIZIATIVA GMES

Valter SAMBUCINI, Nico BONORA, Ines MARINOSCI, Federico AZZOLINI

Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici, via V. Brancati 48, 00144, Roma

Abstract

L'attenzione dei decisori politici è andata negli anni allargandosi dall'integrazione della dimensione ambientale nelle politiche di settore verso lo sviluppo di metodologie e strumenti d'analisi a supporto dell'azione di pianificazione territoriale. Ciò appare chiaro se si considera il percorso che dalla Strategia Europea sullo sviluppo sostenibile porta al VI Programma comunitario d'azione in materia d'ambiente, quindi al programma *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES), sino a giungere alla proposta di direttiva sull'istituzione di un'infrastruttura comunitaria per l'informazione territoriale (INSPIRE).

In questo contesto, l'iniziativa *Corine Land Cover* (CLC) è nata a livello europeo specificamente per il rilevamento e il monitoraggio delle caratteristiche di copertura e uso del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela.

La prima realizzazione del progetto CLC risale al 1990 (CLC90), mentre gli aggiornamenti successivi si riferiscono all'anno 2000 tramite il progetto *Image & Corine Land Cover 2000*.

L'iniziativa, cofinanziata dagli Stati membri e dalla Commissione Europea, ha visto nel 2000 l'adesione di 33 paesi tra i quali l'Italia, dove l'Autorità Nazionale per la gestione del progetto è stata identificata nell'APAT, in quanto punto focale nazionale della rete europea EIONet.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente ha ultimamente deciso di avviare un aggiornamento del CLC, riferito all'anno 2006, nell'ambito del programma GMES Fast Track Service on Land Monitoring. L'Apat ha aderito a tale iniziativa ed ha approvato il progetto "CLC2006 IT".

Con questo progetto si intende realizzare un mosaico Europeo all'anno 2006 basato su immagini satellitari SPOT-4 HRVIR, SPOT 5 HRG e/o IRS P6 LISS III, derivare dalle stesse la cartografia digitale di uso/copertura del suolo all'anno 2006 e quella dei relativi cambiamenti.

Nell'ambito del progetto verranno inoltre prodotti due strati ad alta risoluzione; il primo consiste nella mappatura delle aree impermeabilizzate, mentre il secondo è relativo alla copertura forest/no forest con discriminazione di conifere e latifoglie.

Per l'Italia, analogamente alla realizzazione nazionale del CLC 2000, la proposta progettuale per il 2006 prevede un approfondimento tematico al IV livello per gli ambienti naturali e semi-naturali.

Introduzione

Nel 1985 il Consiglio delle Comunità Europee, con la Decisione 85/338/EEC, ha varato il programma CORINE (COOrdination of INformation on the Environment) per dotare l'Unione Europea, gli Stati associati e i paesi limitrofi dell'area mediterranea e balcanica di informazioni territoriali omogenee sullo stato dell'ambiente.

Lo scopo principale dell'iniziativa è di verificare dinamicamente lo stato dell'ambiente nell'area comunitaria, al fine di fornire supporto per lo sviluppo di politiche comuni, controllarne gli effetti, proporre eventuali correttivi.

Tra il 1985 e il 1990 la Commissione Europea ha promosso e finanziato il programma CORINE ed ha realizzato un sistema informativo sullo stato dell'ambiente in Europa, sono stati inoltre sviluppati e approvati a livello europeo sistemi di nomenclatura e metodologie di lavoro per la creazione del database Corine Land Cover (CLC), che viene realizzato inizialmente nel 1990 (CLC90).

Alla Conferenza di Dobris del 1991 i Ministri dell'Ambiente Europei si accordarono per l'allargamento del programma CORINE includendo anche i Paesi dell'est aderenti al programma Phare, complessivamente i Paesi coinvolti nel progetto CORINE salgono quindi a 25.

Sulla base delle indicazioni del Consiglio Europeo e a seguito della creazione della rete EIONET (*European Environment Information and Observation Network*), l'implementazione del database CORINE è responsabilità dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (AEA).

La copertura Corine Land Cover all'anno 90 (CLC90) ed il suo aggiornamento al 2000 Image & Corine Land Cover 2000 (I&CLC 2000) sono riconosciute a livello europeo quali strumenti di base per la definizione delle politiche territoriali da parte di diversi servizi della Commissione Europea quali *DG-Regional policy*, *DG-Environment* e *DG-Agriculture* oltre all'AEA e ai nodi della rete costituita dagli *European Topic Centres* (ETCs).

La copertura Corine Land Cover rappresenta altresì uno strato informativo di base per lo sviluppo di applicazioni di modellistica e di analisi spaziale su base GIS finalizzati alla derivazione di informazioni complesse utili a supportare le scelte dei *decision maker* a livello Europeo e nazionale. Il progetto nazionale I&CLC 2000it, realizzato dall'APAT, ha proposto alcuni elementi innovativi rispetto agli obiettivi europei [2]. In particolare, nell'implementazione del CLC2000 in Italia, sono stati previsti:

- la realizzazione di un maggior dettaglio tematico, implementando la legenda del IV livello CORINE per le voci relative alle superfici boscate ed altri ambienti seminaturali, secondo la classificazione elaborata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela di Territorio nell'ambito del progetto "Completamento delle conoscenze naturalistiche di base" (ConSCN250) [3];
- la validazione al suolo della cartografia attraverso la realizzazione di controlli in campo [4].

Nel Novembre del 2004 il Management Board dell'AEA, a seguito delle discussioni tra gli Stati Membri, l'Unione Europea e le principali istituzioni della stessa (DG ENV, EEA, ESTAT e JRC), ha valutato la possibilità di aumentare la frequenza di aggiornamento del *Corine Land Cover* ed ha deciso di avviare un aggiornamento del CLC, riferito all'anno 2006 e sviluppato nell'ambito dell'iniziativa Fast Track Service on Land Monitoring (FTSP) del programma Global Monitoring for Environment and Security (GMES)

Con questa iniziativa si intende dotare l'Unione Europea di una serie di servizi informativi, sostenibili ed aggiornati periodicamente, che comprendono una copertura di immagini satellitari e dei database derivati di uso e copertura del suolo.

In particolare i servizi che si intendono realizzare sono:

1. Immagini satellitari Ortorettificate al 2006 (+/- 1 year);
2. Mosaico Europeo basato sulle immagini relative al punto 1 (IMAGE2006);
3. Cambiamenti dell'uso del suolo tra il 2000 ed il 2006;
4. Mappatura dell'uso del suolo al 2006 in base alla legenda Corine (CLC2006);
5. Strato ad alta risoluzione relativo al grado di impermeabilizzazione (2006);
6. Strato ad alta risoluzione Forest (2006).

Il Progetto CLC2006

L'iniziativa, cofinanziata dagli Stati membri e dalla Commissione Europea, ha visto l'adesione di 38 paesi (Figura 1) tra i quali l'Italia. I National Reference Centre on Land Use e Spatial Analysis di EIONet sono stati individuati come responsabili del progetto e National Authorities a livello nazionale.

L'obiettivo principale è la produzione del database dei cambiamenti di uso/copertura del suolo tra il 2000 ed il 2006 (CLC change 2006) e la derivazione del database di uso/copertura del suolo al 2006

(CLC2006) utilizzando come sistema di base una copertura europea di immagini satellitari riferita all'anno 2006 (Image 2006).



Figura 1 Paesi partecipanti al Progetto

La copertura Image 2006 è di tipo multitemporale, e consiste di due distinte coperture di immagini SPOT-4 HRVIR, SPOT 5 HRG e/o IRS P6 LISS III, ognuna con 4 bande spettrali, acquisite negli anni 2005-2006-2007.

Queste immagini sono state ricampionate con convoluzione cubica a 20 m ed ortorettificate in modo tale che l'errore di posizionamento (espresso come errore quadratico medio) sia inferiore a 25 m. Le immagini così ottenute sono state mosaicate per tutto il territorio interessato dal progetto e costituiscono la base per la produzione del database del CLC change 2006.

Le principali specifiche tecniche dei prodotti CLC sono [5]:

- la scala nominale è 1:100.000, l'unità minima cartografata è pari a 25 ettari (equivalente in scala 1:100.000 a un cerchio di 2,8 mm o un quadrato di 5 x 5 mm) e la larghezza minima dei poligoni è 100 m (1 mm alla scala nominale);
- le coperture CLC sono costituite esclusivamente da poligoni; l'accuratezza geometrica è pari a 100 m, non sono quindi ammessi scostamenti superiori ai 100 m tra le immagini telerilevate di riferimento e i confini dei poligoni CLC;
- per il prodotto CLC Change, l'unità minima cartografata è pari a 5 ettari.
- Il sistema di nomenclatura adottato, coincidente con quello di CLC90 e del CLC2000, si articola in tre livelli con approfondimento crescente per un totale di 44 classi al terzo livello, 15 al secondo e 5 al primo. Nella base dati CLC non sono ammessi codici diversi dai 44 ufficiali, così come non sono accettate aree "non classificate";

Fast Track Service on Land Monitoring: ulteriori prodotti

Al fine di sviluppare un primo insieme di servizi operativi per il GMES FTSP, all'aggiornamento del CLC è associata la produzione di altri due strati tematici per tutto il territorio coperto dal progetto CLC2006:

- High resolution soil sealing layer;
- High resolution forest layer;

Per la produzione di questi strati tematici sono utilizzate le stesse immagini utili alla realizzazione del CLC2006.

Nello strato tematico relativo all'impermeabilizzazione del suolo (High resolution soil sealing layer) ogni pixel (20x20m) viene classificato con una nomenclatura binaria 'built up' e 'non built up', ed allo stesso viene assegnato un indice di impermeabilizzazione (in valore percentuale tra 0 e 100).

Le specifiche di progetto richiedono una accuratezza di classificazione per ettaro delle aree built-up e non built-up non inferiore all' 85%, che è verificata dai paesi partecipanti al progetto CLC2006.

Il secondo strato, composto da una carta al 2006 dove ogni pixel viene classificato forest/no forest (FMap2006), è realizzato dal Joint Research Center (JRC) della Commissione Europea.

In questo contesto la definizione di foresta è relativa alla copertura e non all'uso e non esistono requisiti minimi relativi alla copertura di chioma (vedasi ad esempio la definizione CORINE o quella FAO del 1998 1998).

La metodologia di implementazione è stata testata per la realizzazione dell'European Forest Map all'anno 2000 (FMap2000) ed è utilizzata anche per la produzione di uno strato per l'anno 1990 European forest map (FMap1990).

Sviluppi futuri

Operativamente, l'aggiornamento al 2006 della base informativa CLC si distacca dai precedenti prodotti, in quanto lo strato vettoriale risultante sarà il prodotto dell'intersezione dei cambiamenti fotointerpretati tra il 2000 ed il 2006 con lo strato vettoriale CLC2000. Utilizzando questo approccio si pretende, inoltre, di identificare e correggere eventuali errori di classificazione presenti nello strato CLC 2000.

Il progetto CLC2006 nazionale verterà anche alla realizzazione di un approfondimento tematico di quarto e quinto livello, per le aree naturali e seminaturali, comparabile con quello di una cartografia forestale: esso costituirà il secondo strato informativo tematico del genere a copertura nazionale dopo quello realizzato dal progetto I&CLC2000 e dalla MILIZIA NAZIONALE FORESTALE nel 1936. Analogamente al CLC2000, la cartografia, realizzata secondo rigorosi standard tecnico-qualitativi dettati dalle procedure di implementazione della copertura Corine Land Cover dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, è corredata di una completa metainformazione.

La principale utilità dell'approfondimento realizzato non è tanto da ricercarsi nella valutazione dell'estensione delle principali categorie forestali in Italia (l'inventario forestale nazionale attualmente in corso fornirà dati allineati con la definizione FAO standard di bosco) ma piuttosto, grazie alla copertura geograficamente continua che contraddistingue tipicamente una cartografia da un progetto inventariale, nelle possibilità di analisi offerte dalle tecnologie di informazione geografica: si pensi, a esempio, alle valutazioni inerenti l'ecologia del paesaggio, la connettività degli ambienti naturali e le reti ecologiche, alla modellistica sull'assimilazione dei gas a effetto serra, alla valutazione degli habitat potenziali per specie animali e così via. La disponibilità di tale dato potrà essere di ausilio sia per i ricercatori che per i tecnici impegnati nello studio dell'ambiente in generale e delle aree naturali e semi-naturali in particolare, a sostegno delle più idonee scelte di pianificazione territoriale e di gestione sostenibile delle risorse ambientali.

A conclusione del progetto si avranno, quindi, quattro principali prodotti cartografici: lo strato dei cambiamenti territoriali tra il 2000 ed il 2006, la copertura del suolo all'anno 2006, il CLC 2000 revisionato e l'approfondimento al IV livello tematico dello strato CLC2006.

Questo approfondimento tematico relativamente alle aree boscate ed agli ambienti semi-naturali, garantisce sia un'omogeneità con la precedente base di dati e una continuità nel supporto ad attività come, ad esempio, la pianificazione forestale regionale e di aree naturali protette o l'analisi e la tutela della biodiversità.

Nella Tabella I sono rappresentate le specifiche tecniche dei tre principali progetti CORINE. Dal 1990 al 2006 è possibile apprezzare sia un miglioramento nella qualità del dato che nella politica di

gestione progettuale, tempi di realizzazione sempre più brevi e con un numero di paesi coinvolti sempre crescente.

	specifiche CLC1990	specifiche CLC2000	specifiche CLC2006
Dato satellite	Landsat-4/5 TM Monocopertura	Landsat-7 ETM Monocopertura	SPOT-4 and / or IRS LISS III Doppia copertura
Periodo di Aquisizione	1986-1998	2000 +/- 1 year	2006+/- 1 year
Accuratezza geometrica dell'immagine	≤ 50 m	≤ 25 m	≤ 25 m
Unità minima cartografabile CLC	25 ha	25 ha	25 ha
Accuratezza Geometrica del dato CLC	100 m	Better than 100 m	better than 100 m
Accuratezza tematica	≥ 85% (non accertata)	≥ 85% (accertata)	≥ 85% (da accertare)
Cambiamenti		Accuratezza geometrica:100 m; cambiamenti per poligoni esistenti:≥ 5 ha; cambiamenti isolati: ≥ 25 ha	Accuratezza geometrica:100 m; devono essere mappati tutti i cambiamenti > 5 ha
Tempi di produzione	10 anni	4 anni	1,5 anni (pianificato)
Metadati	Metadati incompleti	Metadati standard	Metadati standard
Accesso al dato	Politica di divulgazione dubbia	Politica di divulgazione accordata ad inizio progetto	Accesso libero al dato CLC
Numero di Paesi coinvolti	26	28	38

Tabella 1 -Quadro riassuntivo del progetto CLC in Europa.

Riferimenti Bibliografici

- [1] Claudio Maricchiolo, Valter Sambucini, Antonio Pugliese, Michele Munafò, Giuliano Cecchi, Ezio Rusco *La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000* Rapporti 36/2005 APAT.
- [2] Maria Vanda Nunes de Lima *IMAGE2000 and CLC2000 Products and Methods* European Communities, 2005.
- [3] Bologna S., Chirici G., Corona P., Marchetti M., Pugliese A., Munafò M. 2004 - *Sviluppo e implementazione del IV livello Corine Land Cover per i territori boscati e ambienti semi-naturali in Italia*. Atti della 8a Conferenza Nazionale ASITA "GEOMATICA: Standardizzazione, interoperabilità e nuove tecnologie", Roma, 14 - 17 dicembre 2004, Vol. 1: 467-472.
- [4] CHIRICI G., CORONA P., MARCHETTI M., BAIOTTO F., VISENTIN R. 2004 - *Controllo di qualità e validazione multifase del database Corine Land Cover 2000 in Italia*. Atti della 8a Conferenza Nazionale ASITA "GEOMATICA: Standardizzazione, interoperabilità e nuove tecnologie", Roma.
- [5] *CLC2006 technical guidelines* EEA Technical report No 17/2007

ANALISI GEOGRAFICA DELLA MOBILITÀ DEGLI ALUNNI DELLE SCUOLE PRIMARIE NELL'AREA URBANA DI MAGLIE, PROVINCIA DI LECCE

Paolo SANSÒ, Andrea VITALE

Osservatorio di Chimica, Fisica e Geologia Ambientali, Via Monteroni,
Università del Salento, 73100 Lecce, *e-mail*: paolo.sanso@unile.it; andrea.vitale@geologiaegis.it

RIASSUNTO: Lo studio analizza la mobilità degli alunni delle Scuole Primarie di Maglie (provincia di Lecce) nei percorsi casa-scuola. La ricerca si è basata sull'analisi geografica del centro urbano di Maglie mediante un Sistema Informativo Geografico e sulle risposte fornite ad un questionario che ha permesso di determinare le modalità di trasporto utilizzate nei percorsi casa-scuola, le distanze percorse e la familiarità degli alunni con mezzi di trasporto eco-compatibili come la bicicletta.

Lo studio ha evidenziato come gli alunni delle Scuole Primarie di Maglie sono accompagnati e presi da scuola prevalentemente dai genitori, in primo luogo dalla madre. Gli spostamenti casa-scuola avvengono per l'80% circa in automobile, nonostante l'analisi spaziale evidenzi che il 50% dell'area urbana di Maglie si trova a non più di 6 minuti di percorrenza a piedi dalla scuola più vicina, mentre l'80% dell'area urbana si trova a non più di 10 minuti di percorrenza a piedi dalla scuola più vicina. Gli alunni che hanno dichiarato di recarsi a scuola a piedi abitano prevalentemente entro 300 m di distanza dalla scuola. La percentuale di alunni che si recano a scuola in bicicletta è prossima a zero.

L'utilizzo di un Sistema Informativo Geografico ha così permesso l'applicazione di metodi geostatici per l'ottenimento di un quadro completo sulla mobilità degli alunni della Scuola Primaria nel territorio di Maglie, punto di partenza per la redazione di piani urbani finalizzati alla riduzione del traffico veicolare e del conseguente inquinamento ambientale..

ABSTRACT: In this paper the mobility of Primary schoolboys in the town of Maglie (province of Lecce) has been analysed. The research based on the geographical analysis of Maglie urban area by means of a G.I.S. and on a schedule that allowed the definition of the mobility in the school-home route, the distance from school and so on.

The study points out that the Primary schoolboys of Maglie are taken to school mainly by parents, above all by mother. The distance home-school is covered by car notwithstanding the spatial analysis shows that 50% of Maglie urban area is far no more than 6 minutes walking from the nearest Primary School whereas 80% within 10 minutes walking. Schoolboys that reach school walking live within a distance of 300 m. The number of schoolboys that use bicycle in the home-school route is near zero.

G.I.S. allows to apply geostatistical methods to define a complete view of Maglie Primary schoolboys mobility which is the base for the construction of urban mobility plan aiming to reduce car traffic and environmental pollution.

Le Scuole Primarie di Maglie

La popolazione totale degli alunni delle Scuole Primarie di Maglie è di 714 unità, distribuiti in maniera abbastanza uniforme nelle cinque classi; le classi quinta (21.3%) e terza risultano poco più numerose (21.0 % del totale degli alunni), mentre le classi prima sono meno numerose (16.7%).

Gli edifici scolastici si presentano ben distribuiti sul territorio, così come dimostrato dall'analisi geografica che ha permesso di individuare all'interno del perimetro urbano di Maglie le aree di pertinenza di ogni scuola (Fig. 1), cioè l'area urbana più vicina ad ogni scuola (*poligoni di Thiessen*). Rapportando i dati areali con il numero di alunni di ogni Scuola, si evidenzia come la Scuola Elementare "Giulio De Giuseppe" abbia una densità di alunni praticamente uguale (281 alunni/ha) alla media generale (278 alunni/ha). La scuola elementare "Via Lanoce" mostra una densità decisamente più bassa della media (207 alunni/ha) compensato dal plesso di "Principe di Piemonte" che invece ha densità maggiore (340 alunni/ha).

Agli alunni è stato proposto un questionario al fine di conoscere le modalità di spostamento nei percorsi casa-scuola, le distanze percorse e la familiarità degli alunni con mezzi di trasporto eco-compatibili come la bicicletta.



Il Cicloni
Associazione Ciclisti Maglie

Bimbibici 2008

CLASSE _____ PLESSO _____
B C

Io abito a (città) _____
D

in via/piazza _____ N. civico _____
E F

Generalmente mi accompagna la mattina a scuola:

papà mamma nonni parenti genitore di altri alunni
G1 G2 G3 G4 G5

da solo scuolabus
G6 G7

Con: automobile moto bicicletta piedi
H1 H2 H3 H4

Generalmente mi viene a prendere all'uscita da scuola:

papà mamma nonni parenti genitore di altri alunni
I1 I2 I3 I4 I5

da solo scuolabus
I6 I7

Con: automobile moto bicicletta piedi
L1 L2 L3 L4

La mia casa rispetto alla scuola è:

molto vicina vicina lontana molto lontana
M1 M2 M3 M4

So andare in bicicletta: sì no così così
N1 N2 N3

Posseggo una bicicletta: sì no più di una
O1 O2 O3

Vado in bicicletta: quasi mai ogni tanto spesso
P1 P2 P3

Dove uso la bici: cortile parco strada di città
Q1 Q2 Q3

strada di campagna
Q4

Questionario distribuito nelle tre Scuole Primarie di Maglie

Al questionario hanno risposto 582 alunni pari al 81.5% del totale degli alunni.

La percentuale delle risposte per classe è di 70.6 per le classi prima, 81.3 per le classi seconda, 93.8 per le classi terza, 76.4 per le classi quarta e 83.6 per le classi quinta.

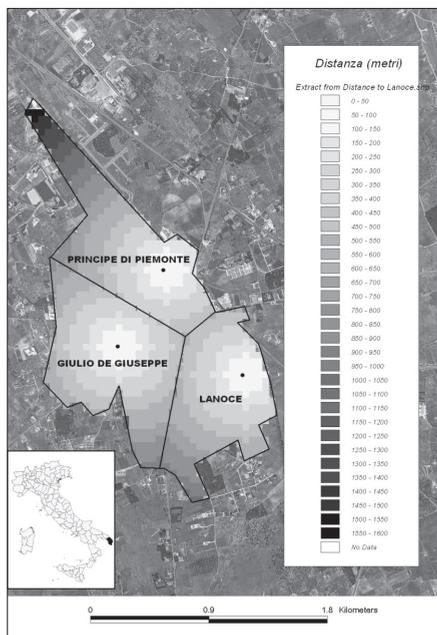


Figura 1 - Zone di pertinenza (poligoni di Thiessen) delle tre Scuole Primarie di Maglie e distanza in metri da ogni scuola

Analisi del tragitto casa-scuola e viceversa

L'analisi delle risposte ottenute rivela che il 73.1% degli alunni viene accompagnato a scuola dai genitori, con prevalenza della madre. Estremamente subordinato il numero degli alunni che si recano a scuola accompagnati dai nonni (4.3%), da parenti (1.9%), da genitori di altri alunni (2.6%) o che raggiungono la scuola in autonomia (3.7%). Questi ultimi sono in prevalenza di classe quinta (37%) e subordinatamente di quarta (22.2%), di seconda (18.5%), di terza (14.8) e di prima (7.4%). Il servizio scuolabus viene utilizzato dal 4.5% degli alunni (pari a 33 alunni). Il mezzo di trasporto principale è l'automobile che viene utilizzata per il 75.4% degli spostamenti, seguito in maniera subordinata dai percorsi a piedi (11.9% del totale). La bicicletta viene utilizzata molto raramente (0.5%). Alcuni alunni sono accompagnati in moto (0.8%).

L'analisi delle risposte che circa il 66.2% degli alunni ritorna a casa accompagnato dai genitori, con decisa prevalenza della madre (37.7%). Aumenta rispetto all'entrata, pur rimanendo estremamente subordinato, il numero degli alunni che si recano a scuola accompagnati dai nonni (5.5%), da parenti (4.3%), da genitori di altri alunni (3.3%), in autonomia (4.7%). Il servizio scuolabus viene utilizzato per il ritorno a casa dal 4.9% degli alunni (pari a 37 alunni).

Il mezzo di trasporto principale è l'automobile che viene utilizzata per il 69.6% degli spostamenti, seguito in maniera subordinata dai percorsi a piedi (15.4% del totale). La bicicletta viene utilizzata pochissimo (1.0%) così come gli spostamenti in moto (0.8%)(Fig. 2).

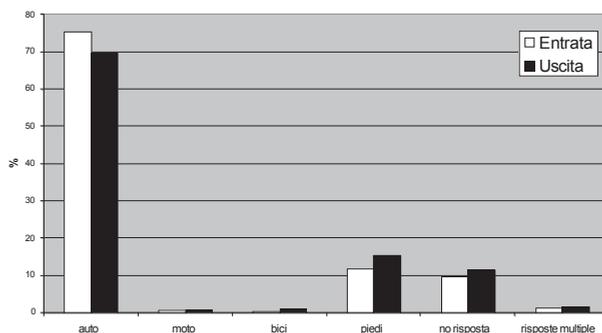


Figura 2 – Modalità di spostamento nel tragitto casa-scuola degli alunni delle Scuole Primarie di Maglie.

Dinamica degli spostamenti

L'analisi dei dati mostra che la stragrande maggioranza degli alunni viene accompagnata a scuola dai genitori (con decisa prevalenza della madre) in automobile. All'uscita invece sono ancora prevalentemente le madri a prendere in auto i bambini da scuola, con un netto calo del numero dei padri e un lieve aumento di tutte le altre modalità. Diminuiscono gli spostamenti in auto ed aumentano gli spostamenti a piedi.

Analisi delle distanze casa-scuola

L'analisi delle distanze casa-scuola (fig. 3), dimostra come gli alunni abitanti all'esterno del perimetro urbano di Maglie o in comuni limitrofi siano pari al 5.7 %.

L'analisi spaziale evidenzia che il perimetro dell'area di pertinenza delle Scuole dista al massimo 25 minuti a piedi (Principe di Piemonte). Il 50% dell'area di pertinenza di ogni scuola è comunque distante poco più di 6 minuti a piedi mentre l'80% intorno ai 10 minuti di percorrenza a piedi. I tempi di percorrenza riportati in parentesi sono stati ottenuti prendendo in considerazione una media di 65 metri al minuto (circa 4 km/h) per un pedone.

Prendendo invece in considerazione l'intero perimetro urbano, esso dista dalla scuola al massimo 40 minuti a piedi. Il 50% dell'area urbana è comunque distante da 10 a 15 minuti a piedi, mentre l'80% è compresa da 15 minuti a 22 minuti di percorrenza a piedi.

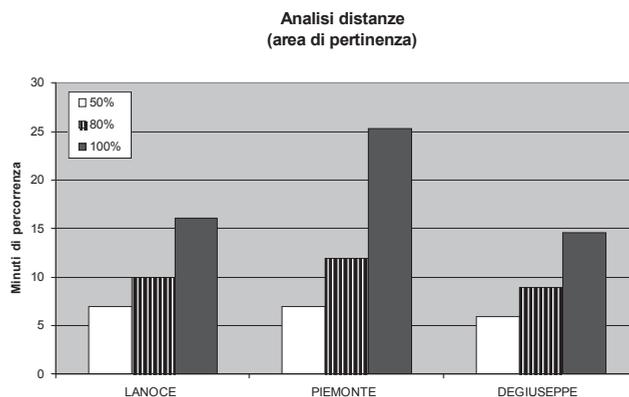


Figura 3 – Analisi delle distanze delle tre Scuole Primarie di Maglie all'interno del rispettivo poligono di pertinenza.

E' stata inoltre eseguita l'analisi delle distanze degli alunni che hanno dichiarato di recarsi a scuola sempre o talvolta a piedi, soli o accompagnati. Questi alunni abitano entro gli 1300 m dalla scuola, con forte prevalenza delle classi di distanza tra 100 e 300 m.

Il 50% degli alunni che si recano a scuola a piedi abita a poco più di 220 m dalla scuola (poco più di 3 minuti a piedi), mentre l'80% entro 500 m (poco meno di 8 minuti a piedi) (Fig. 4).

I dati rilevati evidenziano che la stragrande maggioranza degli alunni ha imparato ad andare in bici (85.4%). Solo il 2.9% degli alunni dichiara di non aver ancora imparato ad andare in bici.

Quasi tutti posseggono una (83.6%) o più di una bicicletta (13.1%) che viene utilizzata ogni tanto (47.8%), più raramente spesso (17.3%), mentre una significativa percentuale non la usa quasi mai (34.9%).

I luoghi in cui i bambini vanno in bici sono prevalentemente il cortile (31.2%), le strade di campagna (28.2%) e urbane (27.1%), secondariamente le strade di campagna (28.2%). Nei parchi cittadini pedala il 13.5% dei bambini.

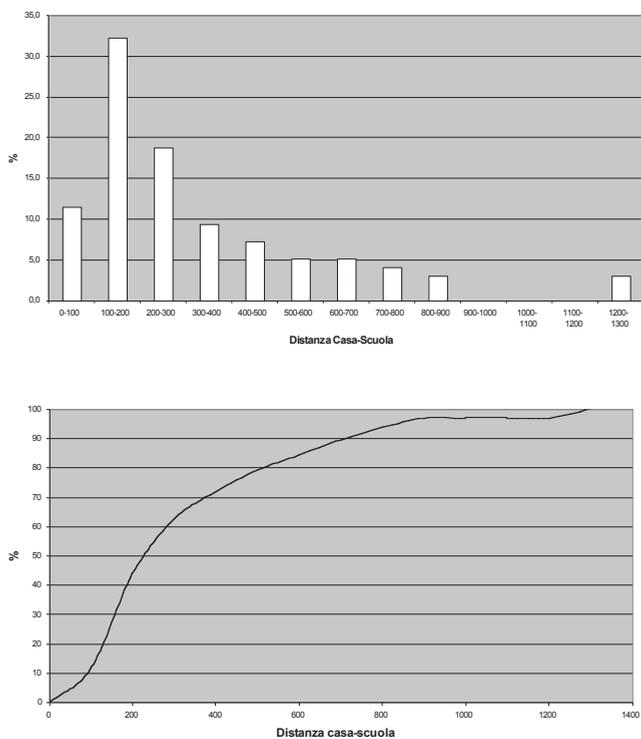


Figura 4 - Analisi delle distanze degli alunni che hanno dichiarato di percorrere talvolta il percorso casa-scuola a piedi

Conclusioni

Lo studio sulla mobilità degli alunni delle Scuole Primarie di Maglie ha permesso di individuare i seguenti aspetti salienti:

- a) Gli alunni sono accompagnati e presi da scuola prevalentemente dai genitori, in primo luogo dalla madre. La quota dei padri diminuisce sensibilmente all'uscita da scuola e viene rimpiazzata in parte dalle madri, in parte dai nonni. Gli spostamenti casa-scuola avvengono per l'80% circa in automobile, per il resto a piedi. La bici viene utilizzata molto raramente. Pochissimi genitori offrono il passaggio ad altri alunni. Il servizio scuolabus viene utilizzato dal 5% degli alunni censiti.
- b) Gli alunni che hanno dichiarato di recarsi a scuola a piedi abitano prevalentemente entro 300 m di distanza dalla scuola.
- c) Si può stimare che circa 550 automobili si riversano quotidianamente nelle strade della Città di Maglie per accompagnare gli alunni della Scuola Primaria a scuola, nonostante l'analisi spaziale evidenzia che il 50% dell'area urbana di Maglie si trova a non più di 6 minuti a piedi dalla scuola più vicina, mentre l'80% dell'area urbana si trova a non più di 10 minuti di percorrenza a piedi dalla scuola più vicina.
- d) La stragrande maggioranza degli alunni possiede una bicicletta che però usa ogni tanto (quasi il 50%) o addirittura quasi mai (il 35% circa).

Gli autori desiderano ringraziare la Direzione Didattica I Circolo e l'Istituto Comprensivo Maglie per la cortese collaborazione, il Sig. Giovanni Giorgio di Salentopotunità Cooperativa Sociale ONLUS per l'inserimento dei dati e Fiab IL CICLONE – Associazione CicloAttivi Maglie per il supporto organizzativo.

Bibliografia

- Bayley T. C., Gratel A. C. (1995)- *Interactive spatial Data Analysis*, Longman, Harlow
- Greco L., Naddeo S. (2000), *Statistica*, Nuova Immagine Editrice, Siena
- Johnston K., Ver Hoef J. M., Krivoruchko K., Lucas N. (2001), *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*, ESRI redlans, CA USA, 300 p.
- Taylor J. R. (1986) *Introduzione all'analisi degli errori*, Bologna
- M.A.Maggio, I. Maggiulli, P.Sansò & A. Vitale -Individuazione di aree di rilevante interesse geologico nel Salento leccese mediante tecniche GIS- *8^a Conferenza Nazionale ASITA -Geomatich Standardizzazione, interoperabilità e nuove tecnologie- Fiera di Roma, 14 - 17 dicembre 2004.*
- Vitale A., Sansò P., Giaccari E. -Rilevamento geomorfologico quantitativo della falesia tra Roca e Torre dell'Orso (Provincia di Lecce) mediante tecniche G.I.S.- *7^a Conferenza Nazionale ASITA- Geomatica per l'ambiente, il territorio ed il Patrimonio Culturale, 28-31 ottobre 2003.*

MISURA DELLE DEFORMAZIONI DI UNA DIGA MEDIANTE UN SENSORE SAR TERRESTRE

M. SCAIONI (*), M. ALBA (*), G. BERNARDINI (**), A. GIUSSANI (*)
P.P. RICCI (**), F. RONCORONI (*), P. VALGOI (***)

(*) Politecnico di Milano – D.I.I.A.R., p.za L. da Vinci 32, 20133 Milano

e-mail: {marco.scaioni, mario.alba, alberto.giussani, fabio.roncoroni}@polimi.it

(**) IDS Ingegneria dei Sistemi S.p.A., via Livornese 1019, 56122 Pisa, www.ids-spa.it

e-mail: {g.bernardini, p.ricci}@ids-spa.it

(***) A2A, ATO/SIE, Grosio (SO), e-mail: paolo.valgoi@a2a.it

Keywords: GB-InSAR, Misura di deformazioni, Monitoraggio di dighe

Riassunto

In questo documento si vogliono mostrare i risultati di un test realizzato utilizzando un sistema interferometrico SAR terrestre *IBIS-L* (IDS, Pisa) per la misurazione delle deformazioni giornaliere di una diga ad arco-gravità. Il sensore radar opera in banda *Ku* e, grazie alla possibilità di muoversi lungo un binario orientato in direzione parallela rispetto all'oggetto da monitorare, consente la misura simultanea di un numero elevato di punti sulla superficie di quest'ultimo. La tecnica interferometrica SAR permette dunque di tracciare nel tempo gli spostamenti dei punti nella direzione sensore-oggetto con precisione millimetrica. Al fine di convalidare i risultati ottenuti, questi sono stati confrontati con le misurazioni effettuate con un coordinatometro installato nella sezione maestra della diga, dimostrando un ottimo accordo.

Abstract

In this paper some results obtained during an application of a Ground-Based InSAR system (*IBIS-L* by IDS, Pisa) to measure the daily deformation of an arch-gravity dam are presented. The radar sensor operates in band *Ku* and, thanks to the possibility of moving along a track oriented in the parallel direction w.r.t. the object to be monitored, it allows the simultaneous measurement of a huge number of points on its surface. The SAR interferometric technique makes possible to track the point displacements in *range* direction with a millimetric precision. To validate the achieved results, these have been compared to readings of a coordinatometer installed in the main vertical section of the dam. The comparison has worked out a good agreement between results of both instrumentations.

1. Introduzione

Negli ultimi anni è aumentata la necessità di conoscere informazioni inerenti le deformazioni delle grandi dighe in calcestruzzo. Infatti, al giorno d'oggi, lo sviluppo di tecniche innovative per la modellazione statica e dinamica delle strutture, consente di migliorare notevolmente la capacità di previsione di eventuali dissesti o crolli, riducendo così il rischio di catastrofi. Un presupposto fondamentale che tutti i modelli matematici dovrebbero avere per potersi avvicinare il più possibile alla realtà, è la disponibilità di osservazioni precise e ben distribuite sull'intera struttura, sia per quanto riguarda la geometria dell'oggetto che per le condizioni al contorno. In linea generale, le tecniche topografiche e i sensori attualmente utilizzati per questo scopo permettono di monitorare una serie limitata di punti di controllo, senza riuscire ad analizzare la struttura nella sua completezza. Tale deficit di informazioni risulta uno svantaggio per la modellazione strutturale, soprattutto quando si vogliono confrontare le previsioni delle analisi teoriche con le deformazioni reali causate da particolari condizioni esterne.

Per poter determinare le deformazioni di grandi porzioni della superficie di una struttura, negli ultimi anni sono state effettuate delle sperimentazioni utilizzando due diversi tipi di sensori: il *laser scanning terrestre* (TLS) e i *sistemi radar interferometrici SAR terrestri* (GB-InSAR). Entrambi gli strumenti, dal momento che misurano punti *non specifici* sulla struttura – salvo l'utilizzo di target particolari – sono in grado di determinare le variazioni della posizione di un punto lungo la cosiddetta "Line-of-Sight" (LoS- linea di vista) che parte dalla testa del sensore ed arriva al punto misurato. Dalla conoscenza della geometria 3D dell'oggetto misurato è comunque possibile calcolare le componenti dei vettori spostamento lungo le altre direzioni.

Per quanto riguarda l'impiego della tecnologia *laser scanning* per il monitoraggio delle deformazioni, dalla bibliografia esistente (Tsakiri *et al.*, 2006) e dall'esperienza degli autori (Alba *et al.*, 2006) si riscontra come questa possa essere utilizzata per valutare le deformazioni stagionali di strutture con punti aventi spostamenti di pochi centimetri, ma non per il monitoraggio continuo che richiede precisioni assai più elevate.

Negli ultimi dieci anni sono stati sviluppati alcuni sensori *radar terrestri* che possono applicare la tecnica *SAR interferometrica* (GB-InSAR) per la misurazione di deformazioni (Rudolf *et al.*, 1999; Bernardini *et al.*, 2007, Lingua *et al.*, 2008). Anche se la densità dei punti monitorati è inferiore rispetto a quanto fornisce il TLS, la precisione intrinseca ottenibile ne consente un buon uso per il monitoraggio in continuo di grandi strutture. Inoltre, nel caso di costruzioni come le dighe, che presentano grandi superfici regolari, avere un'enorme densità di punti non è una questione chiave, come lo è invece la precisione sulle misure.

La risoluzione spaziale delle misure è definita sia in "range" (allineata alla LoS) che in "cross-range"; quest'ultima risulta essere ortogonale alla LoS e parallela alla "baseline" lungo la quale il sensore trasla durante l'acquisizione. La superficie rilevata viene suddivisa in pixel ognuno dei quali viene monitorato ad ogni epoca di misura. All'interno di ciascuna cella, se possibile, viene individuato il punto avente la *coerenza* (Ferretti *et al.*, 2007) più elevata, il quale viene poi tracciato nel tempo. La geometria della superficie e il materiale di cui è costituita rivestono dunque un ruolo fondamentale nella localizzazione dei punti misurati. In letteratura si può trovare un'esperienza di monitoraggio di deformazioni di una diga a doppia curvatura (Ridracoli, Romagna) con l'utilizzo di un sensore GB-InSAR sviluppato da LiSALab (Tarchi *et al.*, 1999). Qui sono state misurate le deformazioni durante un periodo di circa 2 mesi, nel quale il sistema radar è stato riposizionato periodicamente per 5 volte nella stesso punto. La registrazione dei dati nello stesso sistema di riferimento è stata effettuata grazie alla disponibilità di un DSM della diga stessa. Le deformazioni sono state misurate lungo il paramento di valle della diga e validate dal confronto con le letture eseguite mediante un coordinatometro posto in corrispondenza della sezione maestra; il controllo ha interessato solo alcuni punti ma ha fornito precisioni inferiori a ± 1 mm. La dimensione delle celle di risoluzione sul paramento è stata di circa 30x30 cm, resa possibile da una "baseline" del sensore di 4 m.

Recentemente è stato sviluppato un nuovo sistema radar chiamato IBIS, il quale è in grado di misurare la risposta sia dinamica che statica di una struttura in corrispondenza di molti punti con una sensibilità massima di spostamento pari a 10-20 μm (Bernardini *et al.*, 2007a). Il sensore è stato progettato e realizzato dalla società IDS in collaborazione con il Dip. di Elettronica e Telecomunicazioni della Università di Firenze (Pieraccini *et al.*, 2004, 2005).

Attualmente IBIS è un sistema commerciale GB-InSAR concepito per essere utilizzato da parte di utenti finali anche senza conoscenze specifiche inerenti la teoria e la pratica radar. Esso si basa su due configurazioni volte a diverse applicazioni:

- *IBIS-S*: è un sensore radar monodimensionale che può essere utilizzato sia per misure statiche che dinamiche; è dotato di un'elevata precisione in "range" e può essere utilizzato fino ad una distanza massima di 1000 m;
- *IBIS-L*: si tratta di un sensore GB-InSAR basato sul radar *IBIS-S*; è dedicato a misurazioni statiche e fornisce informazioni bidimensionali date dalla risoluzione in "range" e in "cross-range"; può essere utilizzato fino ad una distanza massima di 4000 m.

Alcuni test con *IBIS-S* sono stati effettuati da IDS in collaborazione col Dip. di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, all'interno di un programma di ricerca attualmente in corso con lo scopo di convalidare le prestazioni del sensore durante prove dinamiche su grandi strutture (Gentile, Bernardini, 2008). Il Dip. I.I.A.R. dello stesso ateneo ha dato inoltre a IDS l'opportunità di effettuare dei test con il sistema *IBIS-L* sulla diga ad arco-gravità di Cancano in Alta Valtellina. Durante i due giorni di test il bacino idrico della diga è stato caricato facendo crescere il livello dell'invaso e misurando gli spostamenti dovuti alle deformazioni termiche. Lo scopo di questo test non è stato solo quello di verificare le prestazioni strumentali ottenibili da questo tipo di sensori, già dimostrate dalle citate esperienze, quanto piuttosto quello di verificare l'utilizzabilità pratica di uno strumento commerciale che viene distribuito pronto all'impiego. Si omettono nel presente documento sia la descrizione tecnica del sistema *IBIS* e delle tecniche radaristiche che implementa; queste possono essere reperite in Bernardini *et al.*, 2007 e in Alba *et al.* 2008. Nel successivo par. 2 verrà dunque direttamente descritta l'applicazione di monitoraggio statico di una diga, illustrando i risultati ottenuti e la loro validazione.

2. Applicazione del sistema *IBIS-L* per il monitoraggio di una diga

Il sistema *IBIS-L* è stato utilizzato per misurare le deformazioni di una diga ad arco-gravità causate dalla variazione della quota di invaso del bacino e dalla variazione di temperatura della struttura. La diga di Cancano (Alta Valtellina, Italia) presenta un'altezza massima di circa 130 m ed una lunghezza del coronamento pari a 380 m, ed è gestita dalla società A2A (vedi Figura 1). La diga viene attualmente controllata con tecniche topografiche classiche così suddivise: due linee di livellazione geometrica di alta precisione, una posta sul coronamento e l'altra in corrispondenza di un cunicolo a quota intermedia; collimatori ottici per rilevare gli spostamenti orizzontali di tre punti del coronamento; variazioni di verticalità della sezione maestra misurate con coordinatometri manuali e automatici; misure estensimetriche sui giunti. Inoltre è stato creato, con l'utilizzo di un TLS, un preciso modello digitale della struttura. La disponibilità di tutti questi dati hanno permesso di validare le misure eseguite dal sistema GB-InSAR.

L'acquisizione dei dati con l'*IBIS-L* è stata eseguita ad una distanza media di 400 m per un periodo di 37 ore; Il sistema è stato installato su dei punti di stazione temporanei, in quanto per questa prova non è stato effettuato il riposizionamento dello strumento. Come mostrato in Figura 1, il sistema radar è stato collocato proprio di fronte al paramento di valle della diga. Questa disposizione ha permesso di catturare gli spostamenti della diga sfruttando la direzione in range per tutta la durata di campionamento. Il tempo necessario per eseguire una singola scansione di tutta la valle è stato di 9 minuti ed ogni ciclo è stato ripetuto senza pause intermedie. E' rilevante notare la facilità di



Fig. 1. *IBIS-L* posizionato di fronte al paramento di valle della diga di Cancano

configurazione dei parametri necessari per eseguire una corretta acquisizione dei dati che permette di svolgere tale compito anche ad operatori non qualificati. Durante l'acquisizione dei dati, il software di controllo permette di verificare la mappa di risposta del segnale che fornisce le informazioni inerenti le proprietà di riflettività dell'oggetto illuminato dal sensore SAR. Inoltre è possibile valutare gli spostamenti intermedi dei punti misurati sulla struttura, opzione molto importante per le applicazioni di monitoraggio continuo.

I risultati delle misurazioni GB-InSAR sono mappe di deformazione 2-D degli spostamenti, che registrano un valore massimo di circa 4 mm nella sezione centrale. Durante un anno, considerando il minimo e massimo invaso, tali spostamenti potrebbero raggiungere circa 80 mm. Nella Figura 2, sono rappresentate le mappe

corrispondenti a tre diverse epoche (dopo 10, 22 e 37 ore), ottenute durante la prova in esame. IBIS-L può misurare automaticamente spostamenti maggiori al salto di fase (pari a 4,5 mm) solo se l'acquisizione avviene in continuo e lo spostamento dell'oggetto da rilevare tra due epoche consecutive (in questa applicazione 9 minuti) è inferiore allo stesso salto di fase. In caso di riposizionamento dell'IBIS-L, durante il processamento dei dati non è possibile ricostruire spostamenti più grandi del salto di fase. Una soluzione a questo problema potrebbe essere fornita dall'integrazione del sistema GB-InSAR con altri sensori, aventi precisione minore ma in grado di ricostruire spostamenti a bassa frequenza (ad esempio TLS o stazioni totali robotizzate).

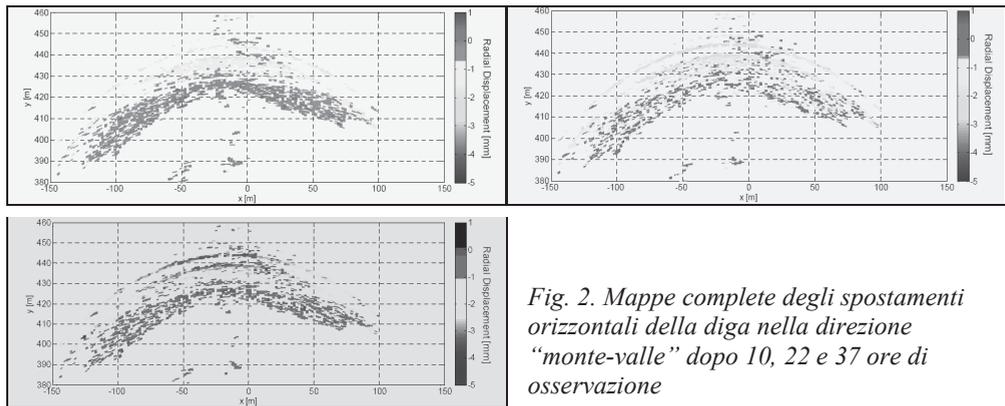


Fig. 2. Mappe complete degli spostamenti orizzontali della diga nella direzione "monte-valle" dopo 10, 22 e 37 ore di osservazione

Durante il processamento dei dati è possibile impostare delle soglie sulla base della coerenza del segnale (ρ) ed al rapporto segnale/rumore ammissibile (Signal-to-Noise Ratio - SNR). Più elevate sono le soglie selezionate, maggiore è la precisione nella misurazione dello spostamento del punto selezionato. In Figura 3, è mostrato un sottogruppo $S_{0,99}$ di soli punti con $\rho > 0,99$. Per ciascuno di questi, è completamente disponibile la serie temporale degli spostamenti. Nella parte a sinistra della Figura 4 sono mostrati gli spostamenti di 5 punti presenti sul coronamento della diga mentre, nella parte destra, sono visualizzati gli spostamenti di alcuni punti disposti verticalmente sulla struttura. Come si può vedere, il trend degli spostamenti della diga osservati è in accordo con il

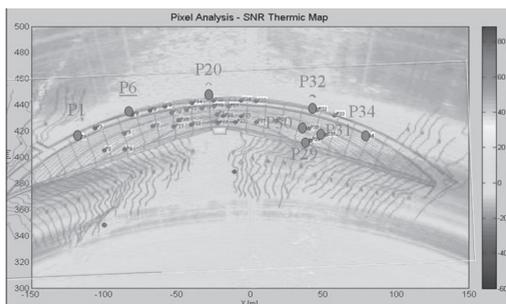


Fig. 3. Posizione dei punti monitorati sul paramento di valle della diga con una coerenza $\rho > 0,99$; i punti rossi sono quelli illustrati in dettaglio nei grafici in Fig. 4

comportamento statico previsto in entrambi i casi. Si nota inoltre che lungo il periodo d'osservazione l'entità massima degli spostamenti è inferiore ai 2 mm.

Nelle misure registrate in corrispondenza dei punti P34 e P30 sono presenti alcuni outlier ad indicare che, probabilmente, tali punti sono stati disturbati da turbolenza locale o sono localizzati su una superficie con cattiva riflettività nonostante l'elevata coerenza. D'altra parte, questi outlier non si traducono in una tendenza d'errore e possono essere rimossi con un opportuno filtraggio. Infatti, confrontando gli spostamenti dei punti P30 e P29, la cui posizione differisce solo per 15 m, è possibile vedere che solo il primo di essi è affetto da rumore anomalo (vedi Figura 4).

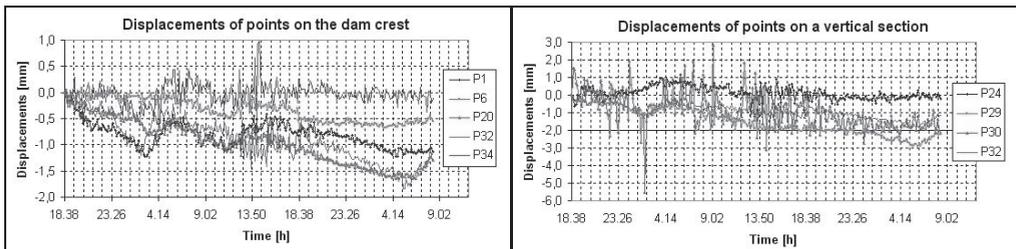


Fig. 4. Serie temporale degli spostamenti di un sottogruppo di punti ad alta coerenza ($\rho > 0.99$), in accordo con la Fig. 3. A sinistra sono rappresentati cinque punti disposti sul coronamento della diga, a destra tre punti lungo una sezione verticale

3. Validazione dei risultati

Contemporaneamente alle misurazioni GB-InSAR, la diga è stata monitorata tramite un coordinatometro ed i risultati degli spostamenti sono stati confrontati con i quelli dell'IBIS-L. I risultati sono molto positivi in quanto la tecnica interferometrica restituisce dei movimenti in buon accordo con quelli misurati con il filo a piombo; confrontando le differenze tra le misurazioni, ottenute durante un periodo di 24 ore, queste presentano un RMSE di $\pm 0,2$ mm (vedi Fig. 5).

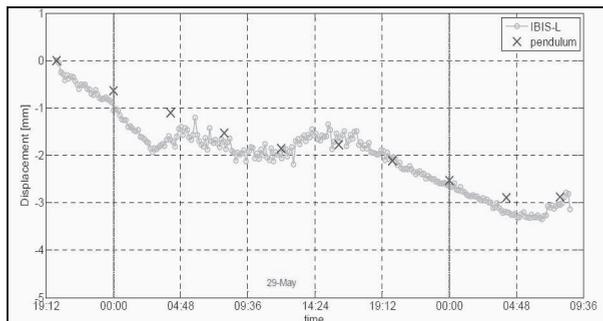


Fig. 5. Spostamento in mezz'ora del coronamento misurato con l'IBIS-L (cerchi verdi), confrontato con le misure del coordinatometro lungo l'intero periodo di osservazione

4. Conclusioni

Dopo una presentazione dell'innovativo sistema radar (IBIS-L dell'IDS, Italia) e dei suoi principi di funzionamento è stata descritta un'applicazione di monitoraggio statico su una diga ad arco-gravità. I risultati del test, confrontati con strumenti standard di controllo, evidenziano buone prestazioni di questo sensore accoppiato con la tecnica SAR per la misurazione di movimenti lenti. I risultati di questa sperimentazione sono molto promettenti e aprono nuove prospettive per l'analisi statica del comportamento di grandi dighe e di altri tipi di costruzioni di grandi dimensioni. Infatti, gli strumenti e i sensori applicati finora per la misurazione delle deformazioni della diga, funzionano con un'alta precisione e affidabilità ma riescono a dare informazioni solo per un numero limitato di punti. D'altra parte, nel corso di questa sperimentazione, sono stati misurati un elevato numero di punti (alcune migliaia), monitorati nel corso di un periodo di 37 ore. Anche nel caso dell'insieme $S_{0,99}$ di soli punti con elevata coerenza, sono presenti più di 30 punti diffusi su tutto il paramento di valle della diga. Gli spostamenti misurati sono stati verificati tramite un confronto con le misure effettuate su un filo a piombo attraverso un coordinatometro; i risultati hanno confermato la

precisione di questo sistema GB-InSAR inferiore a ± 1 mm. Per l'attuale stato dell'arte, questa applicazione non può essere realizzata da altri strumenti (stazione totale o TLS) visto che il sensore dovrebbe essere posizionato molto lontano dalla struttura monitorata (anche alcune centinaia di metri), in quanto le dighe si trovano solitamente in ambienti di montagna impervi; da distanze così elevate le strumentazioni classiche non permettono di fornire precisioni elevate come per l'IBIS-L. Inoltre, il passo temporale di acquisizione dei dati (9 minuti) e il grado di automazione, sono eccellenti se comparati ad altri sensori di monitoraggio. Queste caratteristiche favoriscono l'utilizzo dei sistemi GB-InSAR per il controllo continuo e per la loro integrazione con altre tecniche di monitoraggio.

Un secondo importante risultato di questa prova riguarda la facilità di utilizzo del sistema commerciale IBIS-L per le quotidiane attività di monitoraggio della diga da parte degli utenti finali. La presenza di una semplice interfaccia, il basso numero di parametri da impostare e la standardizzazione del processo SAR, consentono il suo utilizzo anche da parte di persone non qualificate in tecniche radar. Tuttavia, la ricerca sperimentale e teorica in questo settore, necessita di ulteriori miglioramenti. In particolare, deve essere sviluppata una metodologia che consenta la precisa localizzazione dei punti di controllo. Inoltre, si prevede che l'integrazione dei dati tra TLS (in grado di rilevare deformazioni a bassa frequenza con una maggiore densità di punti) e GB-InSAR (in grado di monitorare deformazioni ad alta frequenza con una soluzione spaziale inferiore) aprirà ulteriori interessanti applicazioni.

Ringraziamenti

Infine si vuole ringraziare A2A ATO-SIE (Grosio, Italia) per la disponibilità della diga del Lago di Cancano e per la cooperazione nel corso degli esperimenti con il sistema *IBIS-L*.

Bibliografia

- Alba M., Bernardini G., Giussani A., Ricci P.P., Roncoroni F., Scaioni M., Valgoi P., Zhang K. (2008), "Measurement of Dam Deformations by Terrestrial Interferometric Techniques", *IAPRSSIS*, 37(B1), Pechino, Cina: 133-139.
- Bernardini G., Ricci P., Coppi F. (2007), "A ground based microwave interferometer with imaging capabilities for remote measurement of displacements", *GALAHAD Work.*, 7th Geomatic Week, Barcellona, Spagna, 20-23 Feb, www.idscompany.it/upload4 (ultimo accesso 30/04/2008).
- Ferretti A., Monti Guarnieri A., Prati C., Rocca F., Massonet D. (2007), "InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation", *ESA Publications*, Noordwijk, Olanda.
- Gentile C., Bernardini G. (2008), "Radar-Based Measurement of Deflection on Bridges and Large Structures: Radar Techniques and Static Tests", Proc. of *SACoMaTiS 2008*, 1-2 Sett., Varenna (LC), Vol. 1: 507-517.
- Lindenbergh R., Pfeifer N. (2005), "A statistical deformation analysis of two epochs of terrestrial laser data of a lock", Proc. of 7th *Optical 3-D Measurement Techniques*, Vienna, Austria, 3-5 Oct, Vol. 2: 61-70.
- Lingua A., Piatti D., Rinaudo F. (2008), "Remote Monitoring of a Landslide Using an Integration of GB-InSAR and LIDAR Techniques". *IAPRSSIS*, 37(B1), Pechino, Cina: 361-366.
- Tarchi D., Rudolf H., Luzi G., Chiarantini L., Coppo P., Sieberg A.J. (1999), "SAR interferometry for structural changes detection: a demonstration test on a dam", Proc. of *IGARSS '99*, 28 Giu-2 Lug, Amburgo, Germania, Vol.3: 1522-1524.
- Tsakiri M., Lichti D., Pfeifer N. (2006), "Terrestrial laser scanning for deformation monitoring", Proc. of 12th *FIG Symp. on Deformation Measurement* e 3rd *IAG Symp. on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering*, Baden, Austria, 22-24 Mag, immaginato su CDROM: 10 pp.

GEO WEB SERVICE PER L'ATTIVITÀ COMMERCIALE DI ACANTHO

Alessandro SERAVALLI (*)

(*) SIS.TER S.r.l. Via Mentana 10, 40026 Imola (Bo), 0542364030, a.seravalli@sis-ter.it

Abstract

Acantho S.p.A è una realtà industriale operante nell'ambito dei progetti di sviluppo dell'innovazione tecnologica e del territorio in Emilia-Romagna. Recentemente l'azienda, in raggruppamento con Infracom, si è aggiudicata la gara della frequenza Wimax per le frequenze in Emilia Romagna.

A seguito di questo importante sviluppo Acantho si è voluta dotare di un sistema di geomarketing e di gestione dell'attività commerciale scegliendo SIS.TER di Imola come partner tecnologico per il progetto.

Il sistema richiesto doveva consentire di avere sotto controllo tutta la gestione operativa commerciale nei confronti dei clienti od essi potenziali visualizzando i diversi scenari geografici in maniera dinamica. L'obiettivo era quello di monitorare e supportare l'azione commerciale visualizzando e aggiornando tutte le informazioni e le attività inerenti le aziende del territorio, siano esse state clienti che non clienti e restituendo opportuni output grafici, statistici, geografici, e alfanumerici.

Abstract

Acantho SpA is a reality that opera in the industrial development projects of technological innovation on the territory in Emilia-Romagna. Recently the company, in partnership with Infracom, was awarded the tender for the frequency Wimax frequencies in Emilia Romagna.

Following this important development Acantho has wanted to introduce a system geomarketing and management of business and It has choosed, as technological partner for the project, SIS.TER from Imola.

The system was to allow required to have under control the entire operational management of trade against their clients or potential viewing the various scenarios geographic dynamically. The aim was to monitor and support the commercial action viewing with outputting all information and activities related companies in the territory, be they customers who are not customers and outputting appropriate output graphs, statistics, geographical, and alphanumeric.

Introduzione

Acantho S.p.A è una realtà industriale operante nell'ambito dei progetti di sviluppo dell'innovazione tecnologica e del territorio in Emilia-Romagna. Il bacino di utenza verso il quale la società si rivolge è di oltre due milioni di abitanti, con una elevata densità di clientela business e corporate ed una forte penetrazione internet, elementi che si quantificano in almeno 700.000 clienti potenziali. Recentemente l'azienda, in raggruppamento con Infracom, si è aggiudicata la gara della frequenza Wimax per le frequenze in Emilia Romagna.

A seguito di questo importante sviluppo Acantho si è voluta dotare di un sistema di geomarketing e di gestione dell'attività commerciale scegliendo SIS.TER di Imola come partner tecnologico per il progetto.

Il geomarketing è uno dei tanti ambiti di applicazione dell'analisi spaziale e dei GIS e costituisce un esempio applicativo di come l'informazione geografica può essere utilizzata per rendere più efficace ed efficienti le decisioni e le attività relative alla Comunicazione, alla Vendita, alla Distribuzione ed al Servizio ai Clienti (Seravalli, 2007).

Nel caso specifico, questo progetto aveva come obiettivo quello di costruire un sistema informativo geografico (GIS) a supporto delle analisi (sistemi *what if* geografici) ma anche finalizzato al controllo di tutta la gestione operativa commerciale nei confronti dei clienti o potenziali. Il sistema si poneva quindi l'obiettivo di visualizzare i diversi scenari geografici in maniera dinamica. L'obiettivo era quello di monitorare e supportare l'azione commerciale visualizzando e aggiornando tutte le informazioni e le attività inerenti le aziende del territorio, restituendo opportuni output grafici, statistici, geografici, e alfanumerici. Il sistema doveva inoltre interfacciarsi con le banche dati interne e in particolare con tutta l'infrastruttura di rete presente o in progetto sul territorio al fine di massimizzare la penetrazione di Acantho sulla clientela.

La soluzione realizzata doveva inoltre essere totalmente fruibile in modalità WebOriented ed essere supportata anche in modalità off-line attraverso una sincronizzazione da ambiente notebook/portatile e PAD.

La realizzazione del progetto ha portato all'acquisizione, integrazione e bonifica di diverse banche dati (interne ed esterne) relative alle aziende presenti sul territorio costituendo per ciascuna di queste una Scheda Strategica Aziendale che riporta lo stato dei rapporti in essere, dei contratti, dei contatti e delle scadenze. La Scheda Strategica Aziendale è visibile dinamicamente anche in maniera geografica dal WebGIS che, essendo integrato nella soluzione, permette la variazione grafica delle proprietà delle entità geometriche sulla base delle informazioni presenti nel database. Attraverso la gestione documentale relativa al rapporto tra il commerciale e l'azienda cliente o potenziale cliente, è possibile visualizzare e ricercare sul geografico le diverse informazioni.

A supporto dell'azione commerciale sono stati sviluppati TOOLS avanzati di ricerca e analisi quali operazioni di Buffering multiplo sulla rete o porzioni di essa, sulle strade o sulle aziende stesse.

Il sistema è stato inoltre potenziato attraverso la realizzazione di strumenti per l'editing geografico in remoto che permettono via Web di inserire nuove aziende generando un aggiornamento permanente del livello informativo vettoriale in formato standard ESRI Shapefile.

La tecnologia utilizzata è stata sviluppata in ambiente MapServer grazie ad una soluzione realizzata in PHPMapscript su Data Base MySQL.

La banca dati

Il sistema realizzato utilizza diverse banche dati che costituiscono archivi anagrafici delle aziende e nell'insieme costituisce la scheda strategica aziendale. L'utilizzo di diverse banche dati è motivato dalla volontà di costituire gradualmente una banca dati proprietaria frutto dell'attività commerciale. In tal senso Acantho già disponeva di un elenco geocodificato di aziende classificate secondo range di fatturato e derivanti da un'acquisizione dalla Camera di Commercio oramai datata di un paio d'anni. Tale banca dati, oltre a non essere aggiornata risultava anche talvolta incompleta e non significativa in considerazione dell'alto numero di aziende mappate (ca. 60.000) e della labilità informativa derivante dalla tipologia di classificazione dei range di fatturato adottata. Il progetto pertanto ha previsto l'acquisizione ex-novo di una porzione di banca dati della Camera di Commercio secondo tipologie di attività e particolari range di fatturato. Questa banca dati è stata inoltre accompagnata da un'altra anagrafica geocodificata di fonte privata e comprensiva di diverse informazioni utili all'azione commerciale come i riferimenti, i membri del CDA, l'anno di costituzione, i recapiti telefonici, le mail, ecc.

Queste ultime due anagrafiche hanno costituito l'attuale scheda strategica delle aziende geocodificate in mappa e aggiornate al 2008.

Questo database è inoltre accompagnato dal database della rete infrastrutturale di telecomunicazione di proprietà o in gestione ad Acantho e quindi utile per l'analisi e alla pre-fattibilità di allaccio di un cliente contenente le caratteristiche e le proprietà delle fibre; dagli stradari e dai civici, dalle fattibilità già analizzate oltre che da tematismi di base utili all'orientamento geografico. Tutti i dati risultano georeferenziati fra loro. La copertura interessa il territorio della Regione Emilia Romagna.

I risultati

La piattaforma realizzata da Sis.Ter di Imola è accessibile in modalità web previo *login* di identificazione dell'utente, che permette, in maniera condivisa, di gestire e interrogare il sistema attraverso ricerche alfanumeriche sulla banca dati inerenti le fibre o i cavi (circuiti, potenzialità, occupazione, collegamenti, aziende potenziali, ecc.), ricerche con grafici dinamici in SVG (sia sulle componenti tecniche, sia sull'attività commerciale svolta, sia sulla tipologia di cliente, ecc.), ricerche geografiche (indirizzo, azienda, area, settore merceologico, ecc.), reporting strutturati a seconda delle selezioni grafiche relative alle fibre, operazioni di buffering semplice, multiplo o complesso. Un tool di amministrazione gestisce i diritti degli utenti accreditati al sistema.

Le principali funzioni del programma sono:

- 1) Visualizzare ed aggiornare le informazioni delle aziende del territorio, sia sotto l'aspetto geografico che alfanumerico;
- 2) Ricerche ed interrogazioni;
- 3) Gestione operativa commerciale, cioè organizzazione dei contatti con le aziende (clienti / non clienti) e tutte le informazioni collegate (offerte, contratti, scadenza, ecc...)
- 4) Statistiche e grafici per analisi gestione commerciale;
- 5) Report riepilogativi;
- 6) Gestione ed organizzazione della documentazione commerciali (presentazione e modelli di presentazione);

Il sistema si appoggia sulla sezione applicativa denominata *Gestione Operativa Commerciale* da cui è possibile gestire tutto quello che riguarda le comunicazioni relative con l'azienda (sia nel caso di cliente che potenziale cliente). Inoltre sono visualizzati in essa tutti i dati anagrafici della ditta selezionata ed i documenti ad essa collegata. A tale sezione è possibile accedervi sia tramite le ricerche che dalla mappa geografica interrogabile, selezionando l'azienda di interesse.

Nel dettaglio le sezioni sono:

- **gestione operativa commerciale: gestione contatti**
è il cuore della gestione, da qui è possibile visualizzare e inserire i contatti con l'azienda selezionata, e tutte le informazioni ad esse collegate;
- **anagrafica**
visualizza e gestisce le informazioni anagrafiche relative all'azienda selezionata;
- **rubrica**
visualizza e gestisce i referenti associati all'azienda;

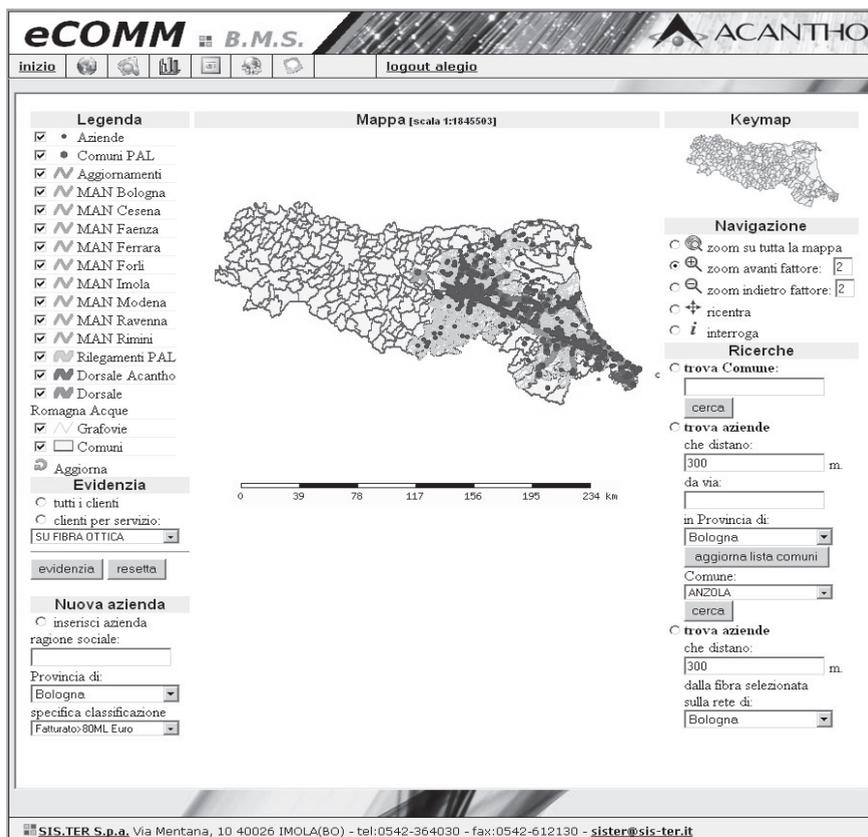


Figura 1 – interfaccia PHP-Mapserver

- **offerte**
visualizza e gestisce le offerte collegate all'azienda;
- **contratti**
visualizza e gestisce i contratti collegati all'azienda;
- **altri documenti**
permette di gestire tutti i documenti collegati all'azienda;
- **scadenze**
visualizza e gestisce il riepilogo di tutte le scadenze in calendario con l'azienda selezionata;

Attraverso appositi tools di classificazione e visualizzazione a valori unici realizzati su Mapserver che interrogano il database risulta possibile visualizzare le proprietà delle aziende anche in maniera geografica verificando e filtrando i clienti/non clienti, tipologia di contratti sui clienti, ecc.

All'interno della gestione operativa commerciale è inoltre possibile visualizzare e rendicontare i diversi contatti interscambiati con il contatto esterno (cliente e potenziale) siano essi incontri, telefonate, mail, ecc. Questa modalità consente di monitorare l'attività commerciale costruendo un calendario dinamico ed una anagrafica dei contatti e delle relazioni intercorse.

La registrazione del contatto avviene per singole fasi distinte, dalle quali è permesso navigare tramite i link, posizionati in basso, "avanti", "indietro", "salva" (per salvare la fase corrente) o "fine" (per terminare l'operazione) presenti in tutte le pagine della procedura. E' quindi possibile spostarsi da una fase all'altra dell'inserimento in maniera semplice ed efficace, a seconda delle esigenze del commerciale. Ogni relazione esterna costituisce un report che rimane quale promemoria per il contatto futuro.

La sezione relativa ai documenti permette di visualizzare e modificare l'elenco dei documenti allegati al contatto, offerta o contratto associati all'azienda corrente.

Le ricerche inserite di default nell'applicativo mappa sono le seguenti:

- **ricerca Comune**
trova ed evidenzia il comune selezionato da un elenco;

- **ricerca Indirizzo**
trova ed evidenzia la via e/o il civico all'interno di un Comune richiesto;
- **ricerca e visualizza tutte le aziende che distano da una via definita dall'utente**
trova e visualizza tutte le aziende distanti x metri (personalizzabili) da una via definita dall'utente;
- **ricerca e visualizza tutte le aziende che distano da un tratto di fibra selezionato in mappa**
trova e visualizza tutte le aziende distanti x metri (personalizzabili) da una porzione di fibra selezionata in mappa dall'utente.

E' possibile evidenziare le aziende con un colore diverso in base a delle caratteristiche aggiornabili inserite nel database alfanumerico. I tool standard configurati nella mappa sono:

- **evidenzia aziende clienti**
evidenzia le aziende clienti;
- **evidenzia aziende clienti per servizio fornito**
evidenzia le aziende clienti in base al servizio fornito scelto da un menù a tendina;

Nell'interfaccia, subito sotto alla mappa, abbiamo il riquadro con il risultato delle interrogazioni. Qui verranno visualizzate i nominativi delle aziende che soddisfano i parametri di ricerca inseriti nei vari tool d'interrogazione. Cliccando sulla ragione sociale si accederà alla gestione operativa commerciale (e alla scheda anagrafica) riferita alla stessa.

Ogni risultato è esportabile in formato Microsoft Excel cliccando sul radio-button e premendo il relativo bottone posizionato subito sopra l'elenco alfanumerico delle aziende selezionate.

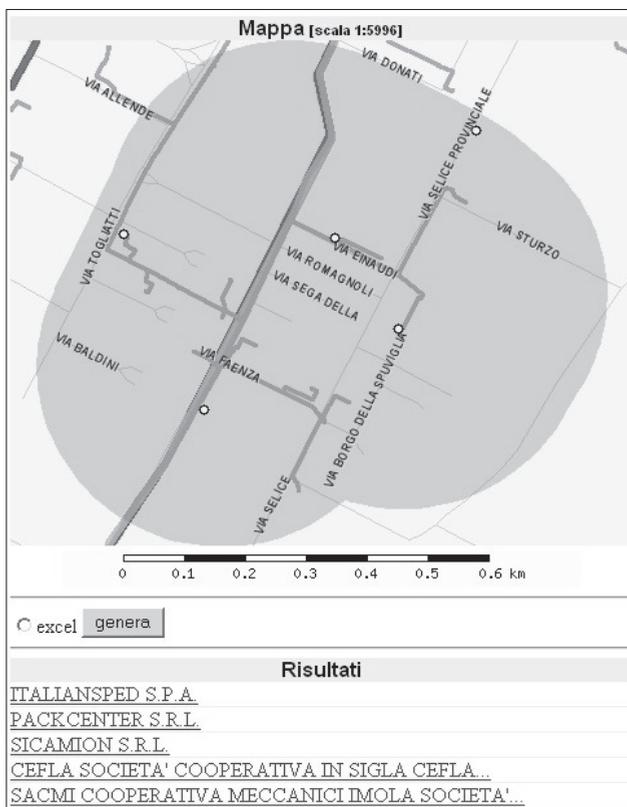


Figura 2 – Buffering e analisi spaziale

Il sistema permette inoltre l'**editing in remoto** di oggetti fornendo la possibilità di inserire nuove aziende e classificarle all'interno del database e nelle modalità di visualizzazione geografica. Le nuove aziende vengono salvate lato server anche nel formato ESRI Shapefile e risultano georeferenziate nel sistema adottato.

Il pannello ricerche consente l'individuazione delle aziende o delle figure commerciali tramite diversi parametri d'interrogazione e filtraggio dati, come la ragione sociale, il fatturato, numero dipendenti, la tipologia di offerta, il settore merceologico, l'ultimo contratto e contatto, le scadenze, ecc.

Tutte le ricerche sono personalizzabili, in fase di programmazione, secondo le esigenze del cliente.

eCOMM ■ **B.M.S.** **ACANTHO**

inizio [logout alegio](#)

ricerche su:

cerca SSA con:
 tipologia di offerta:
 provincia:
 Tipologia offerta:
[trova](#)

[report xls](#)

Ragione sociale	Indirizzo	Comune	Prov.
AUTOPRONTI SPA	VIA DEL SALICE 8/9	SANTARCANGELO DI ROMAGNA	RN
BIGNAMI SPA PRODUZIONI AVICOLE	VIA G. AMENDOLA 2/1	ANZOLA DELL' EMILIA	BO

1

■ **SIS.TER S.p.a.**, Via Mentana, 10 40026 IMOLA(BO) - tel:0542-364030 - fax:0542-612130 - sister@sis-ter.it

Figura 3 – Pannello ricerche

Nella parte superiore della pagina è possibile specificare i parametri con cui filtrare i dati inseriti nel database. Nella parte inferiore avremo invece il risultato della ricerca.

Ogni risultato è ordinabile in base ai campi principali, semplicemente cliccando sul nome del campo interessato.

Nel caso delle ricerche per “ditta” avremo inoltre la possibilità di accedere direttamente alla gestione operativa commerciale dell'azienda selezionata semplicemente cliccando sul nominativo (ragione sociale) della ditta interessata.

Ogni risultato è esportabile in formato .xls (compatibile con Excel) cliccando sul pulsante “report xls”, presente alla destra del pannello d'inserimento parametri di ricerca.



Figura 4 – Pannello di avvio con la scrivania di lavoro

Conclusioni

Il sistema, dotato di altre componenti quali strumenti di sincronizzazione con notebook e PDA e di un sistema di gestione documentale orientato al settore commerciale dell'azienda, costituisce una opportunità all'azienda per facilitare il processo decisionale sfruttando un patrimonio informativo già presente e/o potenzialmente presente con i processi organizzativi adottati (es. contatti con le aziende, ecc) che spesso oggi rimane esclusivamente in mano alle singole persone impedendo la costruzione di un patrimonio informativo aziendale.

Questo tipo di implementazioni comporta un processo di integrazione fra il GIS e i gestionali che risulta estremamente importante in quanto permette l'adozione di sistemi per un lavoro quotidiano e non per la semplice analisi una tantum.

L'implementazione di questo tipo di sistemi comporta inoltre un intervento di un certo rilievo sia lato informatico che lato informativo (nei processi e nei dati). L'informazione necessita infatti di un pesante trattamento, di eventuali rilevazioni e analisi in loco, ecc. rimane comunque l'opportunità che la "variabile territorio" può assumere un ruolo decisivo nei processi decisionali. In tal senso il geomarketing rientra tra i sistemi SIM (Spatial Information Management) e corrispondono a soluzioni per aiutare il business.

Bibliografia

Seravalli A. (2007), "GIS Teorie e Applicazioni", *Mandragora Editore*

Grimshaw D.J. (1994), "Bringing geographical information system into business ", *Longman*

Pilotti L., Sedita S.R. (2002), "Competizione spaziale e fattori di localizzazione: un'applicazione strategica di geomarketing", *I&D*, n. 3

Di Dio Roccazella N. (2002), "Il geomarketing a supporto delle attività di vendita e comunicazione ", *Disegno Digitale e Design*, n. 718

L'UTILIZZO DEL GIS NEL PIANO PER LA PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITÀ DI PREVISIONE E PREVENZIONE CONTRO GLI INCENDI BOSCHIVI DEL PARCO NAZIONALE D'ASPROMONTE

Antonino SICLARI (*), Giuseppe PAVONE (**), Francesco MANTI (***)

(*) Ente Parco Nazionale d'Aspromonte, Via Aurora, snc I-89050 Gambarie di S.Stefano in Aspromonte (RC)
tel. +39 0965 743060 fax +39 0965 743026 e-mail: ninosiclari@alice.it

(**) APIOT – Associazione per la Promozione dell'Innovazione Organizzativa e Tecnologica – Via Carrera II, 55
Reggio Calabria. tel. +39 328 4742843 fax +39 0965 1870182 e-mail: mail@giuseppavone.com

(***) Regione Calabria, Settore Protezione Civile, Via Sbarre Superiori 42, I-89100 Reggio Calabria (RC)
tel +39 0965 622542 fax +39 0965 622544 e-mail: f.manti@protezionecivilecalabria.it

Riassunto

La legge 353/2000 “*Legge-quadro in materia di incendi boschivi*” prevede che per i parchi naturali e le riserve naturali dello Stato sia predisposto un apposito piano dal Ministro dell’Ambiente d’intesa con le regioni interessate, su proposta degli enti gestori. La redazione del *Piano per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi* richiede l’acquisizione e l’elaborazione di molti ed eterogenei dati georeferenziati. Tale processo può essere gestito efficientemente solo per mezzo del supporto di un Sistema Informativo Geografico. L’articolo descrive in sintesi le procedure di trattamento dei dati e il supporto fornito dal GIS.

Abstract

The Italian law 353/2000 “Framework law about wildfires” establishes that, for natural parks and natural reserves of the Italian nation, a suitable plan has to be prepared by the Environment Ministry together with interested regional governments, on the basis of a proposal of park authorities. Acquisition and elaboration of many heterogeneous georeferenced data are needed in order to prepare a *Plan for programming forecast, prevention and active fight activities against wildfires*. This process can be efficiently handled only by the support of a Geographical Information System. This paper synthetically explains the data management procedures and the support of the GIS.

1. Introduzione

Il *Piano per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi*, per brevità nel seguito denominato *Piano A.I.B.*, è uno strumento di cui la legge italiana prevede la redazione a carico delle Regioni. Una sezione di tale Piano è riservata ai parchi naturali e alle riserve naturali dello Stato, per la peculiarità derivante dal valore ambientale del loro territorio e dalle connesse esigenze di tutela e conservazione.

Il principale obiettivo di tale Piano è la suddivisione del territorio in zone a diverso livello di rischio e l’individuazione delle attività di contrasto al fenomeno, sia preventivamente che durante e dopo l’emergenza, localizzando gli interventi e classificandoli per priorità. Per poter identificare correttamente le priorità è necessario ricorrere a un approccio di tipo quantitativo, mediante l’elaborazione di molte serie di dati georeferenziati, alcuni dei quali relativi al fenomeno degli incendi, altri alle caratteristiche del territorio (aspetti biotici, abiotici, antropici e amministrativi).

Il presente articolo è strutturato come segue: nel paragrafo 2 sono delineati gli aspetti normativi e metodologici relativi ai Piani AIB dei Parchi Nazionali, al fine di fornire al lettore le informazioni essenziali sul problema affrontato; nel paragrafo 3 sono descritti i dati di input necessari alla redazione del Piano e le opportune successive elaborazioni di questi dati, valutando l'apporto essenziale fornito dal GIS nel realizzare tali elaborazioni; nel paragrafo 4, a titolo di esempio, sono riportati alcuni dati fondamentali relativi al Piano A.I.B. del Parco dell'Aspromonte.

2. I Piani AIB dei Parchi Nazionali: aspetti normativi e metodologici

Il Piano AIB dei Parchi Nazionali è previsto all'art. 8 comma 2 della Legge 21 novembre 2000, n. 353 "Legge-quadro in materia di incendi boschivi", il quale prevede che per i parchi naturali e le riserve naturali dello Stato sia predisposto un apposito piano dal Ministro dell'Ambiente d'intesa con le regioni interessate, su proposta degli enti gestori, sentito il Corpo Forestale dello Stato. Detto Piano costituisce un'apposita sezione del Piano Regionale di cui al comma 1 dell'articolo 3 della sopra citata legge.

I Piani AIB devono individuare:

- a) le cause determinanti ed i fattori predisponenti l'incendio;
- b) le aree percorse dal fuoco;
- c) le aree a rischio di incendio boschivo con l'indicazione delle tipologie di vegetazione prevalenti;
- d) i periodi a rischio di incendio boschivo;
- e) gli indici di pericolosità fissati su base quantitativa e sinottica;
- f) le azioni determinanti anche solo potenzialmente l'innescio di incendio;
- g) gli interventi per la previsione e la prevenzione degli incendi boschivi;
- h) la consistenza e la localizzazione dei mezzi, degli strumenti e delle risorse umane per la lotta attiva contro gli incendi boschivi;
- i) la consistenza e la localizzazione delle vie di accesso e dei tracciati spartifuoco nonché di adeguate fonti di approvvigionamento idrico;
- a) le operazioni silvicolturali di pulizia e manutenzione del bosco;
- l) le esigenze formative e la relativa programmazione;
- m) le attività informative;
- n) la previsione economico-finanziaria delle attività previste nel piano stesso.

Oltre alle disposizioni generali di cui alla Legge Quadro n. 353/2000, sono state emanate dagli organi istituzionali alcune direttive da seguire, fra le quali si segnalano le Linee Guida per la redazione del piano regionale del Dipartimento della Protezione Civile, lo Schema di Piano A.I.B. per le aree naturali protette nazionali della Direzione per la Protezione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. I Piani A.I.B. relativi alle aree protette si distinguono in particolare per l'inattuabilità di interventi che comportano sensibili impatti sul territorio soprattutto nelle zone a maggior pregio naturalistico, con conseguente priorità data agli interventi di prevenzione a basso o nullo impatto ambientale.

L'adozione dei criteri generali richiamate nelle sopra citate direttive, unitamente alla necessità di approfondire e aggiornare il quadro di conoscenze sul territorio ed in particolare sul fenomeno degli incendi boschivi e sulla struttura dell'apparato organizzativo A.I.B. (anti incendio boschivo), sempre in rapida evoluzione, conferisce in maniera accentuata a tale Piano un carattere dinamico. Pertanto ogni Piano va inteso come una fase di un più generale processo di pianificazione flessibile che consente continui aggiornamenti. Tali aggiornamenti, anche in assenza di elementi nuovi di rilievo, devono essere comunque effettuati mediante operazioni di feedback che, attraverso analisi e valutazioni periodiche, orientano ed eventualmente correggono i contenuti del Piano stesso. In quest'ottica è indispensabile disporre di un sistema informativo geografico di supporto, che sia mantenuto costantemente aggiornato.

3. Il supporto del GIS nella redazione del Piano A.I.B.

Come è già stato evidenziato, la redazione di un Piano A.I.B. necessita la raccolta e l'elaborazione di una vasta serie di dati, i quali devono essere costantemente aggiornati. Il trattamento di tali dati è effettuabile in maniera efficace solo per mezzo di un sistema informativo geografico. Di seguito sono riportati le tipologie di dati che è necessario acquisire, con particolare riferimento ad un Piano A.I.B. relativo ad un'area protetta:

- a) dati geografici e orografici di base: cartografia IGMI, ortofoto, modello digitale del terreno, ecc.;
- b) dati sugli aspetti abiotici: clima (piovosità, temperatura, ventosità), caratteristiche geologiche e zone a rischio frana;
- c) dati sugli aspetti biotici: fauna, flora e vegetazione;
- d) dati sugli aspetti antropici e infrastrutturali: uso del territorio, centri abitati e reti di trasporto;
- e) dati amministrativi: confini e zonazione dell'area protetta, altri siti naturalistici, confini amministrativi;
- f) dati sul fenomeno degli incendi: localizzazione spaziale e temporale, estensione, causa presunta, tempistica di segnalazione e di intervento;
- g) risorse A.I.B. (localizzazione e struttura organizzativa): unità operative (uomini, mezzi terrestri, aeromobili, ecc.), punti di supporto (eliporti o assimilabili, punti di rifornimento di acqua), vedette e punti di avvistamento;

Tale elencazione non ha pretesa di completezza, ma si riferisce ad un livello di approfondimento medio-alto del problema (almeno relativamente agli standard attuali).

I sopra citati dati di input devono essere elaborati per ottenere una serie di informazioni intermedie, propedeutiche allo scopo finale del Piano, che è l'individuazione degli interventi di prevenzione e lotta attiva. Tali informazioni intermedie dipendono dalla metodologia utilizzata, pertanto non è possibile in generale fornire una trattazione sistematica ed esaustiva. Fra le varie elaborazioni intermedie, si citano a titolo di esempio alcune di quelle utilizzate per la redazione del Piano AIB del Parco Nazionale dell'Aspromonte:

- a) la carta delle classi di pendenza, di esposizione (orientamento della superficie) e di altitudine, ottenibili mediante elaborazione diretta del modello digitale del terreno (DTM);
- b) la carta dei modelli di combustibile, ottenuta dalla carta della vegetazione reale associando a ciascuna fitocenosi delle caratteristiche sintetiche (massa di combustibile, potere calorifero, velocità di propagazione dell'incendio) raggruppate in poche classi;
- c) la carta del valore naturalistico, un indicatore sintetico per valutare i diversi aspetti di pregio legati alla flora e alla fauna presente, ottenibile come somma di un valore floristico-vegetazionale (a sua volta ottenuto in base ad una somma ponderata di vari indicatori: naturalità, valore fitogeografico, livello di biodiversità, potenzialità a ospitare specie a rischio, originalità fitocenotica) e di un valore faunistico (basato sull'integrazione dei singoli valori faunistici predisposti per alcune componenti zoologiche).

Tali elaborazioni intermedie, per così dire di primo livello, servono al calcolo di due grandezze fondamentali, la *pericolosità* e la *gravità*, il cui prodotto fornisce il *rischio*, che è l'elemento principale in base al quale sono valutate le azioni da intraprendere e la loro priorità. Per la valutazione del *rischio*, della *gravità* e della *pericolosità*, si è cercato di approfondire le relazioni matematiche fra tali grandezze, cercando di attribuire ad esse un valore quantitativamente determinato e confrontabile con grandezze misurabili.

Il *rischio* di incendio è una grandezza che dipende sia dalla pericolosità che dalla gravità di tale tipo di evento. La *pericolosità* di incendio su un determinato territorio esprime la possibilità del manifestarsi di incendi unitamente alla difficoltà di estinzione degli stessi. La *possibilità* del manifestarsi di incendi è una grandezza che esprime la stima del numero medio di incendi che si

verificano per unità di superficie e per unità di tempo. La *difficoltà di estinzione*, intesa in senso generalizzato come l'inverso della facilità di propagazione, è una grandezza che può essere misurata attraverso una sua diretta conseguenza, cioè l'estensione media dell'area percorsa dal fuoco per ogni evento. Va osservato che, per la definizione adottata, la *difficoltà di estinzione* tiene conto come fattore intrinseco della disponibilità di risorse (umane, organizzative e materiali) utilizzabili per l'estinzione, oltre che naturalmente di fattori legati al territorio e al clima. La figura 1 sintetizza le relazioni esistenti fra le grandezze sopra menzionate.

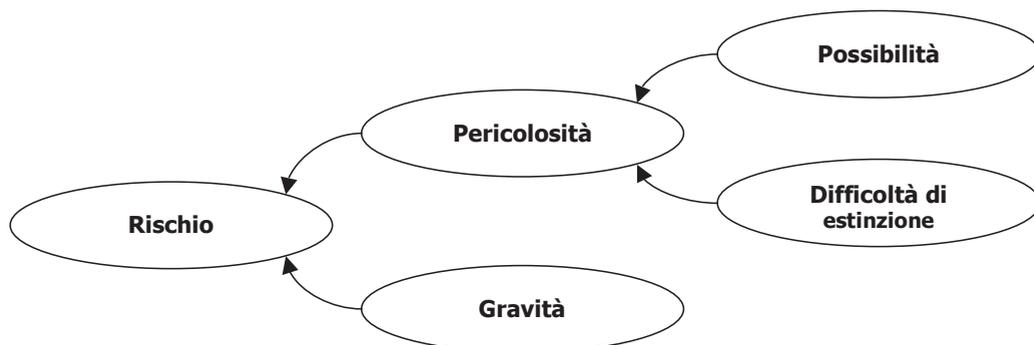


Fig. 1.- Quadro sinottico della valutazione del rischio

Poiché la *pericolosità* di incendio esprime la possibilità del manifestarsi di incendi unitamente alla difficoltà di estinzione degli stessi, essa può esprimersi come il prodotto di queste due grandezze. La previsione della pericolosità, pertanto, si può basare su un modello additivo ponderato che consente la determinazione di un unico indice a partire da più fattori predisponenti tra i quali la morfologia, il clima e l'uso del territorio, predisponendo tanti strati informativi quanti sono i fattori presi in esame. Per ottenere l'indice di *pericolosità* è utilizzabile una funzione che è una combinazione lineare dei valori dei fattori predisponenti moltiplicati per coefficienti opportunamente calibrati.

La *gravità* esprime l'entità attesa del danno (inteso in senso generalizzato) che deriva dal passaggio del fuoco per un'unità di superficie. Per il calcolo della *gravità*, essendo funzione di molteplici aspetti (ambientale, paesaggistico, sfruttamento delle risorse agricole e forestali, offerta di aree turistiche e ricreative, funzione di tutela idrogeologica, funzione di stabilizzazione climatica, ecc) è possibile una metodologia generale, anche se poi dal punto di vista pratico potrebbe essere necessario utilizzare una funzione semplificata che considera solo alcuni di questi aspetti, più facilmente misurabili.

La stesura del Piano, secondo la metodologia sopra esposta, ha previsto complesse procedure di analisi GIS tra le quali spiccano per importanza le conversioni di strati informativi vettoriali in formato raster, effettuate con l'estensione *spatial analyst* (dimensioni della cella in uscita di m 10x10); operazioni di calcolo con lo strumento *raster calculator* al fine di ottenere carte raster derivate; operazioni di riclassificazione dei raster (con l'assegnazione di nuovi valori secondo opportuni parametri) con lo strumento *reclassify* utilizzando, per la definizione degli intervalli, i grafici della distribuzione.

4. Il Piano A.I.B. del Parco dell'Aspromonte

Al fine di esemplificare alcuni dei concetti descritti nel paragrafo precedente, sono illustrati alcuni aspetti salienti del Piano A.I.B. del Parco dell'Aspromonte. Il piano è stato redatto basandosi sui dati degli incendi relativi all'ultimo quinquennio (2003-2007). Il numero di incendio riconducibili a cause naturali o accidentali è estremamente basso (circa lo 0,5%) e pertanto, essendo le origini nettamente predominanti quelle colpose e dolose, la calibrazione dei fattori rilevanti per la definizione della pericolosità ha avuto come risultato che l'unico aspetto significativo è la distanza da centri abitati o luoghi altamente antropizzati. Sono illustrate in fig. 2, alcune tavole elaborate con il supporto del GIS.

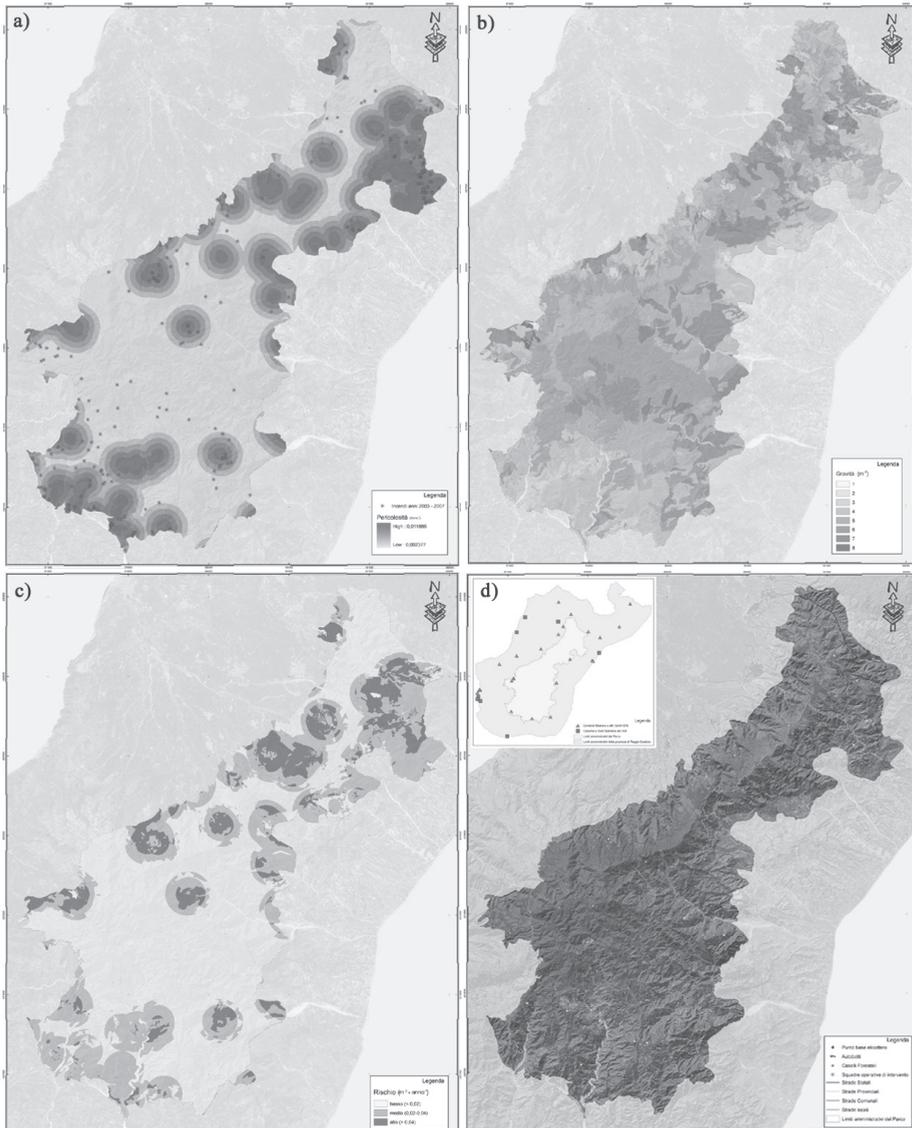


Fig. 2.- Piano AIB - Tavole. a) Carta della pericolosità; b) Carta della gravità; c) Carta del rischio; d) Carta delle risorse A.I.B.

Il rischio di incendio, è stato calcolato moltiplicando la pericolosità per la gravità. Sulla base del valore ottenuto da tale calcolo, uniformandosi alla classificazione approvata dall'Unione Europea, il territorio è stato suddiviso in tre zone:

- *zone ad alto rischio*: zone il cui rischio permanente o ciclico di incendio di foresta minaccia gravemente l'equilibrio ecologico, la sicurezza delle persone e dei beni o contribuisce all'accelerazione dei processi di desertificazione;
- *zone a medio rischio*: le zone in cui il rischio di incendio di foresta, pur non essendo permanente o ciclico, può minacciare in misura rilevante gli ecosistemi forestali;
- *zone a basso rischio*: tutte le altre zone.

I risultati ottenuti sono rappresentati in fig. 2c dove si osserva che zone ad alto rischio si estendono per il 10,8% del territorio dell'area protetta.

5. Conclusioni

La redazione di un piano territoriale, come il Piano AIB per le aree protette, richiede il trattamento di dati georeferenziati, che può essere efficientemente svolto per mezzo di un GIS. In particolare, l'aspetto più rilevante presentato in questo articolo è la metodologia rigorosamente quantitativa proposta per la valutazione del rischio di incendio, che richiede per la sua applicazione l'indispensabile supporto del GIS (conversioni di strati informativi vettoriali in formato raster, operazioni di calcolo con lo strumento *raster calculator*; operazioni di riclassificazione dei raster, ecc.).

6. Bibliografia

Dipartimento della Protezione Civile, *Linee Guida per la redazione del piano regionale AIB* di cui al Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri -, del 20 dicembre 2001, (pubblicato sulla G.U. del 26.2.2002 S.G. n. 48).

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione per la Protezione della Natura *Schema di Piano A.I.B. per le aree naturali protette nazionali*, (sito web www.minambiente.it).

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione per la Protezione della Natura *Manuale tecnico di pianificazione antincendi boschivi nelle aree protette*, progetto di supporto tecnico-scientifico alla Pianificazione Antincendi Boschivi nelle Aree Naturali Protette Statali (sito web www.fuoco.unimol.it).

Ente Parco Nazionale dell'Aspromonte, 2007. *Piano per il Parco*.

APPROCCIO GIS PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ DI PAESAGGIO

Giuseppe SOLLA (*), Antonio DI LISIO, Filippo RUSSO

Dipartimento di Studi Geologici e Ambientali, Università degli studi del Sannio. Via dei Mulini 59/A
82100 Benevento. Mail: solla.giu@gmail.com

Riassunto

La base di partenza per una corretta pianificazione del territorio è basata sull'individuazione di un quadro delle caratteristiche fisico-ambientali che contraddistinguono il paesaggio nella sua dinamica evolutiva. Ciò permette di ottenere una visione congiunta delle singole caratteristiche fisiche del territorio in modo o la loro intersezione da luogo ad un complesso grado di sistemi ambientali diversificati che nell'insieme aiutano a comprendere la dinamica evolutiva del paesaggio. Per Unità di paesaggio si intende ambiti territoriali costituiti da specifiche particolarità di formazione ed evoluzione, distintive e omogenee, che permettono di conoscere la complessità ambientale e quindi l'assetto ecologico. Tali unità sono state desunte dalla sovrapposizione di più *layers* tematici rappresentativi delle singole caratteristiche fisiche che contraddistinguono il paesaggio. Tali Unità sono state distinte utilizzando la metodologia UFAT (www.dista.agrsci.unibo.it/catgis), la quale consente di individuare un mosaico territoriale e di esportarlo in ambiente GIS. La cartografia tematica è stata realizzata in ambiente GIS mediante il *software* ArcView 3.2, in modo da gestire più facilmente le successive elaborazioni consistenti essenzialmente in correlazioni ed intersezioni tra le varie caratteristiche ambientali del territorio esaminato che è quello della media valle del Fiume Calore in provincia di Benevento. La piattaforma GIS utilizzata in tal modo si è rivelata un ottimo strumento per approcciare in modo automatico all'identificazione delle caratteristiche, prima, e delle Unità di paesaggio, successivamente, del territorio esaminato.

Abstract

GIS approach to characterizing and mapping of the landscape units.

The aim of the paper is to check the territorial precincts made up by a specific features of formation and evolution, distinctive and homogeneous, that identify Landscape Unit or Sub-Unit with their relative typologies in the range of the Ecological System of the middle-high valley of Calore River near Benevento (Southern Italy). Such Landscape units are desumed by a combination of more themes representing in the complex a territorial mosaic made up by several thematic *layers* to be placing on upon another, someone with distinctive features or environmental characters capable to develop correlations to themselves and with their derived layers in GIS environment. The thematic maps obtained are realized by GIS ArcView 3.2 *software*, able to operate the opportune correlations and intersections among the several themes developed.

From a qualitative point of view, the recognized landscape sub-units and their typologies come from the operative interaction of the physical and biological factors characterizing the study area. They permit to give an objective value to the variability index of the environment, useful to the understanding of Biodiversities. Furthermore, they permit also to objectively highlight the several possibilities of combinations to the local ecosystem.

Introduzione

Le unità di paesaggio possono essere individuate a diverse scale di grandezza, andando ad ottenere gradi di dettaglio differenti e quindi costituendo un mosaico territoriale frammentato in relazione ai vari *step*, quindi a differenti livelli di pianificazione, che possono essere di tipo regionale, provinciale e comunale, grazie all'utilizzo di un software GIS (Aspinall, 1991).

Fattore fondamentale nella realizzazione della carta delle unità di paesaggio è la costituzione di carte di base e derivate accomunate dallo stesso rapporto di scala, altrimenti le intersezioni tra i vari tematismi porterebbero alla determinazione di errori di frammentazione poligonale.

Questo tipo di approccio permette di leggere il territorio, in base ai vari elementi geoambientali, secondo l'identificazione delle UFAT (www.dista.agrsci.unibo.it/catgis). Infatti, il paesaggio può essere classificato in sottosistemi, caratteristici di un determinato tipo di ambiente naturale. Ogni sistema a sua volta è ulteriormente diviso e descritto in unità di paesaggio tipiche di quel comprensorio (Amadio *et alii*, 2002).

La determinazione delle unità di paesaggio è funzione di un insieme complesso e variegato di fattori che predispongono l'assetto territoriale (ambiente morfoclimatico, geolitologia, uso del suolo, ecologia, ecc...).

Geograficamente l'area di studio, la media-alta valle del Fiume Calore, la cui estensione territoriale è di 126 km², ricade nell'Appennino campano e particolarmente nella Provincia di Benevento. Essa costeggia per buona parte il territorio confinante della Provincia di Avellino ed interessa i comuni di Apice, Sant'Arcangelo Trimonte, Paduli, San Giorgio del Sannio e Calvi. Nell'area di studio sono state riscontrate cinque distinte unità o complessi litologici differenti, confrontabili con quelli descritti nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 Foglio n° 173 "Benevento" (Servizio Geologico d'Italia, 1975). Nell'area affiorano prevalentemente depositi pliocenici, caratterizzati da unità clastiche marino-transizionali. Ma non mancano le unità litologiche continentali alluvionali e fluvio-lacustri di età pleistocenica. Inoltre, sono presenti unità litologiche di età terziaria come l'Unità del Flysch Rosso e quella, miocenica, delle Argille Varicolori (Brancaccio *et alii* 1984).

Sotto il profilo fitoclimatico l'area ricade nelle fasce del *Lauretum* e del *Castanetum*, in quanto essa è compresa tra i 149 ed i 639 m s.l.m. Questi valori altimetrici influenzano notevolmente l'uso del suolo, vocato essenzialmente ai seminativi.

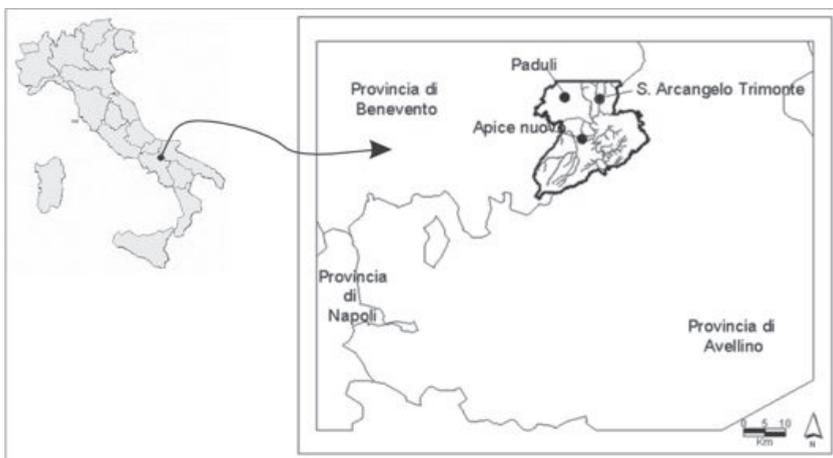


Figura 1- Ubicazione dell'area di studio

Materiali e metodi

Come base di partenza sono state utilizzate, dopo opportuna elaborazione per essere adattate all'area di studio, le tabelle UFAT disponibili in rete (www.dista.agrsci.unibo.it/catgis). L'elaborazione dei dati UFAT è stata effettuata per ogni singolo tematismo rappresentativo delle caratteristiche fisico-ambientali dell'area di studio. Si è visto che ogni tematismo è caratterizzato da vari livelli di dettaglio, che sono stati opportunamente codificati, dei singoli elementi rappresentati, questi ultimi, in alcuni casi, sono stati raggruppati per dar luogo a letture di sintesi. I dati sono importati in ambiente GIS per essere opportunamente elaborati con varie intersezioni. Le informazioni derivate dai dati tabellari UFAT sono state successivamente modificate, mediante l'integrazione di osservazioni puntuali (dati di campagna ed informazioni estratte dall'analisi di cartografie già esistenti, foto aeree e ortofotocarte). Questo primo passo ha avuto lo scopo di integrare database già esistenti, come quello relativo alla geolitologia e all'uso del suolo, con quelli ottenuti automaticamente dalle operazioni tabellari in ambiente GIS.

I dati di tipo territoriale acquisiti sono stati georeferenziati e archiviati in un database. Ciò ha consentito di ottenere una base cartografica per la realizzazione dei *layer* tematici ossia: un (DEM), una carta litologica ed una carta dell'uso del suolo. Il DEM (*Digital Elevation Model*) è stato ottenuto dalla digitalizzazione delle curve di livello dell'area di studio rilevate dalla Carta Topografica d'Italia in Scala 1:50.000, Foglio n. 432 "Benevento" sfruttando le funzioni *Create TIN From Features* e *Convert TIN to Raster* del Software GIS Arcview 3.2. La carta litologica è stata realizzata mediante l'acquisizione dei dati dei complessi litologici desunti dal Foglio 173 "Benevento" della Carta Geologica d'Italia in Scala 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia, 1975) ed importando i dati in ambiente GIS per la creazione di un opportuno data base in scala 1:50.000.

La carta dell'uso del suolo, invece, è stata realizzata sulla base delle informazioni fornite dal database europeo *Corine Land-Cover* (European Environment Agency, 2000). Le classi d'uso del suolo, essendo troppo particolareggiate per gli scopi del presente lavoro, sono state semplificate integrate con osservazioni dirette sul campo e da ortofoto e rapportate alla scala 1:50.000. A questa cartografia, che possiamo considerare di base, sono state aggiunte due carte derivate, relativamente all'esposizione e alla pendenza dei versanti, entrambe ricavate dal DEM in ambiente GIS sfruttando le funzioni *Aspect* e *Slope* dell'estensione *Spatial Analyst* e successivamente trasformate da raster a vettoriale tramite la funzione *Reclassify* del software GIS.

Le carte ottenute dalle elaborazioni sono state intersecate al fine di ottenere accorpamenti caratteristici e omogenei che rispecchiano le condizioni fisico-ambientali dell'area di studio, per cui si è proceduto a sovrapposizione topologica dei vari layers. Il primo processo di sovrapposizione ha riguardato la carta litologica, quella dell'uso del suolo e il DEM ed è stato realizzato mediante *GeoProcessing* tramite la funzione di *Intersect*. Si è ottenuto così un primo risultato cioè un mosaico territoriale caratterizzato da una elevata frammentazione di dati e quindi un elevato livello di dettaglio. Ciò ha consentito di ottenere una Carta delle sub-unità di paesaggio basata solo su questi pochi dati cartografici ma già con un livello superiore di dettagli rispetto a quelle ottenute tramite *Remote sensing* (Amadio *et alii*, 2002) delle componenti ambientali del territorio. Successivamente tale Carta risultante è stata intersecata, sempre in ambiente GIS, con le carte dell'esposizione e della pendenza con lo scopo di dettagliare ulteriormente alcune sub-unità in funzione anche di questi parametri morfologici. L'approccio metodologico ha permesso di ottenere una ulteriore cartografia relativamente alle tipologie specifiche di paesaggio.

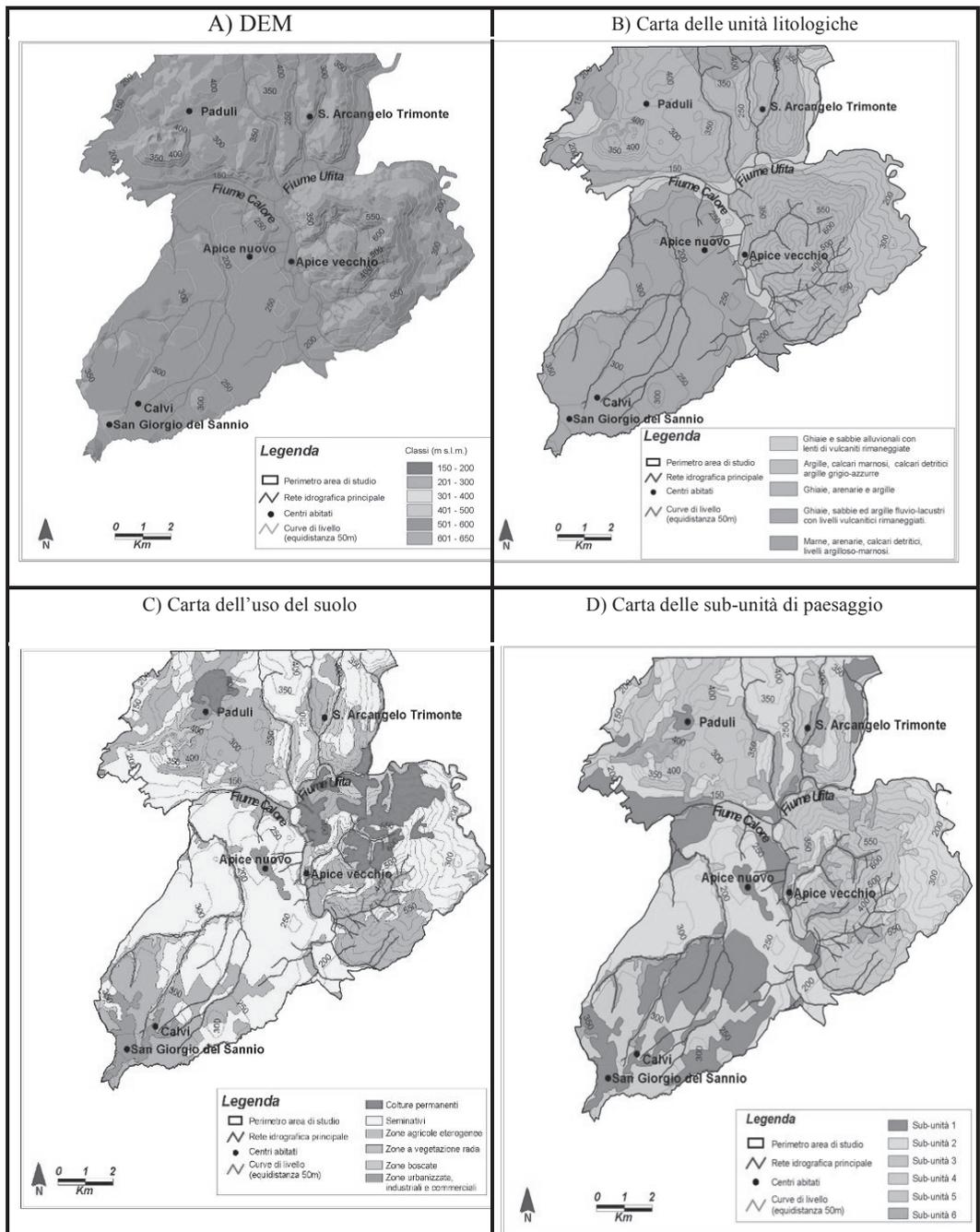


Figura 2 – Cartografie tematiche (A, B, C) utilizzate per derivare la Carta delle sub-unità di paesaggio (D).

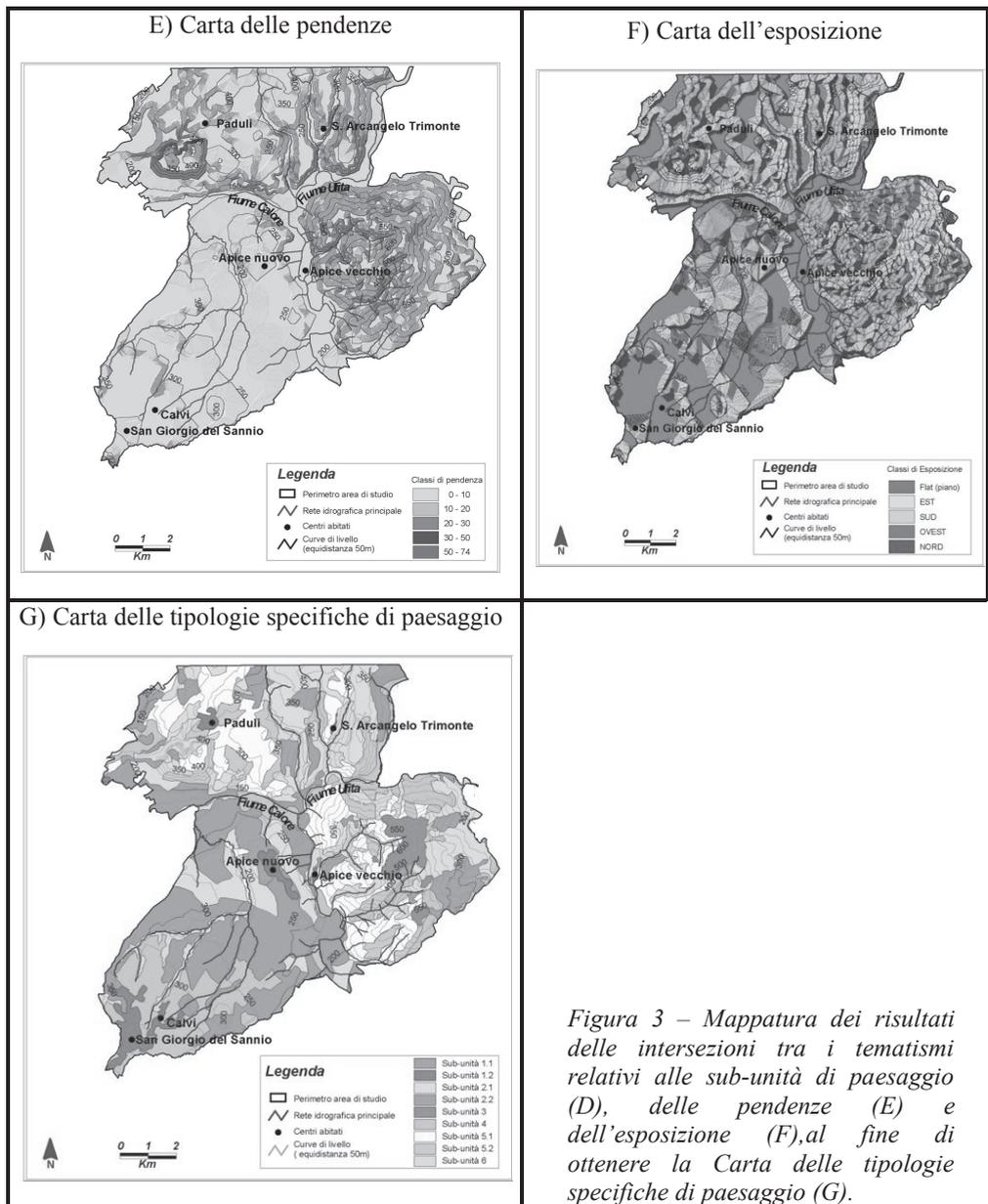


Figura 3 – Mappatura dei risultati delle intersezioni tra i tematismi relativi alle sub-unità di paesaggio (D), delle pendenze (E) e dell'esposizione (F), al fine di ottenere la Carta delle tipologie specifiche di paesaggio (G).

TIPI	SUB-UP 1	SUB-UP 2	SUB-UP 5
TIPO 1	Aree comprese tra 150 e 300 m, situate prevalentemente lungo la piana alluvionale con prevalenza di alluvioni e depositi ghiaioso-sabbiosi. Uso del suolo a seminativo talvolta sostituito a prati pascolo.	Aree comprese tra 200 e 500 m. Litologie Flysch Rosso. Esposizione Est e Ovest. Uso del suolo a seminativo	Area compresa tra 300 ed i 500 m. Pendenze comprese tra la seconda e terza classe. Esposizione Sud, Ovest e Nord. Uso del suolo a colture permanenti.
TIPO 2	Aree comprese tra 300 e 450 m. Litologie ghiaioso-sabbiose e flyschoidi. Uso del suolo prevalentemente antropizzato (centro abitato, nucleo industriale).	Aree comprese tra 200 e 400 m. Litologie Flyschoidi. Esposizione Nord e Sud. Uso del suolo a seminativi alternato a prato o pascolo.	Area compresa tra i 200 e i 400 m. Pendenze comprese tra la terza e la quinta classe. Esposizione Est e Sud. Uso del suolo costituito da zone agricole eterogenee.

Tabella 1 – Legenda della carta delle sub-unità di paesaggio.

SUB-UNITÀ DI PAESAGGIO 1	SUB-UNITÀ DI PAESAGGIO 2
Area compresa tra 150 e 450 m, litologie: deposito ghiaioso-sabbioso, lungo la piana alluvionale, flyschoidi, a quote più alte. Uso del suolo a seminativo e insediamenti antropici.	Area compresa tra 200 e 500 m, litologie ascrivibili all'Unità del Flysch Rosso. Clima ascrivibile a quello temperato. Uso del suolo prevalentemente a seminativo.
SUB-UNITÀ DI PAESAGGIO 3	SUB-UNITÀ DI PAESAGGIO 4
Area compresa tra 500 e 650 m, litologie di tipo sabbioso-conglomeratico con rare intercalazioni argilloso-marrose. Clima ascrivibile a quello temperato. Uso del suolo prevalentemente a seminativo talvolta sostituito a prati-pascolo.	Area compresa tra 150 e 500 m, litologie: ghiale, sabbie ed argille fluvio-lacustri con rari livelli vulcanici rimangiati. Uso del suolo prevalentemente costituito da vegetazione erbacea ed arborea rada sia naturale che coltivata.
SUB-UNITÀ DI PAESAGGIO 5	SUB-UNITÀ DI PAESAGGIO 6
Area compresa tra 200 e 500 m, litotipo prevalentemente sabbioso-conglomeratico. Uso del suolo costituito da vegetazione erbacea e arborea rada naturale e coltivata, definite come zone agricole eterogenee.	Area compresa 150 e 450 m, litotipo affiorante prevalentemente detritico colluviale. Uso del suolo costituito da vegetazione arborea naturale.

Tabella 2 – Legenda della carta delle tipologie specifiche di paesaggio.

Risultati e Conclusioni

L'approccio metodologico basato su operazioni in automatico eseguite in ambiente GIS si è dimostrato utile ai fini della definizione di layers tematici di alcune componenti fisico ambientali del territorio esaminato. Le varie elaborazioni sono state finalizzate all'ottenimento in automatico di cartografie tematiche finalizzate alla individuazione di sub-unità e tipologie specifiche di paesaggio come strumenti particolarmente rilevanti nell'ambito della pianificazione territoriale. In particolare, l'approccio si è rivelato applicabile con successo proprio in quelle aree limitate per dimensioni e scala e costituite da contesti ambientali eterogenei caratterizzati da una mole elevata di variabili fisico-ambientali. L'uso del GIS ha facilitato la gestione dei dati spaziali georiferiti, ma consente anche aggiornamenti (*upgrading*) continui e integrazione dei dati con restituzione cartografica automatica e rapida dei livelli e dei dati aggiornati o modificati. Queste rappresentazioni cartografiche rappresentano quindi un utile strumento ai fini di specifici studi ecologici, come la Carta della Naturalità o della Biodiversità, ovvero di studi di Valutazione di Impatto Ambientale applicati alla definizione e caratterizzazione delle Unità di Paesaggio con valenza non solo naturalistica ma anche pianificatoria.

Bibliografia

- AMADIO V., AMADEI M., BAGNAIA R., DI BUCCI D., LAURETI L., LISA A., LUGERI F.R. & LUGERI N., (2002). "The Role of Geomorphology in Landscape Ecology: the landscape Unit Map of Italy, Scala 1:250 000 (Carta della Natura Project)". In: R.J. Allison (Ed.) "Applied Geomorphology: Theory and Practice". John Wiley and Sons. Ltd. London, 265 – 282.
- ASPINALL R. J., (1991). "GIS and Landscape Conservation". In: MacGuire, D. J., Goodchild, M. F. & Rhind, D. W., Geographical Information Systems. Londra: Longman Ed., vol. 1, 967-980.
- BRANCACCIO L., PESCATORE T., SGROSSO I., SCARPA R., (1984). "Geologia regionale". In: "Lineamenti di Geologia regionale e tecnica", Ricerche e Studi FORMEZ, Roma, 37, 5 – 47.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, *Corine Land Cover 2000. Mapping a decade of change*, 2004.
- SERVIZIO GELOGICO D'ITALIA (1970) "Carta Geologica d'Italia alla scala di 1:100 000. Foglio 173 Benevento". Serv. Geol. D'Italia, Roma.
- www.dista.agrsci.unibo.it/catgis. Unita Fisiche ambientali e Territoriali (UFAT), Università degli Studi di Bologna.

GAL ETRURIA E IL SISTEMA DELLA QUALITÀ TERRITORIALE: IL PORTALE TOSCANA4U

Giampaolo SORIA (*), Cristina GALLI (*), Andrea GRAGNOLI (*), Luigi TOTARO (**),
Sandra TOGNI (***), Antonio CISTERNINO (*****)

(*) GAL Etruria, via XXV aprile, 7, 57034 Campo nell'Elba (LI), Isola d'Elba, 0565 979114; gal@galetruria.it
(**) Università degli Studi di Firenze, Dip. Di Studi storici e geografici, Via San gallo 10, Firenze luigi.totaro@unifi.it
(***) Consulente G.I.S., Via delle comunicazioni 28, 06087 Perugia; sandratogni@virgilio.it
(*****) Dipartimento di Informatica Università di Pisa, Largo Bruno Pontecorvo 3 Pisa, cisterni@di.unipi.it

Riassunto

Il progetto *TOSCANAFORYOU* (www.toscana4u.net) è rivolto alla promozione delle risorse culturali e ambientali dei territori rurali dell'area LEADER nell'ambito dell'I.C. Leader +. Il progetto è stato sviluppato con l'impiego di tecnologie innovative per la valorizzazione di itinerari tematici, culturali e ambientali basato su contenuti georeferenziati, attraverso la predisposizione di ambienti interattivi immersivi del territorio contenenti la pubblicazione di informazioni multimediali e 3D. La nuova azione di sviluppo è finalizzata alla valorizzazione integrata delle risorse culturali ed ambientali con le produzioni agroalimentari di qualità e si propone la valorizzazione del capitale territoriale, nella misura in cui le produzioni locali rappresentano uno strumento di informazione e promozione del territorio che le origina. Il visitatore web potrà conoscere le aziende aderenti al progetto e le produzioni tipiche di qualità grazie ai contenuti di specifiche pagine informative, in una condizione di immersione nella realistica riproduzione del paesaggio e degli specifici contesti storico-culturali, per procedere poi all'acquisto elettronico del prodotto. Le produzioni locali entrano nel circuito degli itinerari tematici e culturali proposti al visitatore con l'aggiunta dei servizi di promozione delle attività commerciali.

Abstract

The aim of the project *TOSCANAFORYOU* (www.toscana4u.net) is to promote the cultural and environmental resources of the rural territories of the LEADER area of the I.C. Leader +. The project has been developed through the use of innovative technologies for the valorization of thematic, cultural and environmental itineraries, based on georeferential data, and interactive environments, set in the territory, containing multimedia and 3D information. The objective of the new development action is the integrated valorization of the cultural and environmental resources, with high standards of food and agriculture productions, and the enhancement of the territorial capital, insofar as the the local productions represent an information and promotional tool of their area of origin. Information regarding the firms included in the project and their products will be available on the web. The website will provide a realistic reproduction of the landscape and the specific socio-cultural contexts, as well as the opportunity to purchase online. The local productions belong to the circuit of the thematic and cultural itineraries offered on the web, along with promotional services for commercial activities.

S@pori e S@peri: le mappe del gusto e dell'artigianato

Il progetto "S@pori e S@peri: le mappe del Gusto e dell'Artigianato" e l'azione 1.3 per l'attivazione e il consolidamento di metodi innovativi di valorizzazione e commercializzazione dei prodotti del Leader + costituiscono gli interventi di valorizzazione delle produzioni locali del programma integrato di valorizzazione territoriale e di filiera corta che il Gal Etruria ha definito "ECN.sys".

Il programma ECN.sys fa capo al progetto di cooperazione transnazionale ECN - Europe Country Net ed in particolare al progetto di dettaglio dal titolo "Etrurian Country Net" (Soria et al., 2007).

Il Gal Etruria comprende i territori dell'Arcipelago Toscano, della Val di Cornia e delle Colline Pisane in Provincia di Livorno e Pisa. Tali ambiti sono caratterizzati dalla presenza di aree rurali con elevata qualità ambientale e ricchezza delle risorse storico-culturali che, insieme alle radicate tradizioni artigianali e alla qualità dei prodotti agroalimentari, offrono un'immagine identitaria e riconoscibile dello stretto rapporto fra la qualità del territorio e la qualità della vita che vi si svolge e costituiscono i punti di forza e le potenzialità che il programma ECN.sys ha l'obiettivo di valorizzare e promuovere.

I risultati degli interventi del programma ECN.sys sono confluiti nel portale *TOSCANA4YOU* (www.toscana4u.net) che rappresenta la piattaforma tecnologica e l'infrastruttura informativa per la promozione delle risorse storico-culturali, ambientali e delle produzioni di qualità dei territori del Gal Etruria. Il portale coniuga l'innovazione tecnologica con la ricerca storico-culturale e con le politiche e azioni di sviluppo della competitività dei sistemi territoriali del livello nazionale, regionale e locale. L'approccio visuale di tipo geografico dato al portale rafforza la lettura del territorio considerato come sistema integrato e le mappe di *Virtual Earth* (*Microsoft*) rappresentano il contesto di ogni azione di conoscenza e fruizione delle risorse territoriali.

Il progetto "S@pori e S@peri: le mappe del Gusto e dell'Artigianato" costituisce una implementazione di *TOSCANA4YOU* (www.toscana4u.net) per la promozione del territorio.

Il Gal Etruria ha colto l'opportunità di completare l'azione di promozione e di informazione sulle risorse locali, attraverso la realizzazione di un nuovo intervento di natura "pubblica" volto a fornire informazioni sulle attività produttive locali di qualità ed i relativi prodotti per proporre al visitatore un quadro esaustivo delle risorse offerte dal territorio in una visione integrata e complessa dove territorio e prodotti non possono che promuoversi vicendevolmente. Nel sistema di promozione integrato dell'area di riferimento anche le imprese sono chiamate a svolgere la loro funzione di "ambasciatrici" del territorio e sono state sostenute da due operazioni che il Gal Etruria ha messo in campo:

1. la creazione di una rete di imprese che producono prodotti di qualità (agricoli ed artigianali), che sono georeferenziate e collocate visivamente e sulle mappe virtuali di Toscana4u. Il Gal Etruria, tramite una specifica attività di progetto, realizza, per conto delle imprese invitate a partecipare al programma con apposito avviso pubblico, delle specifiche pagine informative coordinate con i contenuti promozionali di ECN.sys; le pagine si configurano come veri e propri punti espositivi virtuali che svolgono una funzione informativa e conoscitiva sui prodotti del territorio, in modo da diffondere la cultura locale legata agli stessi. Le pagine informative sono collegate ad una piattaforma per il commercio elettronico e l'utente potrà quindi, non solo conoscere i prodotti del territorio, ma anche acquistarli via web in tutta sicurezza. Altro obiettivo è quello di creare un sistema di filiera corta anche attraverso la realizzazione di interventi di "mercato locale di qualità" sostenuto dalla stessa Regione Toscana e dall'ARSIA - Agenzia regionale per lo sviluppo e l'innovazione nel settore agricolo forestale;
2. la promozione di un bando pubblico a valere sull'azione 1.3 grazie al quale le imprese, in particolar modo quelle che partecipano attivamente al sistema ECN.sys con la creazione delle pagine informative di cui sopra, possano trovare sostegno finanziario per la ristrutturazione dei locali per la vendita diretta in azienda, per l'acquisto di postazioni personal computer adatte e funzionali all'e-commerce, di arredi e dotazioni per la partecipazione al "mercato locale" ecc., al fine di affrontare adeguatamente le sfide e le opportunità offerte dalla "filiera corta".

Attraverso la realizzazione delle due azioni, grazie alla partecipazione dei soggetti pubblici e privati, il Gal Etruria si propone un duplice obiettivo:

- la valorizzazione a 360 gradi del capitale territoriale nella misura in cui le produzioni locali rappresentano uno strumento di informazione e promozione del territorio che le origina: un territorio rurale racconta di sé anche e soprattutto attraverso i suoi prodotti siano essi agroalimentari o artigianali;

- il potenziamento della "filiera corta" incrementando la vendita diretta - anche tramite il commercio elettronico -, così da consentire alle imprese di ottimizzare la loro attività aziendale e incrementare il loro reddito. La vendita diretta rappresenta un fenomeno in ascesa che nasce dalla necessità di combattere la moltiplicazione dei prezzi dal campo alla tavola e dalla volontà del consumatore di verificare personalmente qualità, genuinità, origine e tecnologie utilizzate per i prodotti che mette sulla propria tavola.

Il sistema ECN.sys si presenta quindi come un vero e proprio sistema di informazione territoriale: consente al visitatore di collegare visivamente i prodotti locali di qualità al luogo e alla loro storia d'origine attraverso la conoscenza diretta della sapienza produttiva dell'impresa locale, sia essa un'azienda agricola che produce e trasforma i suoi prodotti tipici, sia essa un laboratorio artigiano dove si coltiva l'arte millenaria della produzione di beni ed oggetti d'arte rurale. Le mappe del gusto e dell'artigianato del sistema ECN.sys rappresentano infatti un "mercato diffuso virtuale" dove ogni punto georeferenziato rappresenta il luogo geografico dove il produttore della specialità territoriale non è un semplice venditore ma diventa protagonista e testimonial del territorio presentandosi con la massima trasparenza ai consumatori e facendo conoscere direttamente le caratteristiche ed il lavoro necessario per realizzare specialità uniche ed inimitabili.

Il sistema ECN.sys si propone di sostenere quindi gli sforzi degli imprenditori che intendono intraprendere o potenziare la vendita diretta quale ottima opportunità per accorciare la filiera e consentire di recuperare redditività, conquistandosi la fiducia dei cittadini-consumatori e operando in completa trasparenza.

La Toscana ha investito sull'originale connubio tra competitività e territorio facendo leva su questo confronto per esaltare l'identità territoriale e il rapporto fra prodotto e territorio. L'obiettivo del progetto di valorizzazione delle produzioni locali aderisce pienamente alla politica di sviluppo rurale della Regione Toscana improntata sulla sostenibilità delle produzioni agroalimentari con un forte legame al territorio e alle sue peculiarità in termini di patrimonio socio-culturale, storico e ambientale. In particolare il progetto punta a sostenere la nascita di un mercato virtuale e reale "diffuso" all'interno del quale il consumatore possa "incontrare" direttamente il produttore nel suo contesto territoriale.

Le mappe virtuali di Toscana4u per la promozione delle produzioni agroalimentari

Nel caso delle mappe virtuali del portale Toscana4u, cliccando sui punti che identificano l'univoca georeferenziazione delle aziende produttrici aderenti al progetto, il visitatore web può "sostare" presso un'azienda o un laboratorio artigiano, conoscere attività e prodotti grazie ai contenuti di specifiche pagine informative, "assaporare" quindi le qualità nutrizionistiche ed organolettiche dei prodotti locali nonché apprezzare l'unicità dei prodotti della sapienza artigiana; immerso nella realistica riproduzione del paesaggio e degli specifici contesti storico-culturali, il visitatore potrà così "andare per aziende" e con un altro semplice click procedere all'acquisto elettronico del prodotto alimentare prescelto o del pezzo d'artigianato tradizionale.

Il portale Toscana4u infatti, mette a disposizione delle imprese che aderiscono all'intero sistema, una specifica e funzionale piattaforma informatica per il commercio elettronico, uno strumento moderno atto a riavvicinare il produttore al consumatore in un'ottica di filiera corta. Ma la distanza tra produttore e consumatore si accorcia anche grazie ad altri strumenti di sostegno alle imprese, diretti ed indiretti.

La navigazione nel portale internet di Toscana4u invita i potenziali fruitori alla conoscenza reale del territorio, così il turista che si trova a visitare fisicamente i luoghi realisticamente riprodotti nel portale può rintracciare le attività produttive disponibili alla vendita diretta, attraverso la consultazione di apposito materiale informativo (manifesti, *brochures*, locandine e cartellonistica esplicativa installata presso punti strategici della viabilità locale) mentre presso l'azienda di riferimento può trovare un accogliente punto vendita opportunamente attrezzato e allestito nello stile rurale e localmente condiviso del sistema ECN.sys.

Quindi se da un lato, con la partecipazione dei soggetti pubblici al sistema ECN.sys si allestiscono spazi di vendita virtuali delle imprese, analogamente a quanto farebbe un ente locale con la costruzione di un area mercatale, dall'altro le stesse imprese potranno provvedere alla ristrutturazione fisica del proprio punto vendita aziendale (compresi lavori edili, arredi e attrezzature necessarie al contatto con il consumatore) o all'acquisto degli arredi e dei materiali necessari alla partecipazione ai "mercati locali di qualità", ricevendo un sostegno finanziario di Leader + tramite la partecipazione ad un bando pubblico promosso dallo stesso Gal Etruria.

Il progetto "S@pori e s@peri: Le mappe del gusto e dell'Artigianato" prevede anche la creazione di "mercati locali" della qualità territoriale, dei veri e propri mercati sullo stile dell'esperienza del "Mercatale" di Montevarchi (AR).

Le imprese agricole e artigiane che possono aderire al progetto sono quelle che vantano produzioni di qualità territoriale riconosciute ai sensi della normativa europea, nazionale, regionale in tema di denominazioni di origine e di definizione di produzioni tipiche e di qualità.

In particolare per il settore agricolo, potranno aderire al sistema Toscana4u le imprese che producono prodotti a marchio DOC, DOCG, IGT, IGP, DOP, STG, Agriqualità, biologico, produzioni tradizionali (catalogo ARSIA-archivio ministeriale), biodinamiche o che aderiscano a programmi di valorizzazione promosse dagli Enti o da strutture associative come Presidi Slow Food, Strada dei Sapori, Strada del Vino.

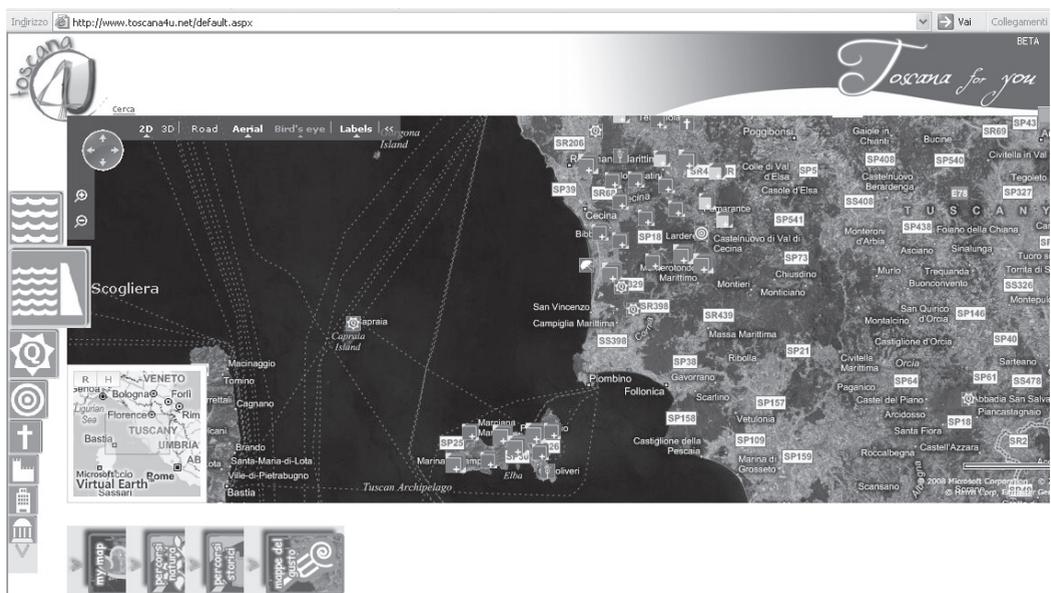


Figura 1 - Il portale www.toscana4u.net per la promozione delle risorse storico-culturali, ambientali e delle produzioni agroalimentari di qualità del territorio Gal Etruria

Il portale usufruisce di tutte le funzionalità di lettura della mappa rese disponibili da *Virtual Earth* come il sistema di ricerca delle località, la visualizzazione della rete stradale e la visione d'insieme. Le risorse sono identificate da simboli che ne rendono immediata la lettura sul territorio con vari livelli di zoom, dalla visione complessiva fino alla identificazione della singola risorsa o degli edifici utilizzati per la produzione e dei terreni dedicati alla coltivazione nel caso delle aziende. La navigazione procede con la scelta delle categorie di risorse o selezionando direttamente una risorsa sulla mappa. Inoltre alle voci "percorsi storici", "percorsi natura" e "le mappe del gusto" sono suggeriti dalla redazione del portale percorsi tematici che interessano le varie risorse e i vari territori

come la visita dei castelli, delle chiese romaniche, dei percorsi naturalistici e altri itinerari che vengono continuamente aggiornati e proposti. Ogni risorsa è descritta da una scheda di approfondimento e dalla rappresentazione fotografica, da video e, per alcune emergenze storiche, da ricostruzioni in formato 3D.

L'esigenza di una comunicazione attiva e partecipativa, ad alto livello di interazione con gli utenti del portale, ha suggerito l'attivazione del servizio "my map" che consente di salvare lo stato corrente della mappa come indirizzo web da aggiungere nei preferiti o da collegare ad un proprio sito; tramite questa funzione l'utente compone e memorizza delle mappe tematiche secondo i propri criteri di selezione. In particolare tale funzione è utilizzata dalle aziende e dai soggetti che aderiscono al progetto e che in forma autonoma localizzano la propria posizione sulla mappa, sono dotati degli strumenti di verifica e in ultimo inviano il risultato sotto forma di indirizzo web alla redazione del Gal Etruria che procederà all'inserimento in mappa del simbolo relativo e della scheda informativa. Per ogni azienda è pubblicata una scheda informativa divisa in tre sezioni: "chi siamo", "produzioni" e "non finisce qui..." corredata dalla galleria fotografica che dettaglia le caratteristiche e i servizi offerti. La scheda evidenzia il legame della produzione e dei servizi con il territorio circostante e con il contesto storico-culturale, che emerge e viene recepito come esperienza attraverso la lettura integrata della mappa e delle informazioni multimediali.

Figura 2 - Scheda informativa di una singola azienda nel portale www.toscana4u.net e acquisto on-line dei prodotti dalla sezione e-commerce del portale www.intoscana.it

Nella scheda sono attivabili le funzioni che completano il servizio reso all'utente: dalla consultazione dei marchi di qualità che connotano i prodotti e il territorio di riferimento, passando per l'esposizione delle etichette dei prodotti dell'azienda, per giungere all'acquisto on-line dei prodotti tramite la sezione e-commerce del portale Intoscana. La definizione di marchio ricomprende anche l'istituzione di ambiti di qualità riconosciuti e utilizzati per promuovere le qualità come presidi *Slow Food*, le Strade del Vino, i Mercatali, ecc. e contiene tutti i riferimenti per la consultazione dei disciplinari, dei soggetti referenti e dei territori di riferimento.

Marchi - DOC Elba

Titolo	DOC Elba
Tipo Marchio Qualità	VINI DOC
Tipologia prodotto	Vino
Soggetto Responsabile	Consorzio di Tutela dei Vini dell'Elba
Territorio di riferimento	0,0,0,0,142,39,1008609205,10,447998046875,0 Edit
Disciplinare	Disciplinare DOC Elba

Logo



English version

Marchi - DOC Bolgheri

Titolo	DOC Bolgheri
Tipo Marchio Qualità	VINI DOC
Tipologia prodotto	Vino
Soggetto Responsabile	Consorzio per la Tutela dei Vini Bolgheri DOC
Territorio di riferimento	Edit
Disciplinare	Disciplinare DOC Bolgheri

Logo



English version

Figura 3 - Pubblicazione della scheda del marchio di qualità Vini DOC Elba e Vini DOC Bolgheri nel portale www.toscana4u.net

L'architettura del sistema è modulare e si basa su un *framework* applicativo per la pubblicazione dei dati costituito da un *database* complesso che permette di indicizzare, catalogare e georeferenziare tutti i dati inseriti (testi, foto, video etc.) relativi ad una risorsa culturale, ambientale o a un'azienda.

L'interazione con il *database* viene mediata da un'interfaccia CMS (*Sharepoint*) in modo da ottenere i vantaggi di editing completamente online e *WYSIWYG*. Si aggiunge a questo la capacità di definire livelli e gruppi di utenti con funzioni e ruoli specifici, rendendo così gerarchicamente ripartibili le funzionalità e le responsabilità del Gal Etruria e dei soggetti responsabili dei vari progetti e delle informazioni tematiche.

L'infrastruttura informativa e il portale si candidano a diventare il punto di riferimento per l'accesso e la consultazione delle informazioni storico-culturali e delle produzioni di qualità per il territorio toscano, con l'arricchimento di nuovi contenuti informativi e multimediali e la fornitura di servizi per la fruizione virtuale e reale delle eccellenze locali. L'implementazione di nuovi progetti di valorizzazione e promozione del territorio usufruiscono della infrastruttura informativa e tecnologica di Toscana4u per l'integrazione e la competizione dei sistemi locali territoriali con le dimensioni sovraordinate e globali.

Riferimenti bibliografici

Soria G. et al. (2007), "ECN: il portale di promozione e valorizzazione del territorio rurale GAL Etruria", *Atti della 11^a Conferenza Nazionale ASITA*, Torino, 2049-2054.

Documenti di programmazione comunitaria, regionale e locale, strategia di azione dei progetti Leader + del Gal Etruria consultabili al sito www.galetruria.it

UTILIZZO DI LASER SCANNER AEREO E TERRESTRE PER L'ANALISI DI FENOMENI FRANOSI IN ROCCIA: L'EVENTO DELLA VAL FISCALINA DEL 12 OTTOBRE 2007

Cristina SQUARZONI (*), Antonio GALGARO (*), Giordano TEZA (*),
Nuccio BUCCERI (**), Claudio CARRARO (***)

(*) Università di Padova, Dipartimento di Geoscienze, via Giotto, 1, 35137 Padova, tel. 049-8271859,
fax 049-8271858, e-mail: [cristina.squarzoni, antonio.galgaro, giordano.teza]@unipd.it

(**) Land Technology & Services s.r.l., via L. Sartorio, 12, 31100 Treviso - tel./fax 0422-301131,
e-mail: nuccio.bucceri@ltsht.com

(***) Provincia Autonoma di Bolzano – Alto Adige, Ufficio geologia e prove materiali, via Val d'Ega 48
39053 Cardano (BZ), Tel. +39 0471 361510 Fax +39 0471 361512, e-mail: Claudio.Carraro@provincia.bz.it

Riassunto

Il 12 ottobre 2007 si è verificata in Val Fiscalina (Sesto Pusteria, Bolzano) una frana in roccia di notevoli dimensioni che ha coinvolto la porzione sommitale della parete settentrionale di Cima Una (Dolomiti di Sesto). Lo studio del fenomeno franoso, data la particolare inaccessibilità dell'area di distacco nonché la necessità di operare in condizioni di sicurezza, ha richiesto l'applicazione di tecniche di indagine a distanza con sistemi laser scanner terrestre ed aereo. L'utilizzo di sistemi laser scanner fornisce indicazioni sulla geometria e la cinematica del versante instabile, come pure sullo stato delle discontinuità che interessano l'ammasso roccioso. E' stata dunque eseguita una ripresa laser scanner terrestre (TLS) da un punto di vista favorevole posto ad una distanza di circa 200 m dalla superficie di distacco. Il confronto fra il rilievo TLS ed un rilievo laser scanner aereo (ALS) eseguito in epoca antecedente l'evento ha permesso la valutazione quantitativa dei volumi di roccia coinvolti nel crollo e la misura dell'apertura di alcune discontinuità critiche che interessano le pareti rocciose. Tali valori risultano in accordo con quelli misurati dagli estensimetri installati in situ a cura del Servizio Geologico della Provincia Autonoma di Bolzano.

Abstract

On October 12th, 2007 a large rock landslide occurred in Val Fiscalina (Sesto Pusteria, Bolzano Bozen), where the higher portion of the northern wall of Cima Una (Sesto Dolomites) was involved. Since the area is inaccessible, ground based and airborne based laser scanner techniques were used in order to observe the landslide phenomenon in safe conditions. The use of these remote sensing systems provided information on geometry and kinematics of the unstable slope, as well as on conditions of the discontinuities affecting the rock mass. A terrestrial laser scanner (TLS) observation was carried out from a suitable viewpoint placed at about 200-m distance from the main scarp. The comparison between the new TLS data and the aerial laser scanner (ALS) ones, which were obtained before the failure event, enabled the quantitative assessment of the involved volumes, as well as the measure of open joint aperture. The obtained values about joint aperture agree with the ones provided by extensometers installed in situ by the Geological Service of the Autonomous Province of Bolzano.

Introduzione

La comprensione di un fenomeno complesso quale l'instabilità di un versante in roccia riveste grande importanza, sia per le difficoltà legate ad una corretta previsione del suo comportamento, sia per l'elevata pericolosità associata a tale tipologia di fenomeno, correlata alla generale rapidità dei

processi di collasso. Tali caratteristiche, unitamente ai volumi coinvolti, spesso considerevoli, determinano generalmente un elevato potere distruttivo.

Il fenomeno franoso in esame, avvenuto il 12 ottobre 2007 alle 8.40 del mattino, ha generato il distacco di un prisma roccioso appartenente alla porzione sommitale di Cima Una (cima a quota 2.698 m s.l.m.), in Val Fiscalina (Sesto Pusteria, Provincia Autonoma di Bolzano) (Fig. 1). Durante la caduta, il materiale roccioso calcareo e dolomitico costituente il corpo di frana ha subito processi di frantumazione e polverizzazione, che hanno provocato la generazione di una densa nube di polvere che ha invaso sia il versante opposto sia buona parte della Val Fiscalina, depositandosi successivamente al suolo (Carraro et al., 2008). Il fenomeno di frantumazione non ha consentito la formazione di un accumulo detritico vero e proprio ai piedi della parete interessata dal crollo.

La conformazione morfologica del versante coinvolto dal fenomeno di crollo, che rende la zona di distacco raggiungibile solo in elicottero o da alpinisti esperti, comporta la necessità di effettuare indagini a distanza per la caratterizzazione della zona di distacco. Allo scopo è stato scelto di far uso di un sistema laser scanner terrestre, tecnica che permette una caratterizzazione geometrica di elevato dettaglio del versante osservato. Inoltre, la disponibilità di dati precedentemente acquisiti mediante laser scanner aereo ha consentito, per confronto tra le due riprese, la quantificazione volumetrica della massa distaccata.

Il laser scanner aereo e terrestre

Un rilievo laser scanner permette la caratterizzazione geometrica della superficie esterna dell'osservato con precisione e risoluzione elevate. In particolare, un laser scanner terrestre (TLS) permette di osservare una superficie alla distanza di 50 m con precisione dell'ordine dei 5-6 mm e risoluzione spaziale di 10-20 mm, variabili in base allo specifico strumento utilizzato (Lichti e Jamts, 2006); precisione e risoluzione peggiorano linearmente con la distanza. I dati ottenuti mediante osservazione con TLS permettono la generazione di un modello digitale dettagliato 3D della superficie osservata. Qualora siano disponibili modelli multitemporali georeferenziati, è possibile studiare variazioni morfologiche prodotte da un fenomeno di instabilità di versante (Hunter et al., 2003), calcolarne il campo di spostamenti (Montserrat e Crosetto, 2007; Teza et al., 2007) o anche il campo delle deformazioni (Teza et al., 2008). Attualmente, il ricorso al TLS può ormai considerarsi un approccio standard allo studio della morfologia e della cinematica di un versante. Il TLS è ora utilizzato anche nell'analisi geomeccanica di ammassi rocciosi di difficile accesso; tale analisi, di rilevante importanza per la valutazione delle condizioni di stabilità di un versante in roccia, permette di ottenere le caratteristiche spaziali delle famiglie di superfici di discontinuità, grazie a procedure automatizzate (Slob et al., 2005).

Se il TLS può considerarsi uno sviluppo della fotogrammetria terrestre, il laser scanner aereo (ALS o LiDAR) può considerarsi uno sviluppo dell'aerofotogrammetria. Considerando una quota, rispetto all'area da osservare, di 800 m, con un singolo passaggio un tipico ALS può acquisire dati su una fascia della larghezza di 600 m, con un passo di campionamento, e conseguente risoluzione spaziale, di 15-20 cm e una precisione di circa 10 cm (Baltsavias, 1999). Il passo di campionamento sarà proporzionalmente modificato in funzione della quota di volo e delle condizioni morfologiche della superficie rilevata. In caso di presenza di vegetazione, le tecniche di acquisizione permettono di rilevare e modellare il suolo, eliminando l'effetto della copertura. Con i dati ottenuti mediante un'osservazione con ALS è possibile generare un modello digitale di terreno (DTM) 2.5D (Aguilar et al., 2005).

L'uso integrato dei dati ottenuti mediante l'impiego di sistemi laser scanner terrestri ed aerei consente di ottenere una copertura completa sia di aree a pendenza relativamente poco elevata, sia di versanti molto acclivi o verticali. Al fine di fornire dati realmente fruibili per lo studio di un versante instabile, TLS e ALS richiedono una rete di appoggio topografico da predisporre, ad esempio, mediante stazioni GPS, allo scopo di consentire l'unione delle diverse scansioni e la georeferenziazione dei rilievi.



Figura 1 - Sinistra: localizzazione del sito di studio e foto della strumentazione utilizzata per il rilievo TLS. Destra: Nicchia di distacco su Cima Una vista dal punto di ripresa TLS.

Rilievo mediante laser scanner terrestre (TLS) delle pareti rocciose di Cima Una

Il rilievo TLS della parete rocciosa di Cima Una, eseguito in data 7 novembre 2007, è stato effettuato utilizzando come punto di ripresa la sommità della Cima Est delle Crode Fiscaline (quota 2.681 m s.l.m.), localizzata all'incirca alla stessa quota di Cima Una e ad una distanza di circa 215 m dalla superficie di distacco. Tale punto di osservazione, raggiunto in elicottero, è risultato quindi particolarmente favorevole, consentendo una visione generale della zona di distacco e delle porzioni di ammasso roccioso adiacenti. Lo scopo del rilievo TLS è stato quello di ottenere informazioni precise e dettagliate sulla attuale topografia dell'area di origine del fenomeno di frana, sia per quanto riguarda la geometria delle superfici di distacco che per quanto concerne la presenza di discontinuità importanti dell'ammasso roccioso, che potrebbero essere all'origine di ulteriori fenomeni di crollo.

Lo strumento utilizzato è il laser scanner Riegl LMS Z-420i (Riegl, 2008; POB, 2008), caratterizzato da una portata strumentale di poco inferiore al chilometro. Nel caso specifico, la nuvola di punti è stata acquisita considerando un passo di campionamento di 10 centimetri sulla superficie della parete rocciosa.

I dati TLS sono stati georeferenziati utilizzando due ricevitori GPS geodetici, uno dei quali solidale con lo strumento TLS, il secondo associato ad un target artificiale facilmente individuabile e modellabile nella nuvola di punti, hanno fornito dati successivamente processati con tecnica differenziale, allo scopo di definire i parametri di orientazione del rilievo. Il successivo aggancio ai dati registrati da vicine stazioni GPS permanenti ha consentito la georeferenziazione del rilievo in coordinate gaussiane.

Valutazione dei volumi mancanti e della morfologia della nicchia di distacco

La Provincia Autonoma di Bolzano si è dotata, nel corso degli anni 2004-2005, di un rilievo ALS dell'intero territorio di competenza (Provincia Autonoma di Bolzano, 2008). La disponibilità di tali dati ha permesso il confronto tra il modello tra i dati del rilievo ALS, caratterizzato da una morfologia del versante pre-frana, e quelli TLS rilevati successivamente al crollo e descritti nel

precedente paragrafo. Previa verifica della coerenza delle georeferenziazioni, le nuvole di punti ottenute con TLS e ALS sono state poi associate nello stesso sistema di riferimento utilizzando algoritmi di *surface matching* iterativo.

Le due nuvole di punti aerea e terrestre, acquisite con modalità e finalità differenti, oltre che con precisioni che differiscono di un ordine di grandezza, sono caratterizzate da densità di campionamento notevolmente differente: la prima, a copertura provinciale, ha una densità di circa un punto ogni 30-50 cm, a fronte di un punto ogni 10 cm nel caso della nuvola di punti TLS (v. Fig. 2). Ciononostante, la morfologia del versante pre-crollo è stata ricostruita con buona precisione, consentendo il confronto tra le due superfici. Tale confronto ha permesso il calcolo del volume mancante, corrispondente alla massa distaccatasi, valutata in circa 40.000 m³.

L'esame della nuvola di punti TLS ha permesso di evidenziare che la superficie di distacco si estende verticalmente da quota 2.690 a quota 2.615 m s.l.m. Essa è costituita da due piani principali, sub-verticali, che isolano il cuneo franato, aventi tra loro un angolo di circa 68°. Le loro direzioni di immersione, valutate dall'analisi dei dati TLS, sono rispettivamente 256° e 324°.



Figura 2 - Confronto tra le nuvole di punti da rilievo aereo (in nero) pre-evento, e terrestre (in rosso) post evento. Sinistra: sezione verticale della vista di Cima Una, con piano normale alla direzione Nord. Destra: sezione orizzontale delle nuvole di punti, in corrispondenza di quota 2.650 m (spessore della sezione, usato per la rappresentazione: 10 m).

Rilievo mediante TLS delle pareti rocciose di Cima di Mezzo delle Crode Fiscaline

Il punto di ripresa TLS utilizzato per l'acquisizione di Cima Una ha costituito il punto di presa anche per la Cima di Mezzo delle Crode Fiscaline, situata in direzione opposta rispetto a Cima Una ed alla distanza dallo strumento di circa 270 m. Tale cima è caratterizzata dalla presenza di una frattura verticale aperta, che isola apparentemente uno sperone roccioso di dimensioni notevoli. In corrispondenza di tale frattura, i tecnici della Provincia Autonoma di Bolzano hanno provveduto, nel novembre 2007, all'installazione di un estensimetro a filo. Le letture strumentali riportano un valore di apertura di 1.52 m. Il punto di misura in situ, individuato sul rilievo TLS, ha consentito di effettuare una misura della larghezza della fessura nella stessa posizione, dando risultati confrontabili: 1.54 m (v. vettore 2 in Fig. 3), con il vantaggio di consentire di effettuare misure lungo tutta la discontinuità.

Analizzando la nuvola di punti ed osservando le fotografie della Cima di Mezzo, è stato possibile individuare la forma della fessura (v. Fig. 3) ed ipotizzare la posizione della sua presunta chiusura di base, corrispondente a 2.585 m s.l.m. Ciò ha consentito di valutare il volume di roccia potenzialmente instabile, stimato in circa 45.000 m³. Dalla nuvola di punti, è stato possibile inoltre desumere le giaciture del piano che delimita la fessura verticale descritta, la cui direzione di immersione varia tra 115° e 145°.

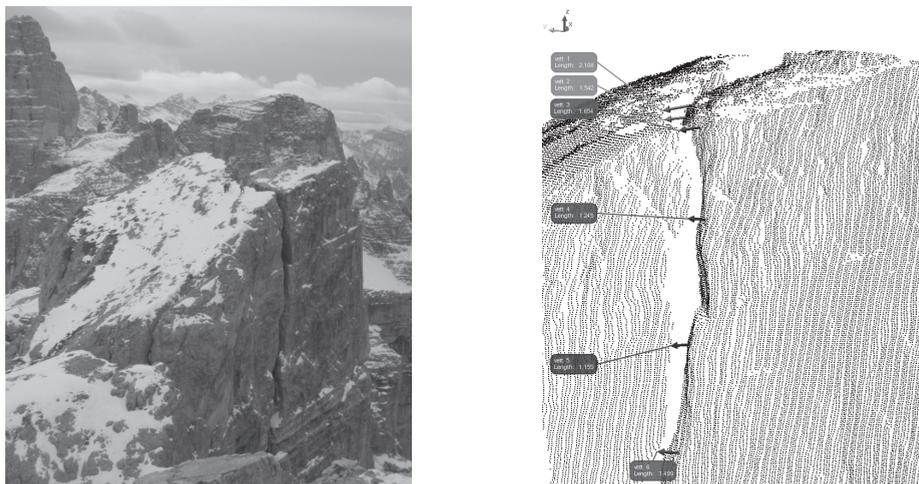


Figura 3 - Cima di Mezzo. Sinistra: vista da Cima Est. Destra: nuvola di punti dal rilievo TLS; vengono riportate alcune misure corrispondenti alla apertura della frattura principale.

Considerazioni conclusive

L'analisi di un fenomeno di instabilità di versante in roccia ha come obiettivo finale la valutazione della sua possibile evoluzione e del relativo grado di pericolosità. A tale scopo, il laser scanner terrestre ha dimostrato essere uno strumento adatto a fornire dati di elevato dettaglio e precisione, ottenuti in modo sicuro e senza la necessità di contatto con la superficie osservata. L'uso del TLS risulta comunque dipendere dalla necessità di disporre di uno o più opportuni punti di vista localizzati a breve distanza, da cui osservare la superficie in oggetto da direzioni differenti, allo scopo di coprire eventuali zone d'ombra e ricostruire l'intera geometria del versante. Nel caso specifico, la conformazione morfologica del versante interessato dal fenomeno in studio e dei versanti adiacenti e la particolare condizione climatica del periodo di osservazione non hanno consentito di effettuare riprese da ulteriori punti di vista; d'altra parte, la ripetizione delle misure TLS, da attuarsi con opportuni intervalli, consente di rilevare modificazioni morfologiche verificatesi nel versante, come eventuali allargamenti delle fratture, che possono costituire importanti segnali precursori di nuovi fenomeni di crollo.

Alcune delle valutazioni qualitative e quantitative qui presentate si basano sul confronto tra dati TLS e un DTM dettagliato che presenta la situazione morfologica prima dell'evento del 12 ottobre 2007. Ciò è stato possibile poiché la Provincia Autonoma di Bolzano dispone di un DTM di buon dettaglio di tutto il suo territorio, ottenuto mediante rilievi ALS. Si sottolinea, quindi, l'importanza che gli Enti preposti dedichino adeguata attenzione alla gestione del territorio: è consigliabile procedere ad un sistematico rilievo con ALS delle zone di montagna o collinari onde acquisire dati che, in caso di necessità, potrebbero essere proficuamente utilizzati nella valutazione delle caratteristiche di fenomeni di instabilità di versante e del rischio da essi indotto, come pure nella gestione dell'emergenza.

Riguardo alle prospettive future legate allo studio del fenomeno di instabilità di Cima Una del 12 ottobre 2007, è in corso, in collaborazione con ricercatori dell'Università di Ferrara, uno studio di dettaglio del fenomeno di instabilità in roccia, che prevede analisi sul terreno e in laboratorio, lo studio dei filmati dell'evento, la simulazione dell'evento mediante codici numerici di calcolo agli elementi distinti e la verifica delle attuali condizioni di stabilità, ipotizzando gli scenari possibili legati ad ulteriori eventi di instabilità in roccia. Analogamente, si procederà alla verifica delle condizioni di stabilità della Cima di Mezzo.

Bibliografia

- Aguilar F.J., Agüera F., Aguilar M.A., Carvajal F. (2005), "Effects of Terrain Morphology, Sampling Density, and Interpolation Methods on Grid DEM Accuracy", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71 (7): 805-816.
- Baltsavias E.P. (1999), "Airborne laser scanning: basic relations and formulas", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54 (2-3): 199-214.
- Carraro C., Keim, L., Noessing L., Strada C. (2008), "Frane da crollo in area dolomitica", *Ambiente e Territorio*, 2008 (2): 52-59.
- Hunter G., Pinkerton H., Airey R., Calvari S. (2003), "The application of a long-range laser scanner for monitoring volcanic activity on Mount Etna", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 123: 203-210.
- Lichti D.D., Jamtsho S. (2006), "Angular resolution of terrestrial laser scanners", *The Photogrammetric Record*, 21:141-160.
- Montserrat O., Crosetto M. (2007), "Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3D surface matching", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 63 (1): 142-154.
- POB (2008), "Laser scanner hardware survey 2008". Disponibile online all'indirizzo: <http://laser.jadaproductions.net/hardware/detail2.php?v=all> (ultimo accesso: 29.08.2008).
- Provincia Autonoma di Bolzano (2008), "Modello Digitale di Terreno". Disponibile online all'indirizzo: <http://www.provincia.bz.it/urbanistica/cartografia/modello-digitale.asp> (ultimo accesso: 01.09.2008).
- Slob S., van Knapen B., Hack R, Turner K., Kemeny J. (2005), "A method for automated discontinuity analysis of rock slopes with 3D laser scanning". *Transportation Research Record*, 1913 (1): 187-208.
- Riegl (2008), "Laser scanner Riegl LMS-Z420i technical data". Disponibile online all'indirizzo: http://www.riegl.com/terrestrial_scanners/lms-z420i_/420i_all.htm (ultimo accesso: 29.08.2008).
- Teza G., Galgaro A., Zaltron N., Genevois, R. (2007), "Terrestrial laser scanner to detect landslide displacement fields: a new approach", *International Journal of Remote Sensing*, 28 (16): 3425-3446.
- Teza G., Pesci, A., Genevois R., Galgaro A. (2008), "Characterization of landslide ground surface kinematics from terrestrial laser scanning and strain field computation", *Geomorphology*, 97(3-4): 424-437.

IL SISTEMA LYNX: DESCRIZIONE, ELABORAZIONE DATI ED ESTRAZIONE FEATURES

Paolo STERZAI (*), Nicola CREATI (*), Franco COREN (*),
Marco GAROZZO (**)

(*) Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Borgo Grotta Gigante 42/c, 34010 Sgonico (TS)
(**) Sineco s.p.a., Via Isonzo 14/1, 20135 Milano

Riassunto

Nella famiglia dei laser a scansione terrestre è stato recentemente introdotto il sistema *Lynx*, sviluppato dalla *OPTECH*, nato per operare su di un autoveicolo ed effettuare misure continue lungo strade. Il sistema è costituito da due *laser* rotanti inclinati rispetto all'asse del veicolo di 45 gradi. I dati sono acquisiti ad una frequenza di 100 kHz permettendo di avere delle densità mai raggiunte in un sistema mobile, fino a 200-250 al metro quadrato. Al sistema è affiancato un sistema inerziale *Applanix POS* e due antenne *GPS*. L'elaborazione dei dati è fatta in *post-processing* utilizzando *software* commerciali dell'*OPTECH* e della *Applanix*. A partire dai dati *Lynx* è stato sviluppato un procedimento che permette di estrarre le strisce della segnaletica orizzontale delle strade. Questo algoritmo iterativo sfrutta il metodo *RANSAC* per la vettorializzazione delle linee lungo tratti stradali.

Abstract

Lynx is a new terrestrial laser scanning system, builded by *OPTECH*, and it is used to record data along roads. The system is composed by two rotating lasers assembled over a vehicle and characterized by 45 degree of inclination to the vehicle axis. Data are recorded with a frequency of 100 kHz and are characterized by high desnity, up to 200-250 points for square meters. *Lynx* is coupled with an inertial *Appalinx POS* system and two *GPS* receivers. Recorded data are elaborated in post-processing using commercial software developed by *OPTECH* and *Applanix*. In this work it has been developed an iterative algorithm that lets to extract and vectorized the white horizontal lines that lies on roads. This method is mainly based on the *RANSAC* algorithm.

Introduzione

Il sistema *Lynx-Optech* è derivato direttamente da *lidar* aerei ed è adattato sia prestazionalmente sia in *design* ad esigenze di rilievi terrestri mobili (Figura 1). Le caratteristiche tecniche e di *design* sono state progettate dall'Istituto Nazionale e di Geofisica Sperimentale (OGS) di Trieste, in qualità di consulenza per la società Sineco s.p.a. Per eliminare le zone d'ombra in un rilievo *lidar* terrestre mobile, si è scelto di implementare due *lidar* posti nella parte posteriore di un veicolo terrestre con un'inclinazione rispetto all'asse del veicolo di 45 gradi. In questo modo la copertura del dato *lidar* risulta essere completa, eliminando le zone d'ombra che si riscontrano tipicamente su pali e altre strutture di occlusione. I due *lidar* sono di tipo rotante, il che è probabilmente la novità più importante nel panorama dei *lidar* mondiali. Questo è stato l'aspetto più problematico di progettazione, visto che i *lidar* aerei sono prevalentemente a specchio oscillante. Le due caratteristiche sviluppate permettono di avere una qualità di dati mai raggiunta prima da un *lidar* terrestre. I due sistemi *laser* acquisiscono ad una frequenza di 100 kHz permettendo di avere delle densità mai raggiunte in un sistema mobile. A velocità di acquisizione di 70 km/h si ottengono densità di circa 200-250 punti al metro quadrato.



Figura 1: Sistema Lynx montato su un camioncino.

Tecnicamente i *lidar* sono connessi ad un *rack* e interfacciati a due antenne *GPS* e ad un sistema di navigazione *GPS-IMU* (unità inerziale) *Applanix POS*. Il sistema fa uso di due antenne *GPS* (e non una) in modo da poter stimare con migliore precisione l'*heading* del sistema, principalmente in fase di inizializzazione del sistema.

Elaborazione dati e calibrazione

L'elaborazione dei dati è svolta prevalentemente in *post-processing*. La traiettoria del veicolo è calcolata utilizzando il *software PosLV* dell'*Applanix* che implementa algoritmi di correzione adatti ad un sistema terrestre. E' possibile interpolare la traiettoria tenendo presente le misure di un odometro installato a bordo in zone in cui il segnale *GPS* è occluso da edifici. L'estrazione del dato viene fatto con *DashMap*, *software Optech* aereo adattato al *Lynx*.

In definitiva il *Lynx* può essere considerato come uno strumento complementare rispetto a quello aereo, dato che rileva preferibilmente i piani verticali (il piano orizzontale principale è l'asse della strada), mentre quello aereo rileva prevalentemente quelli orizzontali.

L'OGS ha svolto alcuni *test* avvalendosi di *software* commerciali per effettuare una calibrazione geometrica del sistema *Lynx*. Questa è una correzione sistematica in *roll*, *pitch* e *heading* dovuta all'installazione della strumentazione. E' stato utilizzato principalmente il *software TerraMatch* della *Terrasolid*, molto usato nell'ambito delle prospezioni *lidar* aeree. I *test* però non hanno dato esito positivo viste le diverse caratteristiche geometriche tra *lidar* aereo e *Lynx*. Come zona di calibrazione si è scelto un piazzale, dove si è fatta un'acquisizione in senso incrociato con passate multiple, confrontando i dati con delle sezioni. Successivamente sono stati corretti i dati manualmente, fino a raggiungimento un buon *matching* tra i dati.

Estrazione di *features*

Nei rilievi *Lynx* si possono osservare diversi oggetti (Figura 2) come: i pali, i cartelli, la superficie stradale, i *guard rail*, le colonnine *SOS* lungo le autostrade, la segnaletica orizzontale a terra e la vegetazione. I dati *Lynx* permettono la valutazione lungo tratti stradali molto lunghi della qualità del manto stradale, la distribuzione della segnaletica (orizzontale e verticale) e l'individuazione di anomalie.

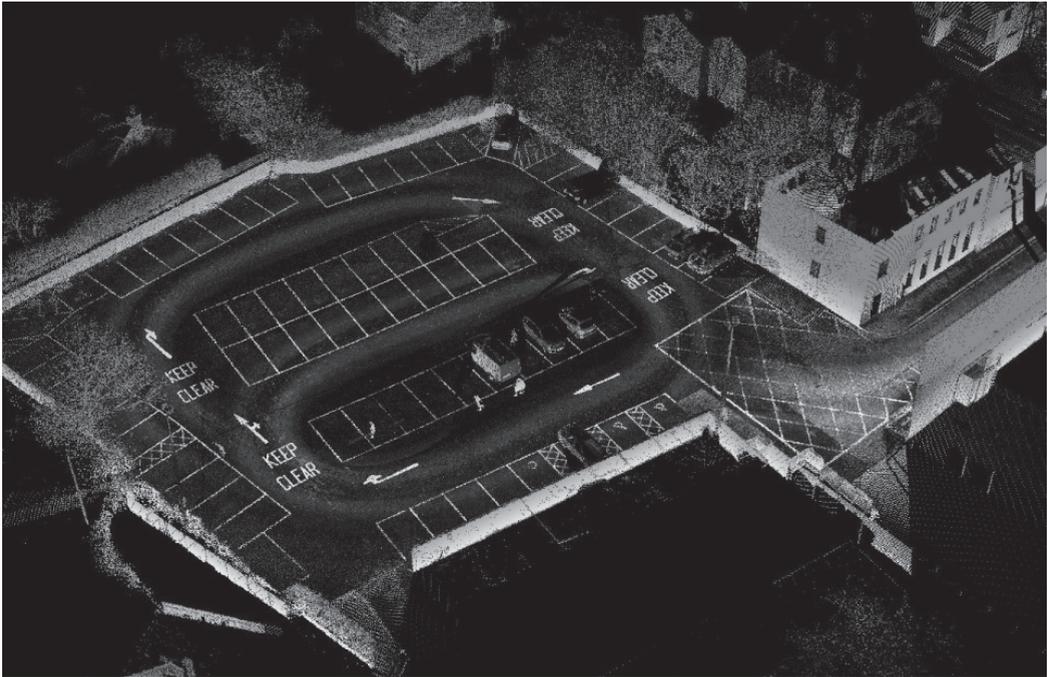


Figura 2: Esempio di nuvola di punti registrata dal sistema Lynx.

L'enorme volume dei dati *Lynx* e la complessità geometrica degli elementi rappresentati dai punti rendono un processo automatico di riconoscimento e ricostruzione geometrica un'operazione molto laboriosa e spesso limitata dal tempo a disposizione, dalla potenza di calcolo degli elaboratori elettronici impiegati e dai vincoli dei metodi geometrici e matematici noti. Generalmente l'approccio più usato è quello di ridurre il più possibile il numero di variabili in gioco senza deteriorare la qualità dell'informazione messa a disposizione dal dato. Questo processo di semplificazione permette di isolare gli elementi di interesse ed applicare algoritmi di riconoscimento e ricostruzione efficaci e veloci.

Tra gli elementi riconoscibili dai dati di un rilievo stradale *Lynx* i più semplici ed evidenti sono certamente le strisce bianche a terra che delimitano le carreggiate lungo le strade e sono parte della segnaletica stradale orizzontale. Le strisce sono oggetti bidimensionali di geometria piuttosto semplice che possono essere facilmente riconosciute e vettorializzate con tecniche di estrazione ben note nella letteratura scientifica. Pertanto, è stato sviluppato un semplice algoritmo in grado di individuare e vettorializzare le strisce bianche su di una strada a partire da dati *Lynx*.

Il processo di riconoscimento e ricostruzione avviene mediante delle fasi successive. Inizialmente i dati sono filtrati per individuare i possibili punti *ground* utilizzando l'algoritmo di Axelsson (Axelsson, 2000) già ampiamente diffuso nell'elaborazione di dati *lidar* aerei. Nel caso del *Lynx* l'algoritmo utilizza dei parametri molto diversi ed è stato leggermente modificato per migliorare l'eliminazione delle superfici verticali. Nel *Lynx* le superfici verticali mostrano una elevata densità di punti mentre nel *lidar* aereo esse sono generalmente poco rappresentate e definite pertanto da salti verticali ben individuabili. All'interno della famiglia classificata come *ground* sono successivamente isolati tutti i punti che hanno un valore di intensità superiore ad una certa soglia.

L'intensità dipende dalla riflettanza degli oggetti a terra ed è definita come il rapporto tra l'energia dell'impulso riflesso e quello emesso. La riflettanza è una caratteristica dei materiali. Le strisce

bianche della segnaletica orizzontale hanno una riflettanza elevata e questo facilita il riconoscimento in automatico dei punti riflessi da questi elementi. Il valore di soglia, pari a 600 digital number, è stato scelto dopo una serie di prove poiché i punti così individuati generano un'ottima rappresentazione geometrica delle strisce bianche (Figura 3).

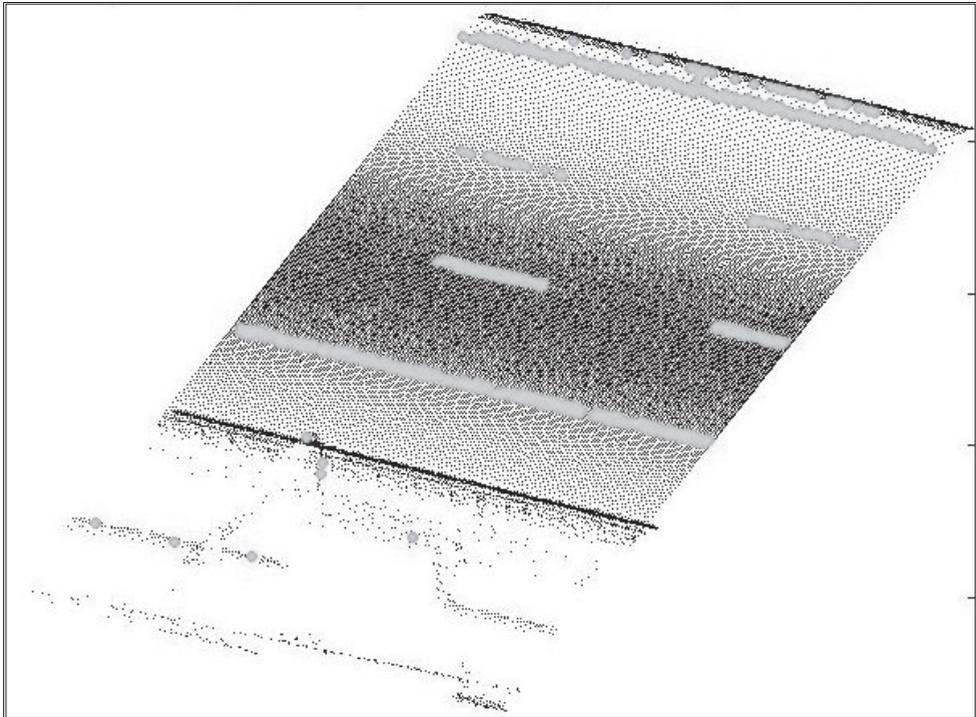


Figura 3: Dati Lynx in cui sono evidenziati in verde i punti classificati come strisce orizzontali della segnaletica stradale.

Con questo procedimento il volume di dati è notevolmente ridotto e l'estrazione delle linee si riduce ad un classico problema di *feature extraction*. Poiché le strisce sono degli elementi generalmente lineari la loro estrazione a partire dai punti classificati come strisce avviene mediante metodi di linearizzazione già noti. Mediante un processo iterativo gli elementi sono vettorializzati applicando il metodo di *RANSAC* (*RANdom SAMple Consensus*) (Fischler, Boller, 1981). Questo metodo permette di stimare i parametri di un modello matematico a partire da osservazioni che contengono valori che si discostano molto dal resto dei dati (*outliers*). Nel caso delle strisce le osservazioni sono i punti *laser* che definiscono le strisce. Il problema si riduce ad un semplice *fit* bilineare dato che la quota dei punti è assimilabile a quella del piano della strada. Il metodo *RANSAC* permette di trovare gli allineamenti di punti anche se la geometria effettiva delle linee risulta disturbata da errori nella classificazione, da del rumore nelle misure *laser* o da una ridotta densità di punti. Un semplice *fit* ai minimi quadrati darebbe troppo peso ai punti che si discostano dal *trend* lineare ed il risultato non sarebbe soddisfacente.

Come parametri del modello di estrazione si considerano lo spessore delle strisce (variabile a seconda della tipologia di strada), la distanza minima tra le strisce trasversalmente alla strada ed il minimo numero di punti a partire dal quale può essere individuata una linea mediante il metodo

RANSAC. Inoltre per evitare gli effetti di *cluster* di punti mal classificati nelle operazioni preliminari gli angoli tra i segmenti di linee riconosciuti e la direzione di movimento del veicolo vengono calcolati e le linee con valori oltre una certa soglia sono eliminate. Al fine di ottimizzare l'algoritmo di estrazione e permetterne l'uso su tratti stradali che deviano leggermente dalla rettilinearità il processo di estrazione è effettuato su finestre mobili di dimensioni ridotte che si muovono parallelamente alla direzione di moto del veicolo che ha acquisito i dati, la traiettoria. I risultati (Figura 4) sono rappresentati sotto forma di polilinee in un *dxf* che può essere facilmente visualizzato e modificato con qualsiasi programma *CAD*.

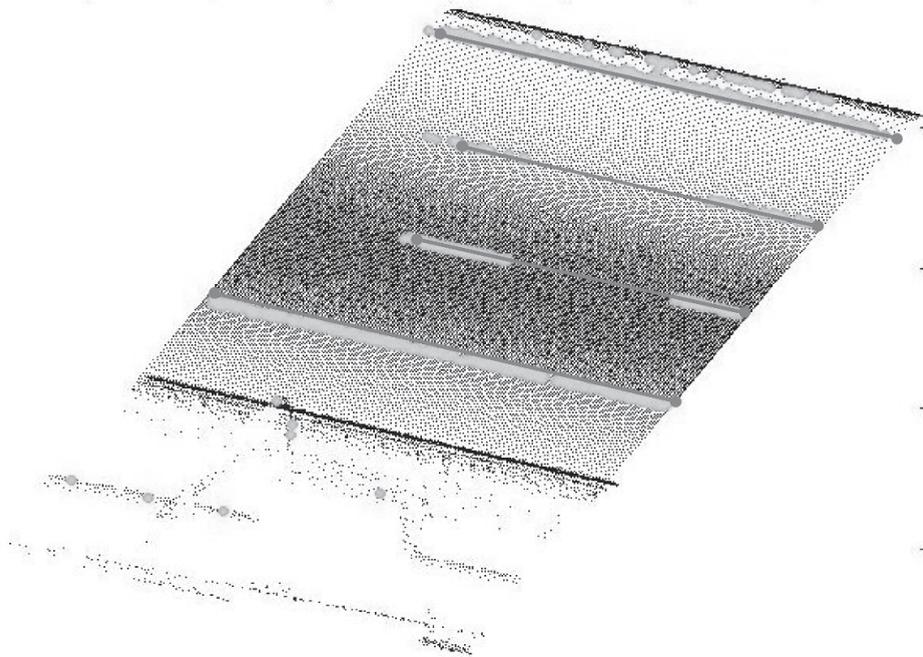


Figura 4: Esempio di riconoscimento e vettorializzazione a partire da dati *Lynx* di linee stradali utilizzando l'algoritmo sviluppato.

Conclusioni

Il sistema a scansione *Lynx* permette di registrare nuvole di punti molto dense lungo strade permettendo di avere una rappresentazione tridimensionale dello spazio estremamente dettagliata. Benché i metodi di calibrazione siano ancora imperfetti e poco automatici i dati *Lynx* possono essere utilizzati per l'estrazione di semplici *features* come le linee stradali della segnaletica orizzontale. Come esempio di applicazione è stato sviluppato un algoritmo che permette di individuare e vettorializzare le strisce orizzontali utilizzando metodi e algoritmi già usati nell'elaborazione del *laser* da aereo e tipici del *features extraction*. Il metodo permette di riconoscere a partire da dati *Lynx* l'andamento delle strisce su tratti stradali molto lunghi con buoni risultati. I limiti della metodologia descritta derivano dalla bontà degli algoritmi di individuazione del *ground* e quindi dall'eliminazione dei punti che definiscono gli elementi verticali ben rappresentati nelle nuvole di punti registrate dal *Lynx*.

Riferimenti bibliografici

Axelsson P. (2000), "DEM Generation from Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXIII (B4), Amsterdam. Netherlands.

Fischler M.A., Bolles R.C. (1981), "Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography", *Comm. of the ACM*, 24, 381-395.

ANALISI GEOSTATISTICHE PER LA DETERMINAZIONE DEGLI ASPETTI CLIMATICI DEL PARCO DEI NEBRODI

Natale SURANO, Francesco M. RAIMONDO, Pasquale MARINO

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze Botaniche
Via Archirafi 38, 90123 Palermo

Riassunto

Lo studio ha avuto come scopo la spazializzazione dei dati climatici del territorio del Parco dei Nebrodi (Sicilia nord-orientale) e, soprattutto, la realizzazione delle relative carte della temperatura, della pluviometria e dell'evapotraspirazione potenziale annua. A tal fine sono stati utilizzati i dati provenienti da tutte le stazioni di rilevamento climatico disponibili sul comprensorio successivamente integrati con quelli relativi agli aspetti geomorfologici del territorio (altitudine, esposizione e pendenza). Il risultato ha consentito di stabilire l'andamento climatico sia per zone sia prive di stazioni di rilevamento sia per zone caratterizzate da diverse condizioni geomorfologiche.

Abstract

Spatialise climatic data collected in weather-stations close to the Nebrodi Park's territory (north-eastern Sicily) and create maps of temperature, rainfalls and yearly potential evapotranspiration has been the purpose of this study.

Data of mean monthly temperature (minimum and maximum) and rainfalls were spatialized by a local linear univariate regressive method based on elevation as independent variable like and independent variable as geomorphological aspects of the territory (altitude, exposure and slope). Results established the climate trends for both areas without detection stations and for those with different geomorphology and altitude..

Carta delle temperature medie, minime e massime annue.

La carenza di stazioni dotate di termografo (ne sono dotate solo i comuni di Floresta, S. Fratello e Cesarò) ha reso necessario l'uso di dati relativi ad altre stazioni che, sebbene distanti dal territorio oggetto dello studio (Tindari, Linguaglossa, Gagliano Castelferrato e Troina), si sono rivelate utile strumento di confronto ed integrazione per sia per la quota che per l'esposizione. Le carte tematiche statiche delle temperature sono state ottenute attraverso l'interpolazione delle serie di dati di queste stazioni; successivamente l'andamento delle isoterme è stato verificato con i dati termometrici desunti dalla rete di stazioni in telemisura del SIAS (Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano) tra quelle dislocate all'interno del territorio del Parco ed in funzione dal 2002. (Fig. 1). In base al risultato dell'interpolazione, eseguita in funzione del gradiente verticale di temperatura (Pinna, 1978), risulta che nel territorio del Parco, la temperatura media annua varia da un minimo di 7,9° per le zone più elevate a un massimo di 17,3°C per le zone a quote più basse (Fig. 2). Dati certi, relativi alle stazioni altimetricamente più elevate, sono quelli di Floresta (1250 m s.l.m.) che presenta una media annua di 10,1°C e M. Soro (1810 m) con una media, ricavata nell'arco degli ultimi quattro anni, di 8,5°C. Com'è noto il territorio del Parco si estende altimetricamente tra i 250 e i 1850 m s.l.m. pertanto Tindari, dove si registra una temperatura media annua di 17°C circa a 280 m, costituisce un utile elemento di verifica per le zone altimetricamente più basse. La media annua delle massime è compresa tra 10,8 e 21,1°C. Floresta presenta valori annui pari a 13,9°C (11,7 a M.

Soro), Tindari, come riferimento opposto, raggiunge circa i 20°C. In assoluto, il mese più caldo risulta essere agosto con punte di 30° che ovviamente si registrano alle quote più basse; in questo stesso mese, in montagna, la temperatura si aggira intorno ai 22-24°C. Nei mesi invernali, in genere,

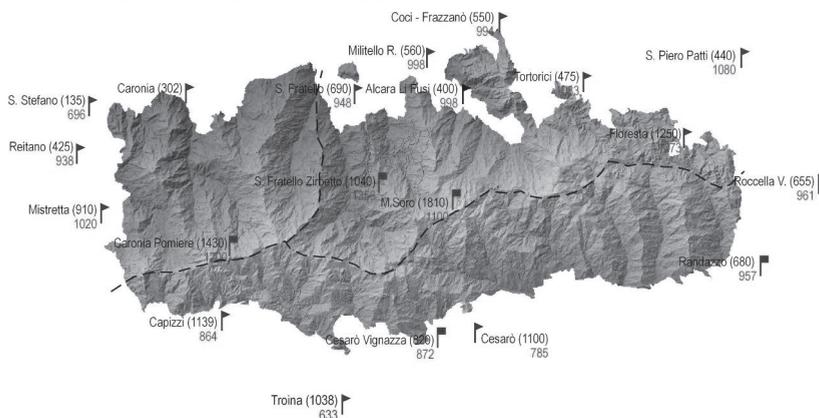


Fig. 1 – Distribuzione delle stazioni climatiche e DEM relativo al territorio del Parco (le bandierine rettangolari si riferiscono alle stazioni appartenenti alla rete SIAS).

la temperatura massima non scende al di sotto dei 2°C (gennaio).

Così come evidenziato in Fig. 2, in generale, le temperature seguono un lento ma costante aumento a partire dal mese di gennaio per poi raggiungere il picco tra luglio e agosto. L'abbassamento dei valori nei mesi successivi, invece, avviene in modo molto più repentino per raggiungere il minimo tra dicembre e gennaio. La media delle minime è compresa tra 5 e 13,5°C con un valore assoluto di -1,8°C nel mese di febbraio che rappresenta anche il mese sostanzialmente più freddo. In questi ultimi anni, le stazioni della rete SIAS hanno, comunque registrato valori ancora più bassi a Monte Soro con punte in gennario di -6,4°C. Le stazioni comprese dentro il territorio del Parco registrano temperature minime medie pari a 6,3 – 7,7°C (S. Fratello e Cesarò) e, nei mesi invernali, medie

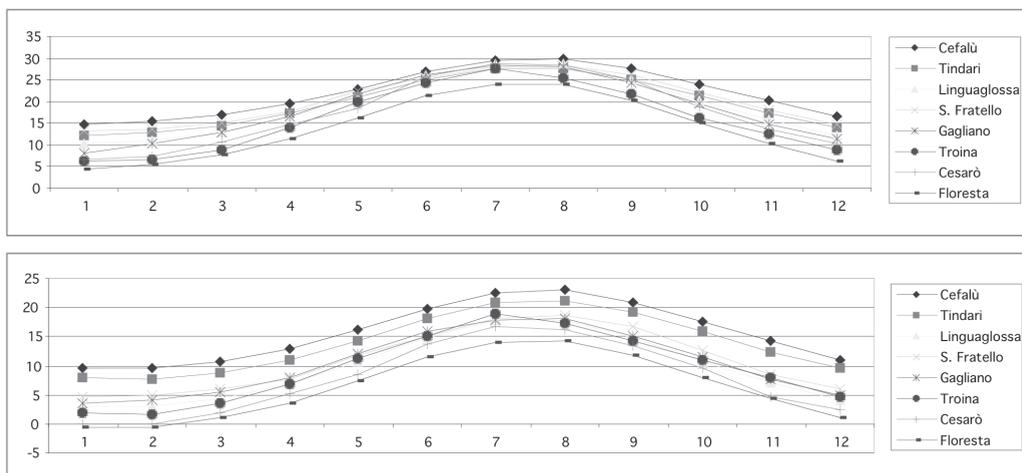


Fig. 2 – Andamento delle temperature massime e minime durante il corso dell'anno.

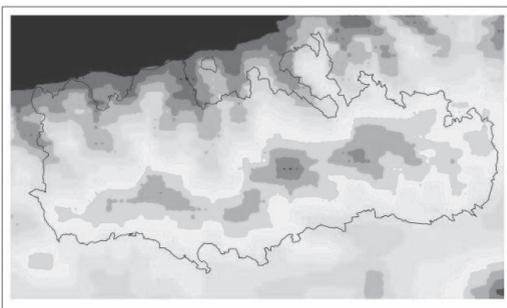
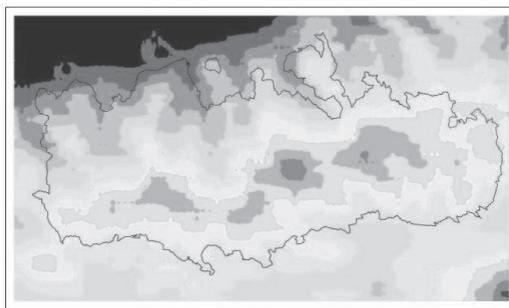
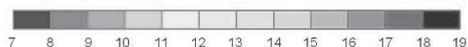
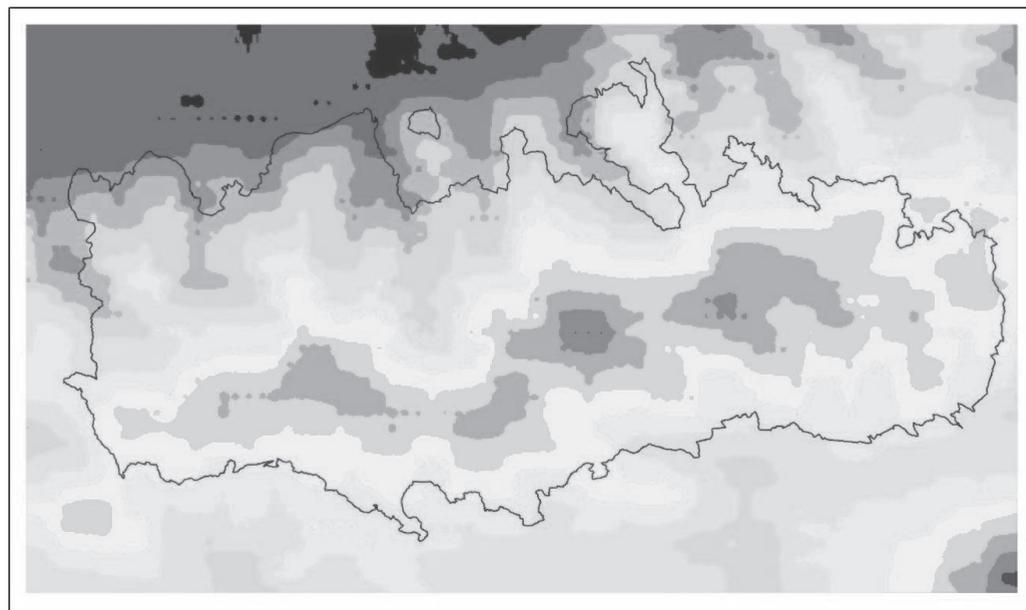


Fig. 3 – Carte delle temperature(°C) del territorio del Parco dei Nebrodi. In alto, la Carta delle temperature medie annue; in basso, da sinistra, la Carta delle temperature medie minime e massima.

mensili vicine a 0°C. La temperatura minima più alta si registra generalmente in agosto (mese più caldo) quando raggiunge i 13,7°C circa. Anche in questo caso, l'andamento delle temperature registra un aumento tra marzo e aprile, uno più marcato da maggio a luglio-agosto oltre il quale le temperature diminuiscono progressivamente fino a dicembre toccando il minimo a gennaio-febbraio, che risultano i più freddi dell'anno.

Carta della pluviometria annua.

La pluviometria annua è stata anch'essa elaborata oltre che con l'interpolazione dei dati provenienti dalle 13 stazioni del Servizio Idrografico adiacenti il territorio del Parco, anche attraverso una utile verifica con quelli delle 5 stazioni appartenenti alla rete S.I.A.S.

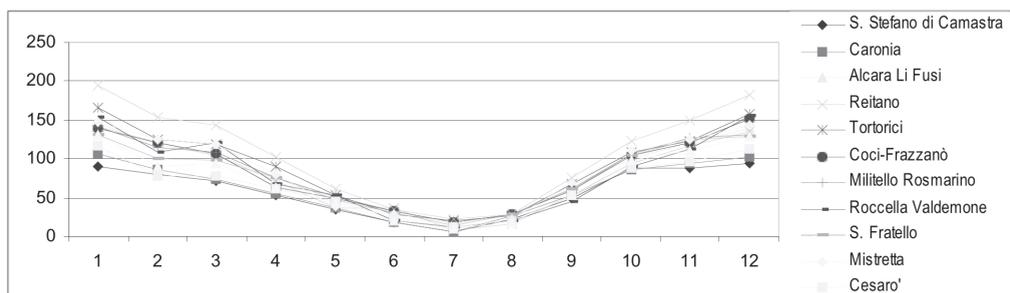


Fig. 4 - Andamento pluviometrico durante il corso dell'anno

Nonostante ci sia una certa corrispondenza, il volume di acqua che annualmente interessa il comprensorio non è direttamente relazionabile alla sola quota così come accade per le temperature che in linea di massima dipendono quasi esclusivamente dal gradiente termico verticale.

L'andamento del regime pluviometrico dipende dalla conformazione orografica del territorio. Sebbene si osservano diversi crinali che penetrando dal mare verso l'interno (Fig. 1) concorrono alla formazione di vallate e fiumare, esiste una dorsale che attraversa longitudinalmente tutto il territorio del Parco e che, attraverso le quote più alte, lo divide in due parti ben distinte dalla differente esposizione: la parte esposta a Nord, sopra vento, che presenta precipitazioni abbondanti, crescenti con la quota, da un minimo di 696 mm a S. Stefano di Camastra (135 m s.l.m.) fino ad un massimo di 1270 mm a Floresta (1250 m s.l.m.) e la parte opposta che, invece, ha valori medi annui inferiori e non relazionabili alla quota. In particolare, alcune stazioni del fronte sententriale (Caronia, Alcara Li Fusi, Tortorici) ubicate a quote relativamente basse (intorno ai 400 metri sul mare) presentano valori medi annui molto alti (in media circa 1000 mm). Sull'altro fronte, Capizzi (1139 m s.l.m.), Cesarò (1100) e Troina (1038) presentano rispettivamente 864, 785 e 633 mm di media annua, valori alquanto bassi particolarmente se paragonati alla quota di rilevamento.

Questi due gruppi di valori disomogenei sono l'effetto del moto convettivo dell'atmosfera, quando masse d'aria umida e calda provenienti dal mare tendono a salire e a sostituirsi ad aria fredda e più pesante. Questo sollevamento forzato produce adiabaticamente il raffreddamento dell'aria portando il vapore acqueo in condizione di saturazione e successivamente alla condensazione, origine delle piogge che quindi si concentrano più sulla fascia esposta a Nord. Superato l'ostacolo orografico rappresentato dalla dorsale che si spinge fino ai 1800 m di M. Soro, l'aria, ormai fredda, tende a ridiscendere verso le vallate dell'entroterra riscaldandosi. Senza più la maggior parte del suo contenuto di umidità, la possibilità che si producano precipitazioni abbondanti tende a diminuire in particolare con la diminuzione della quota. Interessante, sebbene limitato al brevissimo periodo di osservazione, è il dato proveniente dalle stazioni del Servizio Agrometeorologico della Regione: la stazione di S. Fratello in località Zirbetto a 1040 m di altitudine presenta negli ultimi quattro anni una piovosità media di 1356 mm, la più alta registrata nel comprensorio; Caronia in località Pomiere (1430 m s.l.m.) e Monte Soro (1810) hanno registrato rispettivamente 1200 e 1100 mm.

Per quanto riguarda il regime pluviometrico, si verifica un andamento inverso rispetto a quello delle temperature: la piovosità risulta concentrata soprattutto nel periodo ottobre-marzo (con dei massimi tra dicembre e gennaio), è apprezzabile in primavera (aprile-maggio) e si presenta di scarsa entità nei mesi estivi con un minimo assoluto nel mese di luglio. Questo andamento è pressoché generalizzato in tutte le stazioni prese in considerazione salvo le normali differenze in termini di apporto d'acqua. In assoluto i valori minimi si registrano nella stazione di S. Stefano di Camastra (135 m s.l.m.) mentre i massimi nella stazione di Floresta (1250 m s.l.m.) che è anche la stazione più elevata in Sicilia per quanto riguarda la rete del servizio idrografico.

Frequenti sono sia le precipitazioni occulte (presenti nei mesi estivi alle basse quote e relazionabili alla grande umidità) in assoluto difficilmente stimabili sia le precipitazioni nevose (nelle zone più

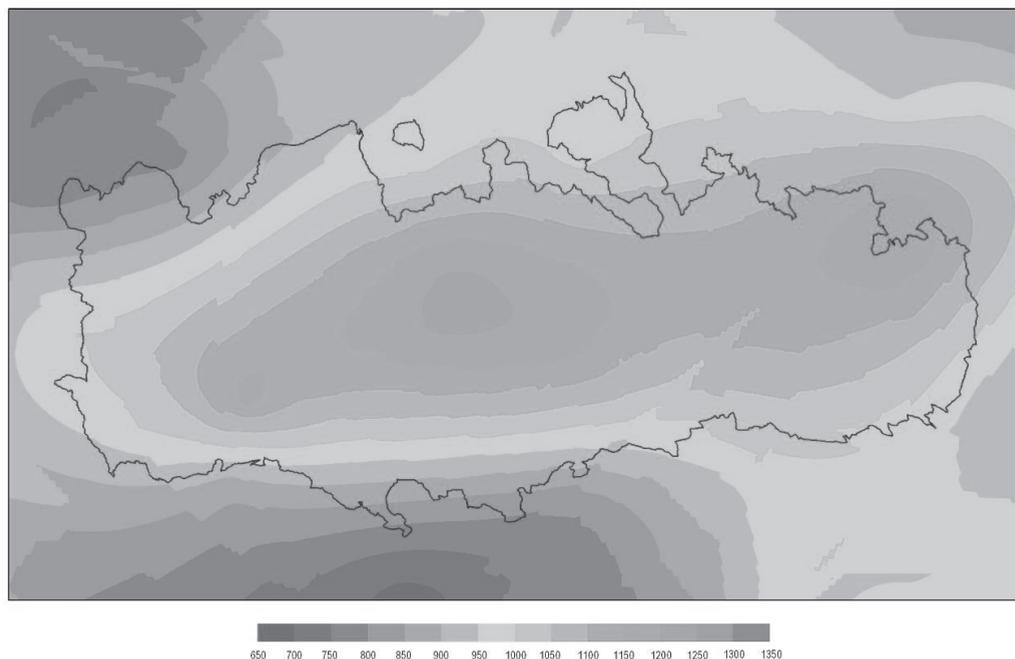


Fig. 5 – Carta delle precipitazioni annue (mm di pioggia) del territorio del Parco dei Nebrodi.

elevate) delle quali però non si dispone di dati significativi anche per la mancanza di stazioni nivometriche. Un altro evento meteorico di notevole importanza è la presenza della nebbia che, oltre ad integrare i normali apporti idrici attraverso la condensazione svolge un'azione mitigatrice dei fenomeni climatici estremi, limitando la traspirazione, mantenendo basse le temperature durante i periodi di deficit idrico estivo e diminuendo l'intensità di fenomeni dannosi come le gelate.

Carta dell'evapotraspirazione potenziale annua.

Con il termine evapotraspirazione si intende l'acqua che complessivamente si trasferisce all'atmosfera sia per evaporazione dagli specchi liquidi e dal terreno sia per traspirazione delle piante. A parità di condizioni, al crescere della disponibilità dell'acqua nel suolo cresce il valore dell'evapotraspirazione fino a raggiungere un valore limite che non viene superato neppure in presenza di altra disponibilità d'acqua. Tale valore prende il nome di evapotraspirazione potenziale. Per il calcolo dell'evapotraspirazione potenziale (E) esistono diversi metodi che funzionano a seconda della quantità e qualità di dati a disposizione e del livello di precisione che si vuole ottenere. In questo studio, per il calcolo dell'evapotraspirazione è stata utilizzata la formula di Thornthwaite (Hylckama, 1959) che, per raggiungere il risultato richiesto, si avvale della sole temperature medie mensili, fattore influenzante primario. Questa formula, che è stata applicata ai dati delle stazioni sopraccitate, è data da:

$$U = 1.6 (10t/TE)^a$$

dove t è la temperatura media mensile in °C; TE è l'indice di Thornthwaite dato dalla somma dei dodici valori mensili dell'indice di calore i dato da $i = (t/5)^{1.514}$ e $a = 0.00000675 (TE)^3 - 0.0000771 (TE)^2 + 0.01792 TE + 0.49239$.

Dipendendo dall'andamento della temperatura, gli indici relativi all'evapotraspirazione potenziale hanno consentito di ottenere una carta per grandi linee vicina a quella delle isoterme.

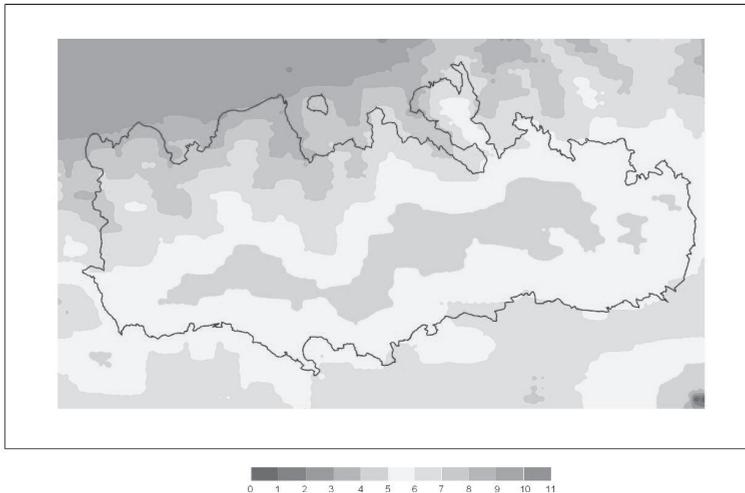


Fig. 6 – Carta della evapotraspirazione potenziale annua del territorio del Parco dei Nebrodi.

Considerazioni finali

Il comprensorio, per via delle sue particolari caratteristiche geomorfologiche e l'esiguo numero di stazioni climatiche presenti (peraltro esterne al perimetro dell'area protetta), si presta come modello per la generalizzazione di un metodo finalizzato alla descrizione climatica di aree caratterizzate da dati carenti e/o aspetti geomorfologici molto differenti da quelli relativi al territorio delle stazioni di rilevamento più vicine (altitudine, esposizione e pendenza). Infatti, l'analisi dei dati, condotta attraverso un'indagine geostatistica su ArcGIS 8.2 ha tenuto conto oltre che dei dati climatici disponibili, altri sulla morfologia dei luoghi. Per quanto riguarda la metodologia adottata, sono stati utilizzati differenti interpolatori statistici a seconda della tipologia dei dati trattati: per la spazializzazione dei dati di temperatura e pluviometria si è adottato un interpolatore di tipo stocastico, come il co-Kriging che si serve di variabili ausiliarie e pertanto consente di discrezionalizzare il risultato anche in funzione di esposizione e altimetria mentre l'IDW (Inverse Distance Weighting) è stato usato per l'evapotraspirazione potenziale.

La disponibilità di carte come quelle ottenute attraverso questo studio è una delle condizioni preliminari per l'attuazione di GIS in molti campi di applicazione primi fra tutti quelli a carattere geobotanico nonché quelli destinati, più in generale, alla conoscenza del territorio per azioni legate alla sua conservazione e salvaguardia.

Bibliografia

- Duro A., Piccione V., Scalia C., Zampino D. (1995), "Fitoclima della Sicilia", *Atti Progetto Strategico Clima Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno. 6° Workshop, II Tomo*.
- Hijmans R. J., Cameron S. E., Parra J. L., Jone P. G., Jarvis A. (2005) "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas", *Int. J. Climatol.* 25: 1965-1978.
- Hylckama v. T.E.A. (1959) "A nomogram to determine monthly potential evapotranspiration", *Laboratory of Climatology, Centerton, N.J. XIII: 107-110*.
- Pinna A. (1978), *Climatologia*, UTET, Torino.

CARTOGRAFIA STORICA PER L'ANALISI DEI PERCORSI EVOLUTIVI DI CONTESTI URBANI: IL CASO DELL'INTORNO DELL'ORTO BOTANICO DI PALERMO

Natale SURANO, Francesco M. RAIMONDO, Pietro MAZZOLA

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze Botaniche
Via Archirafi 38, 90123 Palermo

Riassunto

Viene presentato uno studio basato sull'analisi di alcune carte storiche della città di Palermo, pubblicate tra il 1777 e il 1910, al fine di rendere più chiaro il complesso evolversi della zona prossima al confine murario meridionale-orientale della città che nella seconda metà del '700 è stata oggetto dell'insediamento di due giardini, rispettivamente, nel 1777 la Villa Giulia e, nel 1789 l'Orto botanico dell'Università. Quest'ultimo, nel corso della sua storia, riuscì a realizzare diverse annessioni che hanno interessato e influenzato ripetutamente il contesto urbano circostante e che qui sono state ricostruite ed analizzate attraverso una serie di *overlay* grafici in ambiente GIS.

Abstract

This work is based on the analysis of some historical maps of the city of Palermo. These maps were published between 1777 and 1910 in order to clarify the complex evolution of the area close to the southern boundary wall of the city, that in the second half of '700 was the establishment of two gardens, in 1777 the Villa Giulia and in 1789 the University Botanical Garden respectively. During its history the last one was able to realize various annexations that have repeatedly affected and influenced the surrounding urban context, that here was built through a series of graphics overlay on GIS environment.

Introduzione

Sulla nascita dell'Orto botanico di Palermo molto si è scritto e alquanto note sono le vicende che condussero alla sua fondazione. Meno chiare, invece, appaiono le trasformazioni che lo interessarono in seguito a diversi ampliamenti, prima di raggiungere la configurazione attuale. L'obiettivo principale dello studio è stata, quindi, la ricostruzione dell'evoluzione storica e ambientale della parte sud-est della città murata, attraverso l'analisi di alcune carte storiche di Palermo. A tal fine è stato testato un percorso analitico, basato sulla possibilità di integrare e far interagire tra loro dati storici di diverse origini e caratteristiche.

L'Orto botanico di Palermo oggi si estende su una superficie molto vicina ai nove ettari, una quantità di spazio otto volte quasi superiore a quella occupata da quel primo nucleo che vide la luce sul finire del XVIII secolo. Al di là dei rimarchevoli aspetti ed eventi storici che ne hanno contraddistinto l'evoluzione, appare interessante mostrare come il suo intorno – il piano di S. Erasmo e la contrada Vigna del Gallo – inizialmente utilizzato in parte per scopi agricoli, fu poi qualificato con l'insediamento sia della Villa Giulia che dell'Orto stesso e, successivamente, col passare dei secoli, trasformato attraverso una robusta urbanizzazione. Se la Villa Giulia – primo giardino pubblico della città – nacque da un disegno ben preciso e, quindi, oggi resta integra nel perimetro e nella superficie originaria, al contrario l'Orto botanico deve la sua attuale struttura a ben quattro successivi ampliamenti avvenuti nell'arco di 25 anni (tra il 1796 e il 1819) che portarono la sua estensione a poco più di 4000 ettari prima dell'ultima, definitiva, acquisizione avvenuta nel 1906 che, di fatto, ne raddoppiò l'estensione. L'analisi di questi cambiamenti si inserisce, quindi,

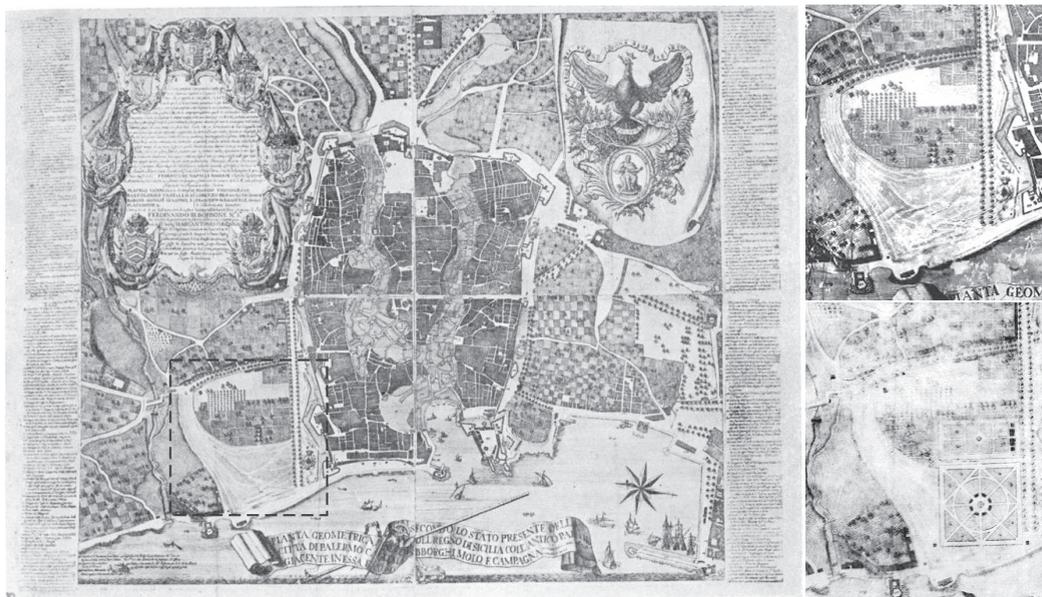


Fig. 1 – “Pianta geometrica e novella secondo lo stato presente della città di Palermo” del Marchese di Villabianca (La Duca, 1974). A destra l’area evidenziata col tratteggio,rispettivamente nell’edizione del 1777 e del 1789, dove già figurano i due giardini.

soltanto nella ricerca di determinare l’evoluzione planimetrica dell’orto palermitano ma soprattutto nella comprensione di alcuni meccanismi che concorsero nei diversi anni al totale cambiamento della sistemazione urbanistica del contesto circostante.

Metodologia

Oltre che per la ricerca bibliografica, lo studio è stato caratterizzato dall’acquisizione e, soprattutto, dalla georeferenziazione delle piante storiche di Palermo scelte e dal relativo lavoro di comparazione diacronica, sulla carta tecnica scala 1:10000 e scala 1:2000. Confrontare carte storiche con cartografia attuale realizzata con tecniche molto diverse (rilievo aerofotogrammetrico) ha comportato difficoltà oggettive che hanno, però, creato l’occasione per valutare e risolvere gli errori emersi durante la georeferenziazione, avvenuta essenzialmente attraverso l’identificazione di punti invariati nel tempo, riconoscibili sulle cartografie attuali e utilizzati poi per l’assegnazione delle coordinate geografiche.

Sebbene le carte dei secoli XVIII e XIX (costruite con metodi diversi, dal plastigrafico delle vedute a “volo d’uccello” a quello iconografico delle piante in proiezione dall’alto) risultano geometricamente confrontabili con le cartografie attuali, il semplice processo di sovrapposizione alla carta di base con la sola tecnica dei punti riconosciuti – sia per le carte prive di scala che per tutta la cartografia pregeodetica – non ha consentito di ottenere precisioni accettabili per la presenza di errori metrici superiori all’errore di graficismo convenzionalmente ammesso, addebitabili principalmente alla naturale deformazione della cartografia storica per problemi di conservazione del supporto cartaceo, alle differenti proiezioni cartografiche e, infine, ad errori storici di rilevamento e di rappresentazione. Attraverso un rilievo GPS differenziale di alcuni punti – al fine di trovare la posizione in un sistema di riferimento assoluto – insieme a tecniche GIS di *overlay*, è stato possibile minimizzare tali effetti, rendendo praticabile il confronto con le cartografie attuali. Ciò è stato possibile anche “tagliando” le singole carte in più settori quadrangolari che hanno evitato l’eccessiva deformazione della carta utilizzata alla ricerca di un numero maggiore di punti base.

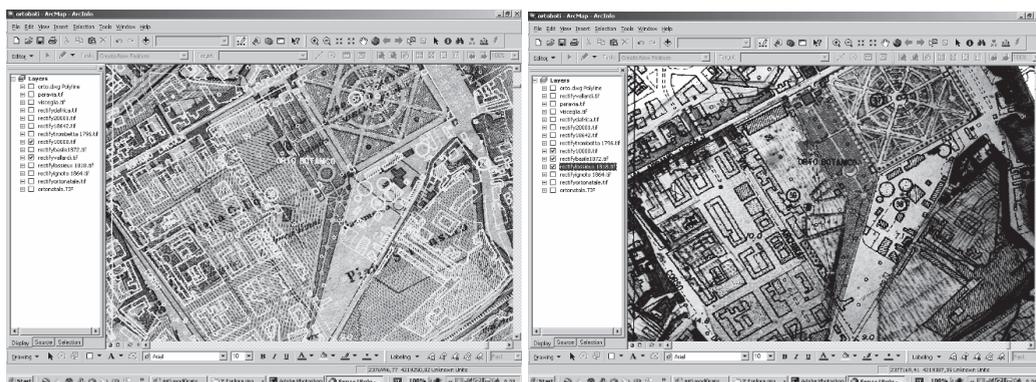


Fig. 2 – *Comparazioni diacroniche in ambiente GIS.*

Infine, la carte storiche in formato *raster* hanno subito una procedura di trasformazione della proiezione, che ha avuto come risultato la loro conversione nel sistema di coordinate UTM. Altre cartografie di diversa scala pubblicate tra la fine dell'Ottocento e il primo decennio del Novecento sono state utilizzate come strumento per indagini, invece, di tipo sincronico, ovvero indagini su diversi elementi condotte su fonti pubblicate nello stesso arco di tempo.

Comparazioni planimetriche e risultati

In questo lavoro, la comparazione diacronica della cartografia disponibile è stata concentrata piuttosto che sugli iniziali ampliamenti di semplice identificazione, su un complesso aspetto che emerge dalla lettura dei resoconti contenuti nella storiografia del tempo. Essa ha costituito un processo di analisi fondamentale per la ricostruzione dell'evoluzione storica ed ambientale dello scambio-acquisizione avvenuto nel 1906, che determinò la definitiva sistemazione dell'intero giardino.

Agli inizi del 1820, la Deputazione degli Studi – ormai divenuta Regia Università – aveva acquistato nella Vigna del Gallo un nuovo terreno, esteso circa due salme (35000 metri quadrati circa), non direttamente confinante con l'Orto botanico, per stabilirvi un istituto agrario. Successivamente, venuta meno questa esigenza, si pensò di affidarlo all'Orto botanico perché lo utilizzasse come proprio vivaio. In seguito alle sempre crescenti esigenze di spazio dell'Orto e alla mancanza di fondi necessari per l'acquisto di nuove terre si cominciò a pensare alla possibilità di permutare tale terreno con uno equivalente confinante però con l'Orto stesso. Per questa ragione sin

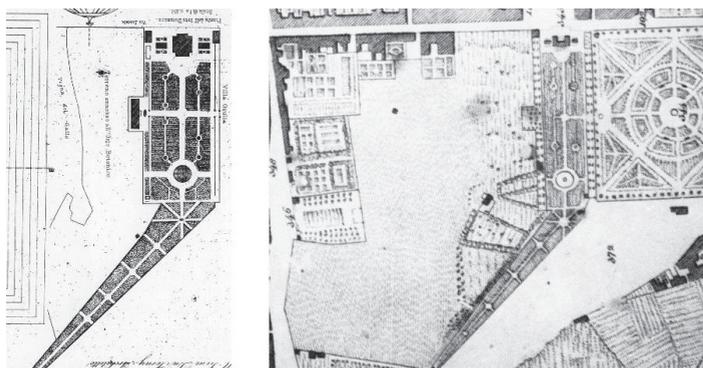


Fig. 3 – *Planimetria dell'Orto botanico in una carta del Louassieux (1818, a destra) e di F. Basile (1872).*

dal 1823, l'allora direttore dell'Orto, Vincenzo Tineo aveva iniziato lunghe e complicate trattative con gli eredi del Duca d'Archirafi, proprietari di quel lotto. Queste trattative per vari motivi (mancanza di fondi, tentativi di speculazione edilizia, i moti del '48 e, infine, le eccessive pretese dei proprietari) non furono mai portate a termine. Esse trovarono giusta risoluzione soltanto agli inizi del Novecento, sotto la direzione di Antonino

Borzi, quando nel gennaio 1906 fu deliberata in sede di consiglio comunale, la concessione gratuita in favore dell'Università di Palermo di un'area di circa 6000 metri quadrati per la ricostruzione di nuovi e più ampi istituti scientifici e la realizzazione di una stazione botanica internazionale per via della conversione in legge di un decreto prodittoriale del 1860 a favore delle università siciliane per la costruzione di nuove e più consone strutture da destinare alla didattica e alla ricerca. Non avendo al momento l'amministrazione comunale aree disponibili in misura sufficiente, si decise di agevolare e rendere subito valida la sopracitata permuta. In virtù di ciò, seguirono numerose altre risoluzioni che influirono radicalmente sull'assetto e la proprietà dell'intera Vigna del Gallo.

Infatti, per convincere gli Archirafi a cedere sulla permuta, la municipalità si impegnò a procedere su tutta una serie di opere di urbanizzazione primaria che avrebbero fatto crescere notevolmente il valore di quei terreni, prima fra tutte la costruzione di una strada che avrebbe separato la loro proprietà dal nuovo confine dell'Orto botanico (l'odierna via Archirafi) con sbocco nelle vie Lincoln e Tiro a Segno e collegamento ad altre vie già esistenti (corso dei Mille). Di conseguenza l'Orto dovette cedere all'Università parte della nuova proprietà acquisita (6000 metri quadrati circa)

sul fronte della nuova strada per la realizzazione dei nuovi istituti scientifici. In virtù di tale sacrificio la municipalità cedette all'Orto un altro lotto di terreno di pari superficie, posto sul fronte opposto, dal lato della via Tiro a Segno, tratto in parte dai terreni dell'ex vivaio comunale e in parte da dove fino a pochi decenni prima sorgeva il Tiro a Segno Nazionale. Si impegnava altresì a realizzare tutti i muri di recinzione dei nuovi confini abbattendo quello che separava l'Orto dai vivai comunali.

Questa risoluzione in parte fu abbastanza vantaggiosa per l'Orto: esso perse sì il fronte sulla nuova strada che di lì a poco venne costruita, ma acquisì, oltre ai nuovi terreni, un bel viale alberato con dei maestosi platani – l'odierno viale Montemartini – che fino ad allora era strada comunale di comunicazione e servizio tra la Villa Giulia, i vivai e il corso dei Mille. In un'immagine risalente a prima della permuta (Fig. 3), è ancora possibile apprezzare i confini della porzione "triangolare" dell'Orto e i muri di cinta (a destra quello di separazione con i vivai comunali da dove si intravedono i platani del futuro viale Montemartini).

Infine, così come gli Archirafi cedettero parti di terra per la costruzione della nuova strada anche l'Orto si privò della cosiddetta punta finale del suo confine per permettere, appunto, lo sbocco della via Archirafi su via Tiro a Segno. Così come accennato nella metodologia, la ricostruzione grafica di questa serie di ripetuti scambi e cessioni è stata effettuata attraverso la comparazione sia diacronica sia sincronica delle diverse carte



Fig. 4 –Foto – scattata da dove oggi sorge la sede del Dipartimento di Botanica – del viale centrale che attraversava lungo tutta la sua lunghezza la porzione finale, triangolare dell'Orto .Lungo quasi 320 metri, dopo le varie annessioni venne dismesso. Sullo sfondo un annoso pino ancora esistente fino a qualche anno addietro.

disponibili per anni a cavallo dei secoli XIX e XX. Le potenzialità del GIS hanno consentito un continuo controllo della corrispondenza delle superfici durante la fase di tracciatura dei poligoni atti all'identificazione delle aree interessate dalla risoluzione della delibera comunale.

Conclusioni

Il vasto campo di applicazione del GIS abbraccia le più diverse discipline e non è raro, oggi, che alcuni studi storici necessitino di analizzare aspetti legati alla distribuzione spaziale dei fatti presi in esame. I sistemi informativi geografici sono sicuramente in grado di offrire alla ricerca storica una serie di strumenti particolarmente utili per lo studio del territorio e delle sue trasformazioni nel tempo. Il loro impiego ha offerto un'ampia prospettiva di ricerca nel campo dell'analisi storica e, se utilizzato nel modo appropriato, può costituire un meccanismo in grado di perfezionare la conoscenza del passato.

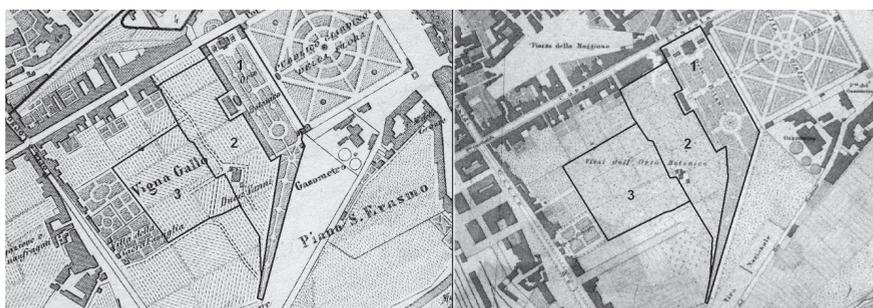


Fig. 5 – Comparazione diacronica dei confini dell'Orto botanico (1), del terreno di proprietà Archirafi (2) e del terreno di proprietà dell'Orto oggetto della possibile permuta in due cartografie, rispettivamente, della prima metà del secolo XIX (Vallardi, 1845 ca.) a sinistra e del 1882, in una carta nautica del Regio Istituto Idrografico, a destra.

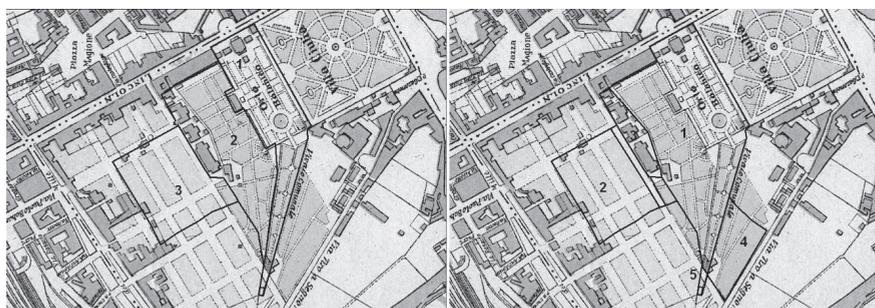


Fig. 6 – Esempio di comparazione sincronica relativa alla delibera comunale del 1906. La base cartografica è uno stralcio della Carta tecnica comunale, scala 1:10.000 del 1910. Nell'immagine di destra, oltre ai confini del nuovo Orto botanico (1), del terreno di proprietà adesso di proprietà Archirafi (2) si possono osservare il terreno ceduto all'università per la costruzione degli istituti (3), il terreno ceduto dal Municipio all'Orto botanico come risarcimento (4) e il piccolo pentagono utilizzato per il prolungamento della via Archirafi (6).

STRUMENTI PER LA PIANIFICAZIONE PAESAGGISTICA: LE METRICHE DELLA LANDSCAPE ECOLOGY E L'EVOLUZIONE DELL'IDENTITÀ DEL MOSAICO COLTURALE

Ilaria TABARRANI, Fabio LUCCHESI

Laboratorio per la Rappresentazione Identitaria e Statutaria del Territorio (LARIST), Dipartimento di Urbanistica e Pianificazione del Territorio, Università di Firenze (DUPT), via Cavour, 36, EMPOLI (FI), tel 0571/757886, fax 0571/757832, e-mail ilaria.tabarrani@unifi.it

Riassunto

Il contributo presenta i primi esiti della sperimentazione di una metodologia finalizzata a individuare strumenti di valutazione quantitativa dei caratteri di identità morfologica dei paesaggi rurali, concepiti allo scopo di monitorare le dinamiche di cambiamento e metterle in relazione con principi di sostenibilità ambientale e paesaggistica. Tali valutazioni quantitative possono fornire un contributo importante alla definizione di politiche e strumenti di indirizzo e controllo delle trasformazioni ad una scala di grande dettaglio.

La metodologia proposta si compone di due fasi: la prima fase descrittiva prevede un'accurata individuazione degli elementi caratterizzanti le morfologie dei paesaggi rurali e delle dinamiche di trasformazione e produce un sistema informativo temporalmente stratificato. La banca dati così costruita consente di produrre, nella seconda fase, la valutazione delle dinamiche evolutive di una serie di indici, in parte mutuati dalle metriche tipiche della *landscape ecology*. Attraverso questa ricognizione è così possibile definire valori-soglia che caratterizzano gli specifici assetti identitari e che possono essere assunti come obiettivi di qualità per le politiche di pianificazione e programmazione.

Abstract

In this work we present the first outcomes in testing a methodology aimed to provide instruments to evaluate in a quantitative way the morphological features of rural landscapes. These instruments have been designed and tuned up in order to monitor the changing dynamics and correlate them to the principles of landscape's environmental sustainability. They could made a contribute to settle landscape policies and consequently the instruments and actions necessary to guide and supervise the changes on a large scale.

This methodology is made up of two phases: a descriptive one, where the objective is to find the morphological characters of the rural landscapes and their evolution trends, this leads to a temporally stratified information system. This database, in the second phase, will be used to evaluate some specific quantitative parameters (some of them derived from the landscape ecology indexes), and its evolution dynamics. Finally we define some threshold values characterizing the landscape specific identity, that can behave as quality indicators for the planning and programming policies.

1. Il contesto della ricerca e il problema scientifico

Il contributo presenta i primi esiti di una esperienza che sviluppa alcune indicazioni emerse da una ricerca applicata alla regione del Chianti e finalizzata a individuare strumenti per una gestione sostenibile del territorio agrario e per guidare le trasformazioni del paesaggio in continuità con la sua identità storica¹. La crisi del sistema di conduzione mezzadrile, avviatasi negli anni Cinquanta del Novecento, rappresenta per il Chianti la principale soluzione di continuità nel processo di evoluzione

della organizzazione economica e sociale. Le attuali morfologie agrarie specializzate rispondono infatti ad una organizzazione agricola che ha portato ad una progressiva semplificazione della diversità e dell'articolazione morfologica del mosaico colturale, a inediti allineamenti dei filari dei coltivi, a significative variazioni nella densità e dell'estensione dei filari di siepi e dei boschetti intercolturali. Il paradigma sul quale è stata fondata la strategia di ricerca ha concepito il paesaggio come un "territorio strutturato secondo regole" (Baldeschi, 2003); in questa chiave la comprensione del paesaggio passa non tanto dalla valutazione dei diversi materiali (insediativi, colturali, ambientali) che lo compongono, quanto dalla individuazione dei principi di relazione che li legano. Comprendere inoltre che tali regole non sono rigide, ma ammettono variazioni ed eccezioni, è essenziale per evitare di giudicare la qualità dei paesaggi solo da un punto di vista estetico o come insieme di reperti storici. Il paesaggio è da concepirsi piuttosto come l'esito della costituzione di sistemi complessi, che pongono in relazione virtuosa i diversi elementi sotto il profilo della razionalità funzionale e del rapporto con le condizioni ambientali in un processo continuo e coevolutivo. Con queste finalità, la prospettiva di indagine utilizzata vuol essere nitidamente multi-temporale: assetti insediativi e colturali individuati lungo soglie cronologiche successive debbono essere confrontati in modo da mettere in evidenza il bilancio complessivo delle persistenze e delle variazioni riconoscibili. Le trasformazioni intervenute debbono infine essere lette criticamente, valutandole in funzione della coerenza con le regole territoriali di lungo periodo, e ammettendo che cambiamenti, anche profondi, nei materiali dei quadri paesaggistici possano continuare a produrre l'identità del paesaggio locale a condizione che rispettino le regole insite nella struttura profonda del territorio. Con queste premesse, il tema specifico oggetto del contributo riguarda i criteri di progettazione, le possibilità d'uso, e i caratteri di efficacia, di indicatori quantitativi descrittivi dei caratteri di identità morfologica del paesaggio agrario e della misura delle sue trasformazioni. L'intento generale è la verifica della possibilità di mettere a punto strumenti di valutazione utili per monitorare le dinamiche di cambiamento dei mosaici colturali e della organizzazione insediativa rurale; tali strumenti potrebbero infatti fornire un contributo importante alla definizione di politiche e strumenti di indirizzo e controllo delle trasformazioni ad una scala di grande dettaglio. Ci si vuol riferire in particolare alla individuazione di "obiettivi di qualità" nella redazione di piani provinciali di interesse paesaggistico, e alla definizione di criteri di valutazione integrata e strategica di piani e politiche di trasformazione territoriale alla scala della pianificazione comunale o comprensoriale. Da un punto di vista operativo la sperimentazione cerca di esplorare la possibilità di definire, attraverso la misura di indici, in parte mutuati dalle metriche della *landscape ecology*, gli assetti insediativi e colturali riconoscibili come caratteristici della identità di un luogo. Tali assetti potranno essere definiti nella forma di valori-soglia che possano essere associati a valori minimi di qualità del paesaggio agrario, pur concepito in un processo evolutivo. Con questi obiettivi l'analisi ha evidenziato e misurato i cambiamenti intercorsi dal 1954 ad oggi negli usi del suolo, nella maglia agraria, nelle sistemazioni intercolturali e nel sistema insediativo di alcune aree campione.

2. Metodologia e fasi della ricerca

La prima fase di indagine ha previsto il rilievo, realizzato via fotointerpretazione attraverso tecniche GIS, degli elementi caratterizzanti le morfologie dei paesaggi rurali alle diverse soglie temporali utilizzateⁱⁱ. Questa fase ha prodotto un sistema informativo temporalmente stratificato relativo a: caratteri e forme del suolo, reticolo idrografico e rete scolante artificiale, mosaico dei coltivi, elementi vegetazionali minori, elementi del sistema insediativoⁱⁱⁱ.

Nella seconda fase, di carattere interpretativo e valutativo, sono stati preliminarmente definiti alcuni tipi paesaggistici ideali da considerare come elementi di riferimento. Si è fatto riferimento ai risultati della ricerca "Carta per la gestione sostenibile del territorio in agricoltura", entro la quale erano stati definiti sette idealtipi di paesaggio agrario sulla base del riconoscimento di specifici pattern degli usi del suolo e della maglia agraria^{iv}. Tra essi sono stati distinti come prevalenti e giudicati pertanto meritevoli di approfondimenti descrittivi: il *paesaggio dell'olivo con impronta tradizionale*, il *paesaggio patchwork strutturato*, il *paesaggio della viticoltura*, il *paesaggio dei seminativi* (vedi figura 1).

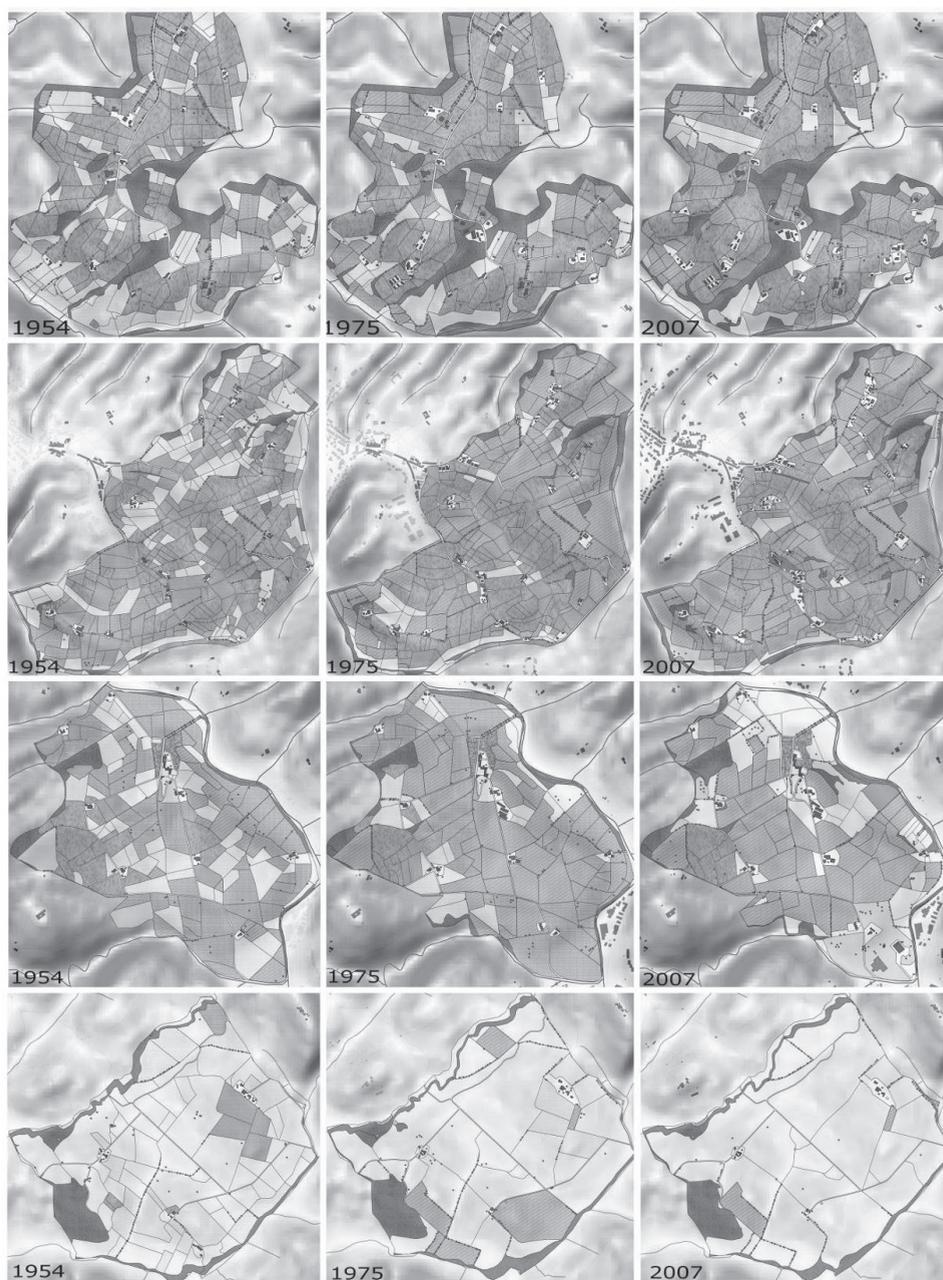


Figura 1 –Le variazioni del mosaico culturale nei campioni analizzati: il paesaggio dell’olivo con impronta tradizionale (prima riga), il paesaggio patchwork strutturato, il paesaggio della viticoltura, il paesaggio dei seminativi.

Nei diversi campioni individuati sono stati valutati quantitativamente, oltre la ripartizione degli usi del suolo, alcune caratteristiche proprie della maglia agraria: tipologia, forma, grandezza, articolazione spaziale. A questo scopo con il *software* Fragstats (McGarigal et al. 1995) sono stati computate alcune metriche tipiche della *landscape ecology* quali, in particolare: *Patch Density* (PD), *Mean Patch Size* (MPS), *Landscape Shape Index* (LSI), *Interspersion Juxtaposition Index* (IJI), *Shannon's Diversity Index* (SHDI). È stato inoltre valutato il grado di connessione antropica, la giacitura degli elementi del sistema insediativo rispetto alla morfologia del suolo - valutando la collocazione rispetto all'indice TPI e degli insediamenti -, nonché, infine, la densità degli elementi vegetazionali minori, sia lineari, sia areali.

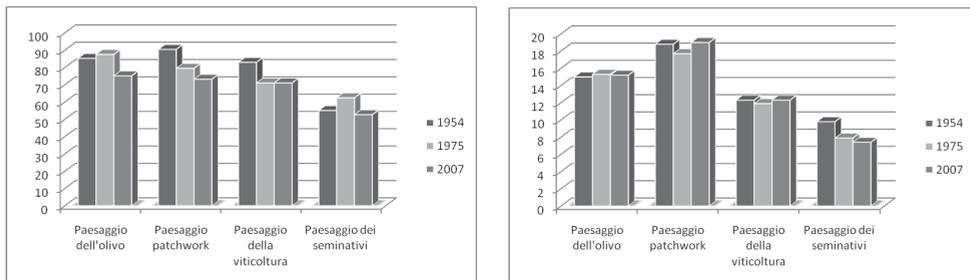


Figura 2 - Grafici relativi alle variazioni degli indici IJI e LSI

3. Valutazione dei risultati

Gli esiti della sperimentazione hanno permesso in primo luogo di rendere esplicito, quantificandolo attraverso la variazione di parametri significativi, il cambiamento e le trasformazioni che hanno interessato il paesaggio delle colline del Chianti negli ultimi cinquanta anni. Da questo punto di vista il confronto multi temporale ha confermato come le trasformazioni causate dalla crisi della coltura promiscua siano la matrice comune ai diversi tipi di paesaggio indagati. Il confronto temporale ha messo inoltre in evidenza come l'identità del paesaggio agrario del Chianti, appoggiata sulla struttura dall'assetto insediativo tradizionale, abbia mantenuto una sua sostanziale stabilità. Gli insediamenti sono cresciuti in dimensione, ma sempre collocandosi (con l'eccezione del campione esemplificativo del paesaggio della viticoltura) in coerenza con gli assetti storici. A partire da questo dato comune, il confronto tra i quattro paesaggi agrari più significativi della regione mostra tuttavia alcune significative differenze. Il paesaggio della viticoltura, in particolare, mostra parametri distinti rispetto agli altri campioni analizzati: cambiamento radicale degli usi del suolo; più intense dinamiche evolutive in atto; maglia agraria con dimensioni e regolarità maggiori delle altre^v; maggiore perdita di diversità culturale rispetto agli altri paesaggi agrari^{vi}; minima presenza di siepi intercolturali^{vii}; massima variazione delle condizioni di giacitura dei nuovi insediamenti.

Le valutazioni effettuate rivelano la generale tendenza di tutti i tipi di paesaggio (con esclusione delle aree dominate dai seminativi, che costituiscono comunque un caso particolare anche per altri aspetti) all'aumento delle superfici vitate specializzate. L'area di Greve, prototipo del tipo *paesaggio della viticoltura*, se negli anni Cinquanta era caratterizzata dalla coltura promiscua (che occupava in effetti quasi il 60% dei suoli), negli anni Settanta registra una significativa presenza di vigneti specializzati (36%); tale presenza cresce costantemente fino ad oggi (44%). Il paesaggio della viticoltura si evidenzia anche per altri fattori significativi: la dimensione media delle patch è la più alta di tutte (anche qui: escluso il paesaggio dei seminativi), mentre l'articolazione morfologica, come documentato dal *Landscape Shape Index*, è particolarmente bassa. Questi dati sembrano pertanto indicare lo svolgersi di un processo che muove da un paesaggio originale A (quello originario della coltura promiscua) ad una evoluzione stabile D (il paesaggio della viticoltura), che contempla la possibilità di stati intermedi B e C (il paesaggio dell'olivo con impronta tradizionale e

il paesaggio patchwork)^{viii}. In questa chiave il paesaggio del Chianti conserva i caratteri essenziali della propria identità nei due tipi intermedi, che di fatto presentano, pur nel generale cambiamento, valori-soglia che si mantengono con una certa costanza per l'arco temporale analizzato.

4. Conclusioni

Gli strumenti sperimentati in questo lavoro (alcuni dei quali attinti da settori disciplinari diversi da quelli usualmente utilizzati negli studi di pianificazione territoriale) hanno permesso di descrivere con una sufficiente precisione quantitativa le dinamiche evolutive in atto. La ricerca ha aperto dunque prospettive interessanti sulla possibilità di definire alcune soglie critiche, entro le quali mantenere i valori degli indicatori ai fini della salvaguardia dell'identità del paesaggio. I confronti tra i valori individuati alle soglie storiche e quelli relativi alla situazione esistente, ha permesso di evidenziare alcuni standard dimensionali relativi ai vari tipi di paesaggio, e potrebbe consentire di sottolineare deficit e anomalie, al fine di mettere a punto le politiche di tutela e di gestione degli elementi paesistici. Da un punto di vista operativo, infatti, la definizione di valori soglia può corroborare le azioni della pianificazione in vista della volontà della riproduzione delle identità paesaggistiche locali. I parametri di riferimento espressi attraverso indici quantitativi possono essere dunque utilizzati, con le opportune precauzioni, in azioni di monitoraggio capaci di misurare avvicinamenti o allontanamenti dagli obiettivi di qualità che le azioni di pianificazione si siano prefissi.

La fertilità dei parametri quantitativi per la valutazione della identità del paesaggio agrario, è tuttavia certamente subordinata al rispetto di alcuni principi di ordine metodologico: un indicatore, per essere utile, dovrebbe essere semplice da calcolare e dovrebbe permettere con una sufficiente chiarezza la differenziazione dei casi osservati. Si deve inoltre considerare che non è possibile riuscire a trattare contemporaneamente tutte le informazioni riferite alla totalità delle variabili in gioco. Da questo punto di vista ogni processo di quantificazione non è mai da prendere come riferimento assoluto, e la consapevolezza della precarietà dei modelli utilizzati invita, in ogni caso, alla prudenza. Si deve infine considerare che il rispetto delle regole espresse dagli indicatori quantitativi non è, di per sé, una condizione sufficiente ad assicurare né la qualità, né l'efficacia delle politiche di tutela e di gestione, ma è una certamente una condizione necessaria: è infatti essenziale, per assumere più consapevolmente decisioni di politica territoriale, poter valorizzare ogni strumento utile.

Bibliografia

- Baldeschi P. (2003), "Un progetto per la tutela del paesaggio storico chiantigiano: metodologia e risultati", *Ri-Vista Ricerche per la progettazione del paesaggio*, 0, luglio/dicembre
- Baldeschi P. (2000), *Il Chianti fiorentino. Un progetto per la tutela del paesaggio*, Editori Laterza, Roma-Bari
- Fabbi P. (2001), *Natura e cultura del paesaggio agrario. Indirizzi per la tutela e la progettazione*, Città Studi Edizioni Milano
- Farina A. (2001), *Ecologia del paesaggio. Principi, metodi e applicazioni*, UTET Torino
- Gibelli M. G. & Santolini R. (2007), "Allegato U - Rete ecologica Unità di paesaggio", PTCP di Treviso
- Lucchesi F., Tabarrani I.; Tofanelli M. (2007), "Cartografia per la visualizzazione della struttura insediativa e paesaggistica: due carte per la regione del chianti". *Atti della XI conferenza nazionale ASITA*, Torino
- McGarigal, K. & Marks, B. J. (1995), *Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*, Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis
- Rombai L. (2002), "Storia del territorio e paesaggi storici: il caso della Toscana", *Storia e futuro*, 1
- Sereni E. (1962), *Storia del paesaggio agrario italiano*, Bari, Laterza

ⁱ La ricerca, intitolata “Carta per la gestione sostenibile del territorio in agricoltura”, è stata svolta con la direzione scientifica della ricerca del Prof. Paolo Baldeschi del DUPT dell’Università di Firenze; il gruppo di ricerca dedicato al riconoscimento e alla descrizione della identità del paesaggio chiantigiano, coordinato da Paolo Baldeschi e da Fabio Lucchesi, è stato costituito presso il LARIST, un laboratorio di ricerca attivo presso il DUPT e dedicato alla sperimentazione, e al perfezionamento di metodi e tecniche di rappresentazione del territorio finalizzate al riconoscimento, alla evidenziazione e alla valorizzazione dei suoi caratteri di identità. I risultati del lavoro hanno costituito il punto di partenza della riflessione successiva, presentata in queste pagine, in corso di sviluppo attraverso l’esperienza di dottorato di ricerca di Ilaria Tabarrani. Alcuni risultati del lavoro sono stati presentati al X Convegno Nazionale SIEP-IALE, Ecologia e governance del paesaggio, Bari maggio 2008.

ⁱⁱ Le descrizioni dei diversi paesaggi analizzati valutando tre soglie temporali: 1954, 1975, 2007. La prima data analizzata, quella del 1954, corrisponde alla ripresa eseguita dal Gruppo Aereofotografico Italiano (GAI) e commissionato dalla US Army Map Service, in cui la quota media di volo è di circa 5500 metri. Il documento ci restituisce un’immagine del paesaggio agrario ancora fortemente legato ai caratteri originari dettati dalla coltura mezzadrile. La data del 1975 è invece legata alla produzione di un volo commissionato dalla Regione Toscana ed eseguito dall’Ente Italiano Riprese Aeree (EIRA), documento eccezionale per la quota media di volo che è di circa 2000 metri. L’ultima soglia è stata costruita con voli aerei recenti e sopralluoghi compiuti fino al 2007.

ⁱⁱⁱ Per la descrizione della morfologia e dei caratteri del suolo, oltre all’uso di cartografia geologica istituzionale, è stato elaborato originariamente un modello digitale del terreno attraverso l’interpolazione delle informazioni altimetriche contenute nella CTR, opportunamente corrette da errori materiali e depurati da punti altimetrici localizzati su opere artificiali. Tale base è servita poi per calcolare un indice di posizione topografica (TPI), successivamente elaborato per ordinare sistematicamente la morfologia del suolo in categorie morfologiche distinte (crinali, versanti aperti, vallecole, pianura). La lettura delle diverse classi di uso del suolo è stata predisposta a partire dalla Carta Tecnica Regionale della Toscana 1/10000 in formato numerico, cercando di mettere in risalto non solo la diversa classe di appartenenza quanto il tipo di ordinatura della classe, descrivendo il mosaico non attraverso la semplice giustapposizione degli usi del suolo ma attraverso la delineazione delle singole unità colturali. Sono stati inoltre rilevati elementi minuti, ma significativi da un punto di vista descrittivo, come viottoli, siepi, alberi isolati. Il sistema insediativo rurale è stato descritto implementando le informazioni della CTR relative ai suoi componenti essenziali (edifici, percorsi e sistemazioni vegetazionali di corredo), attraverso un attributo che valutasse le condizioni di persistenza rispetto a quanto documentato nelle fonti consultate per la ricostruzione multi-temporale.

^{iv} La ricerca ha suddiviso il territorio chiantigiano nei seguenti tipi di paesaggio agrario: il paesaggio “originario” della coltura promiscua, il paesaggio dell’olivo con impronta tradizionale, il paesaggio patchwork dei rilievi strutturali strutturato a maglia fitta, a maglia media ampia, il paesaggio patchwork dei rilievi strutturali non strutturato a maglia fitta, a maglia media ampia, il paesaggio della viticoltura, il paesaggio dei seminativi di fondovalle, i “paesaggi giardino”.

^v Gli indici PD/MPS dimostrano che la soglia media di 0,7 ettari può essere considerata come quella indicativa da considerare come caratteristica di gran parte del paesaggio analizzato, ad esclusione ancora una volta del paesaggio viticolo dove tale soglia è stata superata nel corso degli anni Sessanta. L’indice LSI, esplicativo della regolarità morfologica delle singole patch, evidenzia invece in maniera chiara come i quattro tipi di paesaggi abbiano una loro precisa soglia di rispetto stazionaria nel tempo. I valori disposti in ordine dal più regolare al meno regolare indicano: il paesaggio del seminativo 8 ± 1 , il paesaggio del vigneto 11 ± 1 , il paesaggio dell’oliveto 15 ± 1 e infine quello del patchwork 18 ± 1 . Le relazioni tra le varie patch, valutate attraverso l’indice IJI segnalano una tendenza alla minore dispersione delle patch riscontrabile in tutti i quattro i tipi di paesaggio.

^{vi} L’indice SHDI indica che il paesaggio del vigneto ha perso 5 punti contro i 2 del patchwork e la stabilità del paesaggio dell’oliveto.

^{vii} La valutazione dell’indicatore relativo alla densità degli elementi vegetazionali minori sembra indicare che i filari, le siepi, i boschetti intercolturali, gli alberi isolati sono aumentati notevolmente nel corso degli ultimi 50 anni. Va segnalato tuttavia che questa quantificazione può soffrire di alcune approssimazioni conseguenti ad una certa difficoltà nella fotointerpretazione. Ai fini della quantificazione non è perciò opportuno definire valori univoci, ma è più utile indicare dei valori minimi che derivano da una media dei valori riscontrati nei tre dei quattro diversi tipi di paesaggi: tale valore è equivalente a 25 m/ha.

^{viii} Su questo tema si confronti Paolo Baldeschi “Carta per la gestione sostenibile del territorio in agricoltura”, rapporto finale, dattiloscritto, 2007.

CARTE TEMATICHE “STORICHE” DA ELABORAZIONI GIS DI DATI TECNICO-AMMINISTRATIVI RELATIVI A TERREMOTI DEL PASSATO

Fabrizio Terenzio GIZZI, Maria Rosaria POTENZA, Cinzia ZOTTA

Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM)-CNR-
C.da S. Loja – 85050 Tito Scalo (PZ) –Tel.: +39 (0) 971 427 329– Fax: +39 (0) 971 427 333
e-mail: f.gizzi@ibam.cnr.it

Riassunto

Il contributo analizza le funzionalità del GIS per archiviare ed esaminare informazione tecnico-amministrativa riguardante forti terremoti storici. In particolare, è discusso l'uso del GIS per valutare la qualità dell'informazione ed analizzare specifici aspetti connessi all'evento naturale. Il terremoto considerato è quello irpino del 23 luglio 1930 ($I_0=X$ MCS; $M_e=6.7$), l'area indagata è quella situata a nord-est della Basilicata (area del Vulture).

Abstract

This paper analyses the use of Geographic Information System (GIS) in storing and managing data concerning strong historical earthquakes. In detail, it is discussed the use of GIS for to evaluate the quality of the information and to analyse some aspects of the natural event. The event analysed is the 1930 Irpinia earthquake ($I_0=X$ MCS; $M_e=6.7$), whereas the area investigated is the northeast portion of Basilicata (Southern Italy).

1-Introduzione

La raccolta e l'analisi correlata dell'informazione associata a terremoti storici può essere utile in duplice prospettiva: valutare l'affidabilità dell'informazione reperita ed elaborare output funzionali ad analizzare specifici aspetti connessi all'evento naturale. Entrambi questi obiettivi possono essere raggiunti attraverso le funzionalità di gestione territoriale dei dati proprie dei GIS.

La letteratura evidenzia pochi casi di studio condotti con queste finalità. Infatti, mentre il primo aspetto non ha ancora trovato applicazioni, il secondo è di norma orientato alla sola analisi dei livelli territoriali di danno che, integrati e correlati con livelli informativi a carattere geologico-geofisico, contribuiscono ad identificare le aree a maggiore pericolosità sismica (es.: Cubellis et al., 2004; Giammarinaro et al., 2005).

In questo contributo sono brevemente esposti i risultati dell'uso di un GIS per la redazione di mappe tematiche “storiche” utili sia per effettuare test di affidabilità dell'informazione disponibile (es.: del danno) sia per analizzare specifici aspetti (es.: risposta istituzionale all'evento, caratteri tecnici degli interventi di ricostruzione/riparazione).

Il terremoto esaminato è quello irpino del 23 luglio 1930, l'area indagata è quella gravitante attorno all'ex vulcano Vulture (Basilicata), fortemente colpita dall'evento.

I dati sono stati implementati e gestiti con il software GE.NE.SYS.shp. (Geoprogetti S.r.l.).

2-Il terremoto del 1930: la documentazione digitalizzata nel GIS

Il terremoto del 23 luglio 1930 ($I_0=X$ MCS; $M_e=6.7$) può considerarsi per estensione e distruttività dell'area colpita uno dei più disastrosi eventi sismici del XX secolo. L'evento colpì, alle ore 00:08 GMT, un'area estesa circa 6.500 km² e causò i maggiori effetti su di un territorio compreso tra Melfi ed Ariano Irpino (Fig. 1).

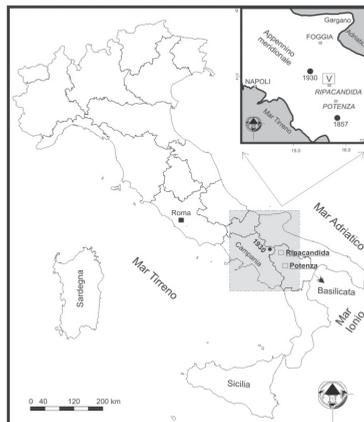


Figura 1 – Localizzazione dell’area di studio e dell’epicentro del terremoto del 23 luglio 1930

I morti furono 1404, quasi tutti nella provincia di Avellino, dove perirono 1.052 persone, mentre nella provincia di Potenza vi furono 214 morti. I centri del Vulture subirono considerevoli danni, mentre il capoluogo di regione subì lievi effetti (Gizzi, 2004; Gizzi and Masini, 2004; Gizzi and Masini, 2006; Gizzi and Masini, 2007).

Per analizzare tutti gli aspetti connessi al terremoto nell’area del Vulture è stata esaminata la copiosa ed inedita documentazione a suo tempo prodotta dall’Ufficio del Genio Civile di Melfi.

Le fonti consultate sono suddivise in due serie: Serie Generale e Serie Specifica.

La prima serie, costituita da oltre 100 unità archivistiche, riguarda principalmente aspetti amministrativi legati alla ricostruzione post-sisma.

La seconda serie è costituita, invece, da oltre 200 unità archivistiche. Per ogni comune (8) e per ogni fabbricato, è disponibile un fascicolo predisposto dal Genio Civile comprendente le perizie dei danni e la documentazione amministrativo-contabile riguardante la ricostruzione. I documenti conservati in questa Serie consentono di ottenere informazioni generali sull’immobile (es.: proprietario, dati catastali, confinanti) e dati tecnico-amministrativi (es.: descrizione diretta od indiretta del danno, costi e tempi della ricostruzione, reddito del proprietario).

Per ogni comune è anche disponibile lo stralcio catastale urbano storico (scala 1:1.000) risalente alla fine del XIX secolo, indispensabile sia per la localizzazione dell’immobile sia per una rappresentazione dei tematismi.

3-Struttura dei dati, analisi e mappe tematiche

Le mappe catastali storiche di ciascun comune, una volta georeferenziate, sono state importate nel progetto GIS adoperando il *tool* “Gestore Cartografie”. Altre cartografie recenti utili sia per localizzare alcuni edifici posti nell’area esterna al centro abitato sia per individuare l’evoluzione urbana, costituiscono l’altra porzione del database dei riferimenti territoriali adottati (es.: carta tecnica regionale in scala 1:5.000, foglio IGM scala 1:25.000, foto aeree alla scala 1:3.000).

Mediante il *tool* di modifica grafica associato al menù “Gestore Piani” le cartografie catastali di ogni comune danneggiato sono state vettorializzate. Ciò ha consentito l’identificazione delle unità elementari (particelle) alle quali associare, in modo univoco tramite database MSAccess, i dati disponibili per gli edifici censiti dal Genio Civile. Quindi, per ogni paese esaminato sono state predisposte altrettante tabelle, formate da *campi primari* e *campi secondari* (Fig.2). Mentre i primi (14) derivano da digitalizzazione di dati originali inediti (testuali o numerici), i secondi (4) derivano da *elaborazioni* analitiche dei campi primari, ottenute con funzioni proprie del GIS o attraverso una *parametrizzazione* delle informazioni descrittive.

Esempi di campi secondari ottenuti da elaborazioni tramite GIS sono il computo, attraverso la funzione 'Inserimento Campo Calcolato', della durata dei lavori o dell'importo delle minori spese sostenute dal Genio Civile in sede di contabilizzazione finale dei lavori di ricostruzione.

Esempio di parametrizzazione dell'informazione è l'attribuzione del livello di danneggiamento effettuato sulla base del confronto tra la descrizione delle patologie strutturali effettuate dai tecnici del Genio Civile e quelle previste dalle cinque classi di danno (D1-D5) contemplate dalla scala macrosismica EMS-98.

Data	Mapscale	Route	Prescribed Via	Distutta	Confini	ESPub	EdifRel	Etaborac	Suonati	ImpPci	DurPci	Dur-Coll	ImpColl	ImpPci	Int
E. di Merobald D.	968	259	576	Leopoldo Chesi	No	No	Sappo Giuseppe, Via	No	No	13100	14/10/1930	09/06/1934	11367	11366	10/07/79
Tulliana Michele	971	251	307	Vialebano Tabbudo	No	Strade	No	ND	No	8100	09/12/1930	25/05/1934	8100	8099	20/10/79
Labroia Donato	971	267	324	Leopoldo Chesi, 46	No	Labroia Donato e R. No	No	Si	Si	8600	23/07/1930		0	0	23/07/79
Piretella Mariano	971/4	268	101	S. Nicola Molfese 10	No	Giocosa Donato e M. No	No	Si	No	6700	21/10/1930	10/06/1932	9438	5237	14/03/79
Labroia Rocco	971/5	267	323	Leopoldo Chesi, 44	No	Labroia Donato	No	ND	Si	3000	23/07/1931	23/07/1930	0	0	23/07/79
Piretella Mariano	971/2	260	511	San Nicola 16 e 12	No	Franco Michela, Mord	No	Si	Si	11100	20/02/1931	23/07/1930	0	0	23/07/79
Labroia Michele M.	972	245	231	Leopoldo Chesi, 60	No	Labroia Donato	No	Si	No	21280	24/11/1930	16/10/1933	15415	15414	19/04/79
Merobald Rocco	972/3	245	593	San Nicola	No	ND	No	Si	No	800	24/02/1931	10/09/1933	691	690	10/04/79
Martino Antonio	975	245	544	Andrea, 28	No	ND	No	Si	No	7960	30/10/1930	20/12/1933	7960	7959	30/04/79
E. di Piretella D. A.	976/4	258	405	Molfese, 24	No	Eredi Martino Parqua	No	Si	Si	6000	03/03/1931	23/07/1930	0	0	23/07/79
Labroia Antonio	976/5	263	605	Chesi, 79	No	Anastasia Pasquale	No	No	Si	14600	15/01/1931	06/04/1934	13140	12070	15/09/79
Giocosa Giuseppe	977	250	468	Molfese	No	Eredi Piretella Donato	No	Si	No	12300	12/01/1931	09/09/1934	6396	6395	15/10/79
Anastasia Pasquale	979	252	123	Chesi/Molfese, 3	No	Labroia M. e A. Piem	No	Si	No	14536	21/10/1930	16/11/1932	14043	14042	04/07/79
Piretella Pasquale	981/1	261	258	Molfese 17/E. Maria	No	Piretella Mariano, M. No	No	Si	No	11700	31/10/1930	20/04/1932	9636	9635	15/06/79
Piretella Michele	981/2	245	232	Vittorio Emanuele 38	No	ND	No	ND	Si	0	24/11/1930	23/07/1930	0	0	23/07/79
Piretella Antonio	981/7	261	262	Molfese, 15	No	ND	No	Si	No	28500	24/11/1930	19/05/1934	23751	23750	01/09/79
Piretella Donato	982	266	195	Molfese	No	Eredi Michele Giocosa	No	Si	No	8100	31/10/1930	16/02/1932	9300	7762	14/03/79
Piretella Mariano	982	248	154	Andrea Molfese	No	Piretella Antonio, P. No	No	Si	No	17000	30/10/1930	11/06/1932	13639	13638	02/04/79
Chesi Leopoldo	982/2	243	196	Vittorio Emanuele, 11	No	Piretella Michele	No	No	No	8950	30/10/1930	24/11/1932	2107	0	26/12/79
E. di Giocosa Michele	983	266	162	Molfese	No	Giocosa Giuseppe, P. No	No	Si	No	13800	30/10/1930	05/06/1933	10483	8794	15/03/79
Giocosa Vito	983/2	266	153	Vittorio Emanuele	No	Giocosa Donato, E. No	No	Si	No	6800	30/10/1930	07/09/1932	7741	5585	20/12/79
Giocosa Donato	983/3	259	493	Vittorio Emanuele, 11	No	Giocosa Vito	No	No	Si	11100	08/01/1931	23/07/1930	0	0	15/05/79
Giocosa Giuseppe	986	268	452	Molfese	No	Eredi Giocosa Michel	No	Si	No	7500	08/01/1931	02/05/1934	5767	5766	20/10/79
Savino Isabella	986/2	251	417	Vittorio Emanuele, 11	No	Giocosa Donato, Lett	No	Si	No	7800	08/01/1931	23/07/1930	6226	6224	20/03/79
Giocosa P. e M.	987	266	415	Vittorio Emanuele, 11	No	Giocosa Angelo, Piem	No	No	Si	11100	08/01/1931	18/12/1934	4209	4207	15/05/79
Giocosa M. e C.	989	246	443	Vittorio Emanuele	No	Piretella Mariano, E. C. No	No	ND	No	18500	28/01/1931	10/12/1932	11977	11976	30/03/79
Eredi Piretella D. A.	991/3	258	454	Molfese 37/Vittorio E	No	ND	No	Si	No	9100	15/01/1931	15/10/1932	4638	4637	02/05/79
Giocosa Donato	991/5	258	460	Vittorio Emanuele, 11	No	Martino Pasquale, L. No	No	Si	No	2000	16/01/1931	15/10/1932	1245	1244	01/05/79
Martino Michele	991/7	267	312	Molfese, 41	No	Eredi Piretella D. A., I. No	No	Si	No	15100	15/01/1931	13/07/1932	30065	4180	21/06/79
Martino Antonio	992/1	262	118	Andrea Molfese, 43	No	Martino Michele e M. No	No	Si	No	18000	21/10/1930	25/06/1932	17183	17182	14/03/79
Martino Massimo	992/6	246	444	Leopoldo Chesi	No	Rita Michele e strada	No	Si	Si	8100	12/01/1931	23/07/1930	0	0	23/07/79
Messeres G. e R.	994	264	597	Omiccio/Pantaloni	No	Strada	No	Si	No	19440	26/02/1931	20/06/1935	21254	19403	18/09/79
Rubino Pasquale	996	261	251	Parabene	No	Savino Giuseppe, Gi. No	No	Si	No	3040	24/11/1930	26/06/1933	1151	1150	10/05/79
Savino Isabella	996/1	249	234	Parabene, 10/16	No	Giocosa Antonio, est	No	No	Si	11500	24/11/1930	27/05/1933	7659	7658	04/05/79
Savino Giuseppe	996/3	250	372	Parabene	No	Savino Isabella	No	Si	No	7300	15/10/1930	15/01/1934	6902	6901	30/07/79
Giocosa Michele	1001	265	293	Omiccio, 22	No	Giabella Donato, M. No	No	Si	No	4100	10/12/1930	18/06/1935	6675	4100	15/10/79
Piretella Vito	1001	258	473	Omiccio, 22	No	Merobald Antonio, G. No	No	Si	No	7800	03/03/1931	21/05/1934	5461	5460	20/10/79
Giocosa Angelo	1004/5	267	311	Parabene	No	Giocosa Giovanni, M. No	No	Si	No	19300	20/01/1931	07/10/1933	6993	2241	26/06/79
Giocosa Antonio	1006	254	221	V. Emanuele/San P. No	No	Suina Michele	No	Si	No	13300	30/10/1930	28/11/1932	10687	10686	15/10/79
Trispano Vito e Fran	1101/8	255	528	Montarone	No	ND	No	Si	No	5010	18/01/1931	26/11/1932	4161	4161	15/08/79

Figura 2 – Porzione della tabella del database, costituita da campi 'primari' e 'secondari' (v. testo)

I dati relativi a ciascun immobile possono essere visualizzati e consultati in duplice modalità: direttamente dalla tabella, selezionando il record corrispondente al numero della particella catastale ricercata oppure selezionando graficamente l'edificio dalla mappa catastale vettorializzata ed attivando i menù 'Database dei Selezionati' e 'Dati in primo piano' che automaticamente attivano la finestra del database con visualizzazione del record corrispondente.

Il collegamento univoco tra dato grafico e record nel database consente, attraverso il 'Gestore Tematismi', la generazione di livelli informativi che possono essere utilizzati per un duplice obiettivo: valutare la qualità dell'informazione reperita ed elaborare carte tematiche riguardanti specifici aspetti connessi al terremoto.

Riguardo il primo aspetto, diversi tematismi sono stati correlati per valutare l'affidabilità delle descrizioni dei danni. La distribuzione territoriale degli effetti è stata effettuata computando il numero degli immobili danneggiati ricadenti in celle quadrate delle dimensioni 46x46 m appartenenti ad una griglia rettangolare di 252 celle ricoprente l'intero centro storico e parte dell'immediata periferia. Tuttavia, considerando che il conteggio degli edifici (poligoni) è corretto solo per oggetti completamente interni alla cella, il computo è stato effettuato dopo aver trasformato il layer poligonale catastale in *shapefile* di centroidi. Assimilando gli edifici a dei punti si ha, quindi, la certezza di aver conteggiato tutti gli immobili per ciascuna cella.

I dati relativi per il comune di Ripacandida (PZ) rivelano che la frequenza degli immobili affetti da livelli di danno D3-D4 è maggiore nella porzione centro-meridionale (celle verde-rosso). Per contro, la frequenza degli edifici affetti da danno D1-D2 è maggiore nell'area occidentale (Fig.3).

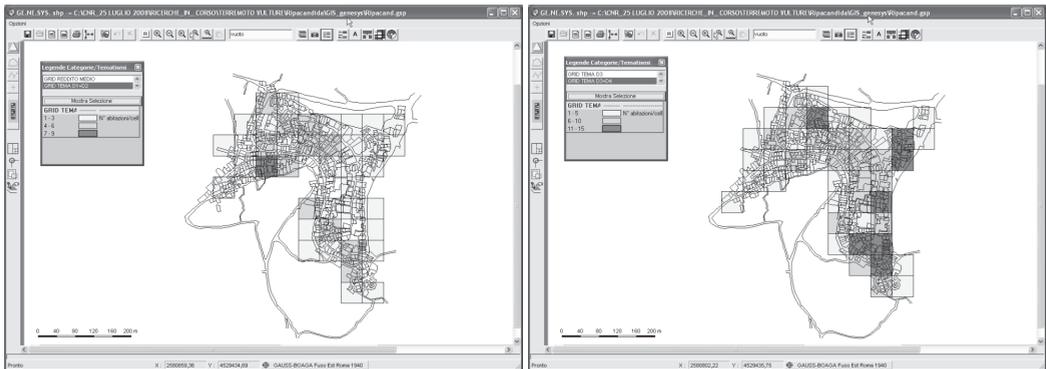


Figura 3 – Distribuzione dei livelli di danno D1-D2 (sinistra) e D3-D4 (destra) per il comune di Ripacandida. Il conteggio degli edifici per ogni cella è stato effettuato dopo aver trasformato il layer poligonale in shapefile di centroidi.

Questi dati sono, ad esempio, in buon accordo con la distribuzione territoriale cumulativa per cella del numero di giornate lavorative occorse per la ricostruzione. Infatti, è possibile notare come i valori più elevati ricalchino la distribuzione del danno maggiore (livelli D3-D4) (Fig. 4a). Analoghe osservazioni possono essere fatte dall'analisi della distribuzione degli importi delle perizie approvate dal Genio Civile. Gli importi minori sono più frequenti nel settore occidentale del centro storico dove il numero di immobili con danno D1-D2 è elevato (Fig. 4b).

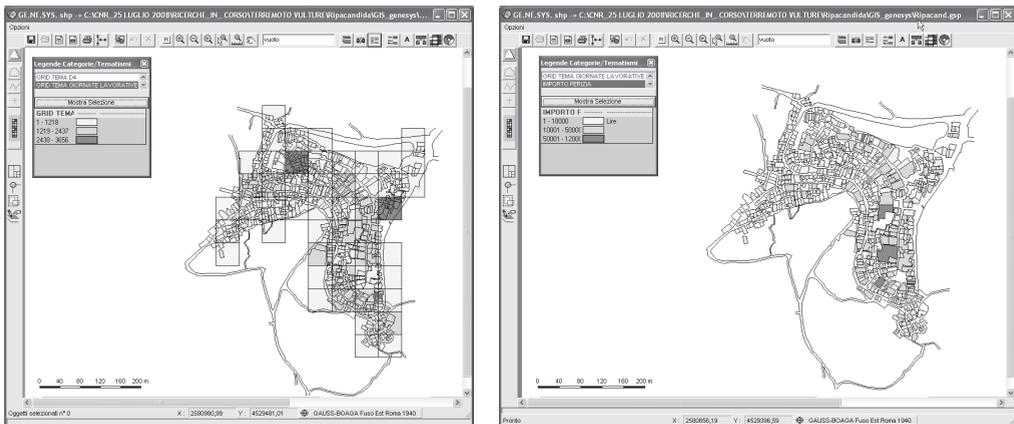


Figura 4 a)-sinistra- Distribuzione territoriale cumulativa per cella del numero di giornate lavorative occorse per la ricostruzione. I valori più alti (verde-rosso) ricalcano la distribuzione del danno maggiore; b)-destra- Distribuzione degli importi delle perizie. Si nota come i valori più bassi siano più frequenti nel settore ovest del centro storico, dove il danno complessivo è minore.

La costruzione di tematismi è utile anche per analizzare aspetti particolari connessi all'evento sismico. L'accuratezza nella redazione delle perizie, ad esempio, può esser messa in evidenza dalla frequenza di rapporti tecnici nei quali i danni sono direttamente descritti dai rilevatori (Fig. 5).

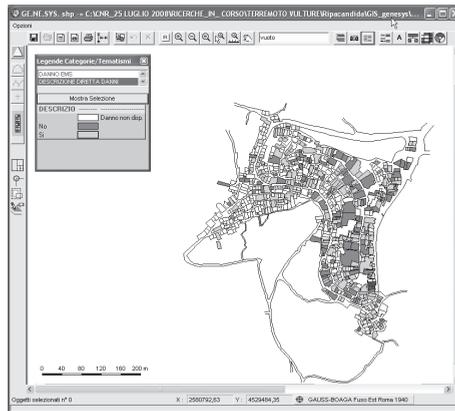


Figura 5- Ripacandida: la maggioranza della documentazione contiene una descrizione diretta (edifici in verde) dei danni, certificando un'accuratezza nella redazione delle perizie.

Peraltro, dall'analisi della durata dei lavori emerge che la maggior parte degli immobili fu consolidata entro un anno dal terremoto, indicando celerità della risposta istituzionale (Fig. 6a). Indicazioni di un contenimento dei costi di ricostruzione furono impartite ai tecnici del Genio Civile responsabili dell'approvazione delle contabilità finali dei lavori. Ciò è messo in evidenza dalla Figura 6b) ove sono evidenti cospicui risparmi soprattutto per gli immobili posti nell'area occidentale del centro urbano, soggetta a minori danni. I risparmi limitati conseguiti per il ripristino statico-strutturale nella zona meridionale sono un'indiretta conferma dei maggiori danni subiti da questo settore del paese.

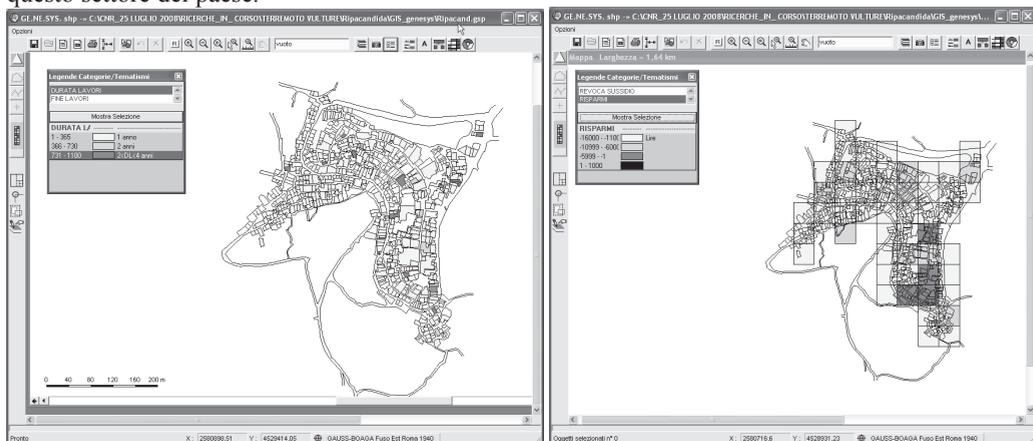


Figura 6 a-sinistra- Tematismo relativo alla durata dei lavori: la maggior parte degli immobili fu consolidata entro un anno dal terremoto (in giallo); b-destra- Tematismo relativo al contenimento dei costi di ricostruzione: i minori risparmi (in rosso) conseguiti per riparare gli immobili nella zona meridionale sono una indiretta conferma dell'affidabilità delle descrizioni dei danni.

Altro aspetto importante analizzato è quello relativo alla correlazione tra la distribuzione spaziale del reddito delle ditte proprietarie ed i livelli di danno degli immobili (Fig. 7a). Infatti, la prevalenza di redditi medio-alti (celle verdi e rosse) proprio nell'area centro-meridionale porterebbe ad escludere che i maggiori effetti strutturali del sisma possano essere conseguenza di un cattivo stato di conservazione dell'immobile, confermando cause di natura geologica (Gizzi, 2004).

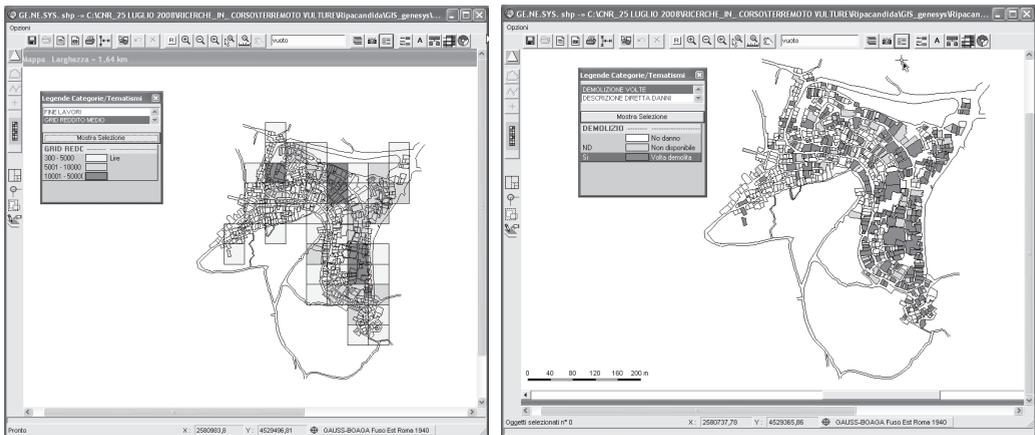


Figura 7) a (sin.)- Reddito medio dei proprietari, più alto nell'area a maggior danno; b (destra)- Interventi post-sisma: la demolizione e ricostruzione delle volte fu sistematica (edifici in rosso).

Infine, l'analisi dei computi metrici estimativi evidenziano le tipologie di interventi di riparazione effettuati. Le volte, quasi sempre soggette ad un grado di danneggiamento medio-grave o inducenti spinte elevate tanto da causare cinematico dei muri perimetrali, subirono interventi sistematici di demolizione, con costruzione di solai piani (Fig. 7b).

Conclusioni

E' stata esaminata la potenzialità del GIS per archiviare, gestire ed elaborare informazioni a carattere tecnico-amministrativo associate a forti terremoti storici.

A tale scopo è stato analizzato il terremoto irpino del 23 luglio 1930 e l'area, fortemente colpita dall'evento, posta alle falde dell'ex- vulcano Vulture (Basilicata).

La redazione di mappe tematiche 'storiche' si è dimostrata utile sia per effettuare test di affidabilità dell'informazione macrosismica sia per analizzare specifici aspetti come la risposta istituzionale alla calamità ed i caratteri tecnici degli interventi di ricostruzione/riparazione.

E' da evidenziare come la costruzione di database ricchi di dettagliate informazioni, specie concernenti il danno, siano di grande utilità anche per studi di vulnerabilità sismica del patrimonio costruito basati su dati empirici.

Bibliografia citata

- Cubellis E, Carlino S, Iannuzzi R, Luongo G, Obrizzo F. (2004). "Management of Historical Seismic Data Using GIS: The Island of Ischia (Southern Italy)". *Natural Hazards*, 33: 379-393
- Giammarinaro M.S, Tertulliani A, Galli G, Leta M. (2005), "Investigation on surface geology and intensity variability in the Palermo (Italy) urban area after the September 6, 2002 earthquake", *Bulletin Seismological Society of America*, 95(6): 2318-2327.
- Gizzi F.T. (2004), "Il terremoto irpino del 1930: cause geologiche del danno nell'area del Vulture", Atti del 22° Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica delle Terra solida. Sessione Microzonazione ed effetti di sito. Roma, 18-20 novembre 2003. CD-ROM
- Gizzi F.T, Masini N. (2004), "Damage scenario of the earthquake on 23 July 1930 in Melfi: the contribution of the technical documentation". *Annals of Geophysics*, 47(5): 1641-1665
- Gizzi F.T, Masini N. (2006), "Historical damage pattern and differential seismic effects in a town with ground cavities: A case study from Southern Italy". *Engineering Geology*, 88:41-58
- Gizzi F.T, Masini N. (2007), "Historical earthquakes and damage patterns for Potenza (Basilicata, southern Italy)", *Annals of Geophysics*, 50(5): 599-611

UNA APPLICAZIONE GIS PER UNA RETE DI GREENWAYS AI MARGINI DEL FIUME SIMETO

Giovanna TOMASELLI, Antonino FAILLA, Laura CARULLO

(*) Università degli Studi di Catania, Dipartimento di Ingegneria Agraria, Via Santa Sofia 100, 95123 CATANIA
tel. +39 095 7147573, fax +39 095 7147600, e-mail gitomas@unict.it

Riassunto

Nella nota è stata verificata l'utilità del GIS nelle procedure di analisi di infrastrutture viarie esistenti a margine di un tratto del fiume Simeto, al fine di valutarne la vocazione alla funzione di greenways. Le informazioni ed i dati territoriali elaborati con l'ausilio di un software GIS hanno consentito di individuare i tratti stradali che possono fungere da sede per lo sviluppo di un sistema di greenways che si snodi lungo il fiume, connettendo habitat di pregio ambientale e paesaggistico.

Abstract

The utility of GIS was verified in analysing the road network along a stretch of the River Simeto to evaluate the applicability of greenways. The information and data processed by the GIS software identified the stretches of road where a greenway system could be developed to wind its way along the river connecting habitats of environmental and landscape significance.

Introduzione

In ambito Europeo, oggi, vengono incentivate azioni mirate alla tutela dell'ambiente, attraverso la implementazione della rete natura 2000, attribuendo notevole importanza non solo alle aree ad alta naturalità, ma anche ai territori a queste limitrofi (di *bordura*) - che costituiscono l'anello di congiunzione tra l'ambiente naturale e quello antropico - ed in particolare ai *corridoi ecologici*, indispensabili per mettere in relazione habitat fra loro distanti. La rete dovrebbe comprendere le aste fluviali che, come è noto, sono i principali corridoi, attualmente sottoposti a una notevole pressione antropica. La Regione Siciliana può tracciare un bilancio positivo per quanto concerne lo sviluppo del sistema di aree protette, implementato dalla realizzazione della *Rete Ecologica Siciliana* prevista dal POR 2000/2006. Alle aree SIC e ZPS, appartenenti alla suddetta rete ecologica, sarà necessario associare la costruzione di una connettività secondaria, individuando zone cuscinetto e corridoi ecologici che mettano in relazione più aree protette, al fine di creare condizioni funzionali idonee al loro sviluppo.

In quest'ottica, le *greenways*: "...sistema di territori lineari tra loro connessi che sono protetti, gestiti e sviluppati in modo da ottenere benefici di tipo ricreativo, ecologico e storico-culturale" (Associazione Italiana Greenway), sono fondamentali ai fini dello sviluppo sostenibile del territorio e la tutela dell'ambiente.

Esse, oltre ad essere valide infrastrutture per la fruizione e la valorizzazione del territorio rurale, quando percorrono aree ad alto valore ambientale, come gli argini dei fiumi, possono contribuire al controllo delle pressioni antropiche, smorzandone le interferenze lungo i margini.

Il Simeto, principale fiume della Sicilia, è marcatamente influenzato e modificato dalla presenza antropica: infatti le attività agricole intensive e gli insediamenti urbani ed industriali determinano immissione di inquinanti nel suolo e nell'acqua e, più in generale, notevoli pressioni sugli habitat presenti lungo il corso, per cui la realizzazione di infrastrutture volte a mitigare o ad eliminare tali

impatti potrebbe generare assetti del territorio in cui le componenti ambientali ed antropiche si integrano in piena armonia.

Pertanto la classificazione delle infrastrutture esistenti, finalizzata ad individuarne il livello di adattabilità alla funzione di greenway, è un presupposto indispensabile per indirizzare le azioni di pianificazione. A tal fine è necessario considerare dati ed informazioni a carattere territoriale, per cui è opportuno utilizzare software GIS che, come è noto, ne agevolano l'elaborazione e l'interpretazione.

Materiali e metodi

Nell'ambito del POR Sicilia 2007-2013 (asse III, obiettivo specifico 3.2, obiettivo operativo 3.2.1: *Rafforzare la valenza e l'identità naturalistica dei territori*), è prevista una azione volta "al sostegno di attività di società ed associazioni impegnate nella tutela, valorizzazione e fruizione dell'ambiente e delle risorse naturali, al fine di aumentare la sensibilità sui temi ambientali attraverso la pratica di attività motorie ecocompatibili, compresi interventi di adeguamento ciclabile di sentieri esistenti", dando seguito alla misura 1.11. *Sistemi territoriali integrati ad alta naturalità* del programma POR Sicilia 2000-2006 dove si indicava che per la "Strutturazione della Rete Ecologica" era necessario il "recupero dei percorsi e della sentieristica minore dismessa legati all'esercizio dell'attività tradizionale". Per cui è necessario individuare strumenti metodologici ed operativi che possono essere da supporto alle politiche di sviluppo in atto.

Il presente studio potrebbe costituire un riferimento per eventuali azioni mirate a rispondere a quelle esigenze socio-ambientali che trovano nei programmi POR le risorse economiche necessarie per essere soddisfatte.

La ricerca è stata sviluppata considerando un ambito territoriale della Sicilia orientale significativo sotto l'aspetto ambientale e culturale: il tratto del fiume Simeto, di riferimento per la ricerca condotta, funge da asse congiungente di due SIC (ITA070026 Forre Laviche, ITA070025 Tratto di Pietralunga) e nello stesso tempo è corridoio ecologico in cui sono presenti habitat di pregio costretti a mediare i propri caratteri con i fattori agro-culturali dei territori dei comuni attraversati (Paternò, S. Maria di Licodia, Biancavilla e Adrano), spazi dove, talvolta, sono in atto conflitti tra gli elementi naturali e le attività antropiche.

Per tale area sono state acquisite, soprattutto, informazioni contenute su cartografie di base e tematiche successivamente inserite in ambiente GIS (ArcGis 9 della ESRI).

Come cartografia di base è stata utilizzata la cartografia tecnica regionale in scala 1:10.000, in formato digitale. I tematismi provengono: dalla Carta dell'uso del suolo Corine Land Cover, aggiornata con indagini dirette effettuate nel settembre del 2007, dalle carte storiche dell'IGM, in scala 1:50.000 ed 1:25.000, dai Sistemi Informativi realizzati nell'ambito del Piano Territoriale Paesistico Regionale (linee guida) e del POR 2000-2006 (per la individuazione delle aree natura 2000 del territorio siciliano).

La metodologia adottata può esser sintetizzata nelle seguenti fasi:

- *analitico-conoscitiva* per definire l'area sulla quale estendere l'indagine, tenendo conto della presenza delle aree naturali, dei vincoli paesaggistici, delle risorse agro-culturali;

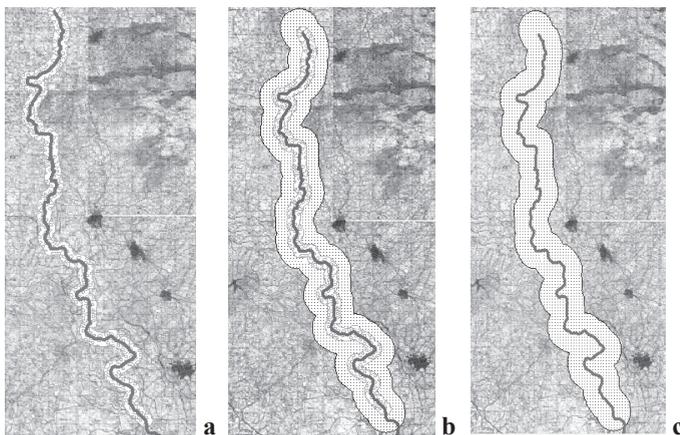


Fig. 1 – Individuazione dell'area adatta ad accogliere la rete di greenway: **a.** buffer massima ampiezza delle aree natura 2000; **b.** buffer presenza di emergenze architettoniche; **c.** buffer finale

- *interpretativa-valutativa* mirata a valutare la vocazione dei percorsi esistenti ad accogliere “percorsi lenti” in funzione della storicità delle infrastrutture e della valenza ambientale e paesaggistica del territorio attraversato.

Risultati e discussione

Il GIS è stato costruito inserendo la cartografia di base georeferita nel sistema di proiezione Gauss-Boaga. Ad essa sono state legate le informazioni spaziali relative ad alcuni temi contenuti nei seguenti supporti informativi:

- *Corine Land Cover*;
- carte dei *beni isolati* e dei *vincoli paesaggistici*, allegate alle Linee Guida del Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR);
- carte allegate alle schede dei due siti natura 2000 (ITA070026 Forre Laviche, ITA070025 Tratto di Pietralunga) e riportate nel Web GIS dell'Assessorato al Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia;
- carte *storiche IGM* disponibili in scala 1:50.000 per il 1866 ed il 1895 (foglio 269, I quadrante) ed in scala 1:25.000 per il 1924, 1934, 1944 (tutte le tavolette del I quadrante del foglio 269);
- *cartografia di base* in scala 1:10.000.

Le informazioni tratte dalla Corine sono state utili per realizzare il *layer* relativo all' *uso del suolo*. Esse sono state opportunamente aggiornate ed integrate con rilievi diretti effettuati nel mese di settembre 2007. Si evince che il paesaggio dell'agrumeto è prevalente lungo il fiume e nelle zone pianeggianti in prossimità di Paternò, mentre i seminativi si estendono soprattutto a destra del fiume, sui terreni della Piana di Catania. Gli ulivi, i ficodindia ed i pistacchi, talvolta integrati agli agrumi, sono strutturati in piccoli appezzamenti nelle parti collinari lontane dal fiume.

Considerando le Linee Guida del PTPR e le indicazioni di vincolo della Sovrintendenza per i Beni Culturali ed Ambientali della Provincia, nonché i risultati della interpretazione delle carte storiche IGM, sono stati realizzati specifici *layers* che evidenziano i *beni isolati* e le *aree di vincolo paesaggistico* lungo l'asse del fiume Simeto. Il territorio è segnato da molti episodi di architettura rurale di pregio (masserie, ville, ecc.) e di manufatti di valore documentario della civiltà contadina (muretti a secco, piccoli ricoveri). Gli edifici presentano caratteristiche di eccezionalità sia nelle tipologie che nei materiali utilizzati (pietra e tufo), mostrando il diretto collegamento con il periodo storico di origine. Le Masserie, in massima parte, sono concentrate in prossimità della foce del Simeto, mentre sono poche, ma con elementi di maggior pregio storico, quelle presenti nel tratto che va da Paternò fino a Bronte, in genere distanti dalla viabilità principale. La maggior parte sono state realizzate agli inizi del XX secolo. Solo alcune ma importanti costruzioni sono di epoca precedente (inizi del IX secolo).

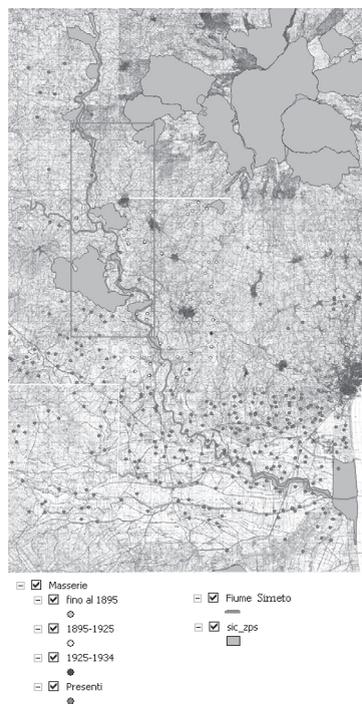


Figura 2 – Distribuzione delle emergenze architettoniche

Dalla cartografia di base sono stati ottenuti i *layers* relativi alle *infrastrutture viarie* classificate in primarie (di collegamento dei centri urbani, in genere corrispondenti alle statali ed alle provinciali),

secondarie (di penetrazione territoriale, in genere comunali), sterrate (corrispondenti alle strade interpoderali ed ai sentieri non sempre carrabili).



— Strade primarie — Strade secondaria — Strade sterrate

Figura 3 – Infrastrutture esistenti

L'inserimento delle informazioni storiche provenienti dalle carte IGM ha consentito di realizzare i layers della rete viaria storica così come si presentava prima del 1865 e dopo di questo anno, fino al 1938.

Naturalmente il GIS contiene le delimitazioni delle aree natura 2000 e l'asse del tratto del fiume Simeto che le congiunge. Il sistema è di rilevante interesse paesaggistico ed ambientale soprattutto per le particolari formazioni rocciose (forre laviche) e per la presenza di habitat di pregio specifici delle aree umide. Tutta l'area è ad elevata vulnerabilità a causa delle forti pressioni determinate dalla vicinanza di grossi centri abitati e dalla presenza di agricoltura intensiva.

Tali informazioni, in ambiente GIS, sono state oggetto di elaborazioni mirate preliminarmente alla determinazione dell'area che più si presta ad accogliere la *rete di greenway*, e successivamente alla valutazione delle infrastrutture viarie esistenti in tale ambito per classificarne l'attitudine ad essere destinati a "percorsi lenti".

A tal fine sono state utilizzate le funzioni GIS di *overlay topologico*, di *buffering* e di *segmentazione dinamica*.

Per la **determinazione dell'area adatta ad accogliere la rete di greenway** si è tenuto conto:

- della legge Galasso (Legge n. 431, 8 agosto 1985) che sottopone a vincolo paesaggistico " ... c) i fiumi, i torrenti ed i corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con Regio Decreto 11-12-1933, n. 1775, e le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna";
- della fascia determinata da una generatrice ortogonale all'asse del fiume avente dimensione costante ed equivalente alla larghezza massima riscontrata nell'ambito delle SIC-ZPS;
- della presenza di fabbricati rurali storici.

Pertanto sono stati individuati due *buffer* di riferimento (fig. 1):

- fascia di "*ampiezza massima SIC-ZPS*", chiedendo al sistema di tracciare i limiti considerando la larghezza massima delle SIC-ZPS attraversate dal fiume, comunque non inferiore a 150 m, imposta dalla legge 431/85. La larghezza massima delle *aree natura* (circa 500 m) attraversate dal fiume, risulta, in entrambi i lati, molto più ampia del valore imposto dalla normativa.

- fascia delle "*emergenze architettoniche puntuali*", la cui ampiezza è stata determinata sul lato destro in funzione della distanza minima del fiume dal centro abitato più vicino (Bronte: 1880 m), sul lato sinistro, dove non sono presenti centri urbani, in rapporto alla presenza di beni architettonici puntuali. Tale presenza è sufficientemente omogenea per una fascia di 1500 m.

Sulla base di tali risultati si è ritenuto opportuno considerare un *buffer* di uguale larghezza per entrambi i lati, corrispondente a 1500 m per lato (fig. 1).

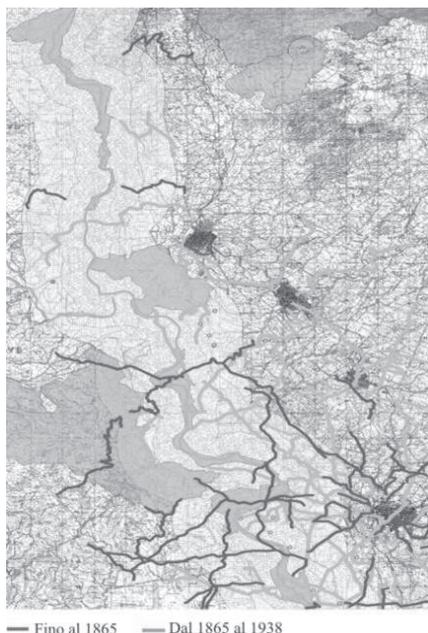


Figura 4 – Tracciato storico



Figura 5 – Infrastrutture esistenti su tracciato storico

Al fine di individuare l'attitudine delle **infrastrutture viarie**, esistenti nell'ambito di tale buffer, ad essere utilizzate come greenway sono state condotte ulteriori analisi GIS in modo da estrarre livelli informativi d'indirizzo. In particolare esse sono state effettuate tenendo conto dei seguenti tematismi:

- emergenze architettoniche puntuali, classificate in funzione del periodo di costruzione (fig. 2);
- infrastrutture viarie presenti, distinte secondo la loro funzione (fig. 3);
- infrastrutture viarie storiche, suddivise per epoca di realizzazione (fig. 4);

Attraverso funzioni di *overlay topologico* sono stati ottenuti alcuni tematismi derivati. Ai fini del presente studio è stato utile sovrapporre il tematismo relativo alle infrastrutture recenti con quello a carattere storico. In tal modo è stato possibile evidenziare le strade che ripercorrono antichi percorsi (fig. 5). Una ulteriore query è stata formulata per individuare le emergenze architettoniche puntuali di epoca antecedente al 1900. Non si è tenuto conto del tematismo relativo all'uso del suolo poiché nell'ambito della fascia territoriale considerata la copertura è abbastanza omogenea: sono presenti agrumeti punteggiati da colture arboree miste (ficodindieto, oliveto e pistacchieto nel territorio di Bronte). Il livello informativo è comunque di interesse ai fini della comprensione della valenza del paesaggio agrario.

Nel formulare le query per la classificazione attitudinale all'uso di greenway dei tratti viari si è tenuto conto di questi ultimi livelli informativi. Pertanto è stato chiesto al sistema di classificare i tratti in funzione dei seguenti parametri (fig. 6):

- storicità (tratti esistenti prima del 1938);
- distanza dall'asse del fiume (minore o uguale a 150 m; oltre i 150 m);
- distanza dal perimetro delle aree natura (minore o uguale a 150 m, oltre i 150 m);
- inclusione nelle aree natura;
- distanza dalle emergenze architettoniche realizzate prima del 1900 (minore o uguale a 150 m, oltre i 150 m).

La figura 6 mostra, in rosso, i tratti che presentano la massima attitudine ad essere integrati in un sistema di greenway. Pertanto essi dovrebbero appartenere alla struttura della rete il cui sviluppo potrebbe essere configurato in diverso modo tenendo conto anche dei tratti ad attitudine minore. In figura 7 è tracciata, in verde, una ipotesi di greenway.



Figura 6 – Attitudine delle infrastrutture all'uso di greenway



Figura 7 – Individuazione delle aree in cui sono presenti le infrastrutture maggiormente vocate all'uso di greenway ed ipotesi di sviluppo di un percorso

L'assetto finale dei percorsi, naturalmente, presuppone indagini di dettaglio che dovrebbero condurre alla progettazione di una rete continua, omogenea e diversificata nell'offerta delle risorse fruibili e nelle possibilità e modalità di accesso e godimento.

Conclusioni

Le elaborazioni GIS sui dati geografici hanno consentito di individuare l'area del fiume Simeto maggiormente vocata allo sviluppo di greenways e di suddividere le infrastrutture in essa esistenti secondo classi di attitudine all'uso per percorsi lenti, tenendo conto soprattutto di parametri selettivi di tipo culturale (storicità, interesse architettonico e paesaggistico).

Lo studio potrebbe costituire un utile supporto alla individuazione di assetti territoriali mirati alla valorizzazione delle risorse ambientali, in alternativa agli odierni indirizzi che sempre più spesso prevedono la realizzazione di impianti a forte impatto a ridosso delle più importanti SIC e ZPS del fiume.

Bibliografia

- Aashto (1999), *Guide for the development of bicycle facilities*, Washington Dc, Usa.
- Burrough P.A. (1986), *Principles of geographical information systems for land resource assessment*, Clarendon Press, Oxford, U.K, 194.
- EGWA (2000), *The European Greenways Good Practice Guide*, Guide edited by: European Greenways Association (A.E.V.V. / E.G.W.A.), Namur, Belgique, 92.
- Mennella V. (a cura di) (2004), *Greenway per lo sviluppo sostenibile del territorio*, Il verde editoriale, Milano, 264.
- Mogorovich P., Mussio P. (1988), *Automazione del Sistema Informativo territoriale. Elaborazione Automatica dei Dati Geografici*, Masson, 503-8 vol.2.
- Sargolini M., Cinquini F., Perna P. (2006), *Reti ecologiche e siti natura 2000*, Ed. Kappa, Roma, 222.
- Senes G., Fumagalli N. (2000), *Valorizzazione delle linee ferroviarie inutilizzate attraverso la creazione di un sistema di greenways*, Associazione italiana greenways, Milano, 52.
- Toccolini A., Fumagalli N., Senes G. (2004), *Progettare i percorsi verdi, manuale per la realizzazione di greenways*, Maggioli Ed., 330.

Il contributo al presente lavoro è da considerarsi paritetico sotto ogni aspetto.

E' doveroso ringraziare Francesco Di Domenico per il fattivo supporto nelle fasi di implementazione del GIS.

ATTENUAZIONE DEGLI EFFETTI DEL MULTIPATH NEL POSIZIONAMENTO GPS

Aldo TRECROCI, Giuseppe ARTESE, Marcello GENCARELLI

(*) Università della Calabria – Dipartimento di Pianificazione Territoriale – Cubo 46b
87036 Arcavacata di Rende (CS) – Tel. 0984496778 – Fax 0984496787
email aldo.trecroci@unical.it ; g.artese@unical.it ; mgencarelli@unical.it

Riassunto

Nel presente lavoro, dopo un'introduzione che esamina lo stato dell'arte in materia evidenziando le diverse linee di ricerca ed i risultati finora raggiunti, vengono analizzate le possibilità di attenuazione degli effetti del multipath per mezzo di supporti per antenne costituiti da materiale assorbente. Alcune prove sono state effettuate posizionando nello stesso punto diverse antenne e comparando i risultati ottenuti. Vengono utilizzati software per il controllo di qualità dei segnali. I risultati ottenuti vengono mostrati e commentati.

Abstract

In the paper, after an introduction that examines the state of the art in the field by highlighting the various lines of research and the results achieved so far, the possibility of mitigating the effects of multipath through a curtain for antennas made of absorbent material is investigated. A test has been carried out by placing in the same place antennas with and without the absorbent material and the results obtained have been compared, by using a well-known quality control software. The results obtained are shown and commented.

Introduzione

Tra le cause di disturbo nelle misurazioni GPS, una delle più importanti e per questo motivo oggetto di studio e di attenzione da parte della comunità scientifica è senz'altro quella dovuta al multipath.

Il multipath, come noto, è un allungamento del percorso del segnale proveniente dal satellite al ricevitore per effetto di fenomeni di riflessione su superfici prossime al ricevitore stesso.

La difficoltà maggiore nella modellazione del multipath consiste nella sua stretta dipendenza dall'ambiente ove è collocato il ricevitore e pertanto dalla singolarità della sua manifestazione. Per questo motivo esso non può essere rimosso per mezzo di operazioni differenziali aventi validità generale indipendenti dallo specifico sito.

Il multipath provoca distorsioni nelle misurazioni effettuate sia con misure di codice (C/A e P) che con misure di fase. Il segnale è comunque sempre ritardato, rispetto al suo tempo teorico di viaggio nell'ipotesi di percorso perfettamente rettilineo dal satellite al ricevitore, per effetto delle successive riflessioni che esso subisce.

Un interessante studio (J.H. Williams et al., 2000) ha posto in relazione quattro differenti tipologie di multipath, misurando il rapporto tra la potenza del segnale "utile" misurato e quella del segnale distorto per effetto del multipath. Le prime due differenti tipologie di multipath sono dovute alla riflessione del segnale su edifici con pareti verticali o sul terreno nei pressi del sito ove è collocata l'antenna. Nel primo caso la riflessione, per bassi angoli di elevazione del satellite genera un'inversione della polarizzazione del segnale che può essere riconosciuta e filtrata dall'antenna; nel secondo caso invece il segnale proveniente da angoli inferiori a quello di orizzonte (minori di 0°) subisce o meno inversione della polarizzazione in funzione della tipologia del suolo.

Le seconde due tipologie di multipath sono invece dovute alla diffrazione del segnale su pareti verticali, quali edifici, o sul suolo circostante l'antenna. In questo caso l'effetto cumulativo del disturbo viene modellato come un rumore di misurazione (M. Brenner et al., 1998).

Nella figura 1 vengono illustrate le quattro situazioni sopra descritte evidenziando con l'abbreviazione RHCP il segnale che non subisce inversione della polarizzazione (*Right Hand Circular Polarization*) e con LHCP quello che invece subisce inversione della polarizzazione (*Left Hand Circular Polarization*).

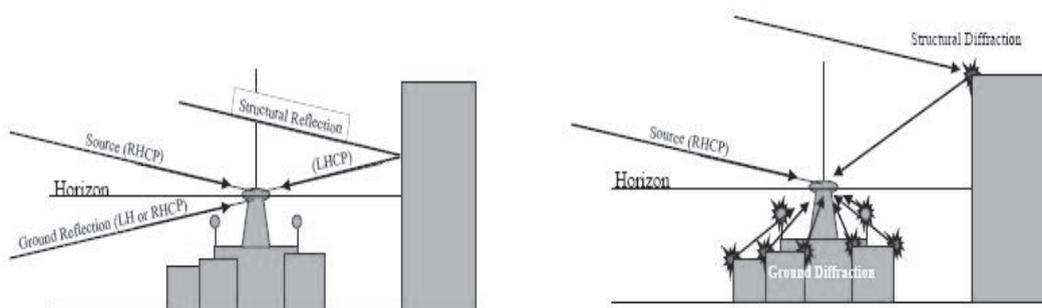


Fig. 1 – Differenti tipologie di multipath, a sinistra per riflessione e a destra per diffrazione del segnale

Le tecniche adottate per la riduzione degli effetti del multipath sono molteplici. Oltre all'ovvia scelta del sito, che dovrebbe essere privo di ostacoli in modo da permettere la ricezione del segnale dei satelliti in maniera diretta anche per bassi angoli di elevazione dall'orizzonte, si è sperimentato che è opportuno collocare l'antenna ad un'altezza di almeno un metro sopra la superficie del suolo (per altezze dell'antenna inferiori ad un metro rispetto al suolo sono stati misurati disturbi dovuti al multipath superiori da cinque a dieci volte quelli relativi alla stessa situazione con l'antenna posta ad un'altezza di circa cinque metri).

Inoltre nel corso degli anni sono state perfezionate antenne quali le choke ring e le groundplane che riescono a mitigare notevolmente i disturbi dovuti al multipath. Lo stesso risultato tendono a conseguire i ricevitori basandosi su tecniche di filtraggio che eliminano i segnali aventi potenza più bassa o con caratteristiche di polarizzazione differenti da quelle originarie.

La ciclicità delle posizioni satellitari con riferimento ad uno specifico sito ha suggerito tecniche di *mapping* del multipath utilizzando osservazioni ripetute ad intervalli regolari di tempo e antenne paraboliche praticamente esenti da rumore di multipath (C.Meertens, 2000).

Interessanti tecniche di filtraggio basate su algoritmi ai minimi quadrati sono state sperimentate per le stazioni permanenti operanti con continuità (*continuously operating GPS stations o CGPS*) (Linlin GE et al., 2001). Nel caso specifico è stato studiato un filtro orientato ad identificare le mutazioni del multipath in conseguenza di eventi particolari quali terremoti, eruzioni vulcaniche, etc. piuttosto che il disturbo in se stesso.

Attualmente la valutazione dei disturbi dovuti al multipath viene spesso eseguita tramite il software TEQC (*Traslate/Edit/Quality/Check*) free e open source sul sito della UNAVCO.

Analisi del multipath con il software TEQC

Il software TEQC provvede ad uno *screening* del segnale ricevuto effettuando un controllo di qualità dello stesso. Una delle cause di rumore esaminate è quella dovuta al multipath.

Le equazioni di base utilizzate dal TEQC per lo sviluppo del modello di valutazione del multipath sono le equazioni alle distanze per l'osservabile codice e l'osservabile fase (W.A.Holler et al., 2005):

$$PD_{ir}^s = \rho_{ir}^s + (dt^s - dt_r) + I_{ir}^s + T_{ir}^s + M_{PD_{ir}^s} + \varepsilon_{PD_{ir}^s} \quad (1)$$

$$\Phi_{ir}^s = \rho_{ir}^s + (dt^s - dt_r) + \lambda_i N_{ir}^s - I_{ir}^s + T_{ir}^s + M_{\Phi_{ir}^s} + \varepsilon_{\Phi_{ir}^s} \quad (2)$$

Nelle equazioni di cui sopra il significato dei simboli è riassunto nella tabella seguente:

Simbolo	Significato	Simbolo	Significato
i	Frequenza (L1 o L2)	Φ_{ir}^s	Misura di fase per λ_i
ρ_r^s	Distanza ricevitore satellite	M_{PD_i}	Errore dovuto al multipath della pseudodistanza (i)
dt^s	errore dell'orologio sul satellite	M_{Φ_i}	Errore dovuto al multipath sulla fase (i)
dt_r	errore dell'orologio sul ricevitore	PD_i	Pseudodistanza
I_r^s	Errore ionosferico	N_{ir}	Numero delle ambiguità intere sulla fase i
T_r^s	Errore troposferico	$\varepsilon_{PD_i}^s$ e $\varepsilon_{\Phi_i}^s$	Termini di rumore sulla pseudodistanza e sulla misura di fase (i)

Tab. 1 – Significato dei simboli nelle equazioni (1) e (2)

Effettuando la differenza delle due relazioni della (2) per $i = 1$ e $i = 2$ (prima e seconda frequenza di L1 e L2 rispettivamente pari a $f_1 = 1.57542$ GHz e $f_2 = 1.2276$ GHz), nell'ipotesi di percorsi dei segnali L1 e L2 identici nell'atmosfera, e tenendo conto che i termini di ritardo ionosferico I_1 e I_2 sono tra loro relazionati dalla:

$$I_2 = \alpha I_1 \quad (3) \quad \text{con} \quad \alpha = \frac{f_1^2}{f_2^2} \quad (4)$$

si ricava

$$\frac{\Phi_1 - \Phi_2}{(\alpha - 1)} = I_1 + \frac{\lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2}{(\alpha - 1)} + \frac{M_{\Phi_1} - M_{\Phi_2}}{(\alpha - 1)} \quad (5)$$

Combinando la (5), la (2) e la (1) e dopo alcune manipolazioni algebriche si ottengono i termini di multipath nella portante L1 e in quella L2 rispettivamente pari a:

$$MP_1 = PD_1 - \frac{\alpha + 1}{\alpha - 1} \Phi_1 + \frac{2}{\alpha - 1} \Phi_2 \quad (6)$$

$$MP_2 = PD_2 - \frac{2}{\alpha - 1} \Phi_1 + \frac{\alpha + 1}{\alpha - 1} \Phi_2 \quad (7)$$

Le suddette equazioni sono ottenute trascurando i termini di multipath dovuti alla fase rispetto quelli relativi all'osservabile codice e i termini di bias derivanti dall'ambiguità di fase. Questi ultimi

vengono fissati dal TEQC inizialmente con il primo valore di multipath calcolato per un satellite interessando più che i valori assoluti del multipath, le sue variazioni nel tempo.

Il software TEQC ricava i valori di multipath MP_1 e MP_2 sulle portanti L1 e L2 rispettivamente. Tali valori sono preminentemente influenzati da quelli relativi alle osservazioni di codice. Dalle equazioni sopra riportate è evidente che il calcolo presuppone la disponibilità delle osservazioni di fase e di codice su entrambe le lunghezze d'onda portanti λ_1 e λ_2 . Quindi è necessario disporre di ricevitori a doppia frequenza.

Il multipath calcolato con i codici C/A e P sulla portante L1 (P1 multipath) e con il codice P sulla portante L2 (P2 multipath) può essere influenzato da fonti di rumore sia di origine interna (strumentale) come il rumore legato all'elettronica del ricevitore, sia di origine esterna come le interferenze elettromagnetiche prodotte da antenne trasmettenti che operano a frequenze vicine a quelle GPS (Betti et al., 1997), o la presenza di superfici riflettenti nei pressi del ricevitore.

L'output del TEQC fornisce una serie di *files* che descrivono la qualità del segnale ricevuto durante la sessione di lavoro ed informazioni sulle orbite dei satelliti. Utili ai fini dell'analisi del multipath sono i files con estensione *.mp1 e *.mp2 che riportano i valori di multipath di codice sulle portanti L1 e L2 rispettivamente.

Inoltre, come brevemente descritto nel capitolo introduttivo, il multipath proveniente da angoli inferiori a 0° per riflessione o diffrazione, viene assimilato ad un rumore del segnale. Pertanto indicazioni utili possono essere ottenute dai files con estensione *.sn1 e *.sn2 del software TEQC che danno in output i valori del rapporto segnale rumore (S/N) in funzione dell'acquisizione.

I report riassuntivi forniscono inoltre i valori medi e gli scarti quadratici medi dei valori sopra detti e i valori di media mobile, sulle ultime 50 acquisizioni, del multipath.

La sperimentazione eseguita presso l'Università della Calabria

E' stato eseguito un test, acquisendo i segnali GPS con due ricevitori, utilizzati con e senza un sottostante pannello di un materiale 'assorbente' per le lunghezze d'onda L1 e L2 del segnale dei satelliti. Il pannello, del tipo utilizzato presso il Dipartimento di Elettronica dell'Università della Calabria per la costruzione di una camera anecoica, presenta cuspidi della lunghezza di circa 20 cm, e dovrebbe determinare un abbattimento del rumore proveniente per multipath sul terrazzo e quindi un miglioramento del rapporto S/N.

Sono state eseguite due sessioni di acquisizioni in due giornate consecutive allo stesso orario della durata di un'ora circa, con *rate* di 15 secondi. In questo modo le configurazioni dei satelliti osservate nei due giorni sono identiche ed è possibile sincronizzare precisamente le due sessioni di misurazione. Sono state utilizzate due antenne Trimble la prima modello Zephyr Geodetic abbinata ad un ricevitore 5700 e la seconda una internal abbinata a ricevitore R6.

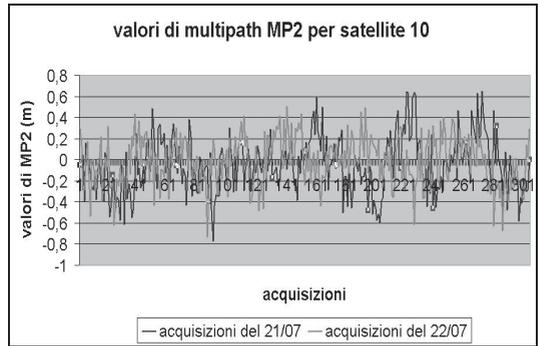
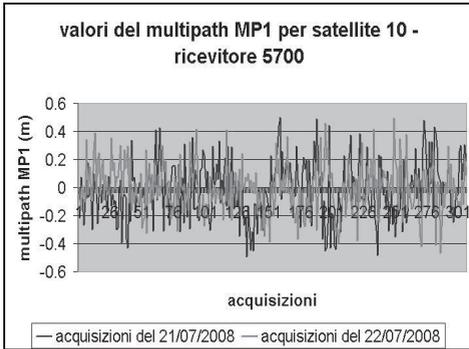
Nel corso della prima giornata di acquisizioni è stato applicato il supporto 'assorbente' all'antenna R6, mentre l'antenna abbinata al ricevitore 5700 ha acquisito senza supporto. L'inverso è stato fatto il giorno seguente.

Le analisi di qualità delle acquisizioni effettuate sono state eseguite utilizzando il software TEQC sopra descritto. In particolare oltre al report riassuntivo sono stati analizzati i report inerenti il multipath rilevato e il rapporto segnale rumore. Ovviamente, come detto, i dati di output opportunamente 'sincronizzati' si riferiscono a satelliti occupanti la medesima posizione in due giorni consecutivi.

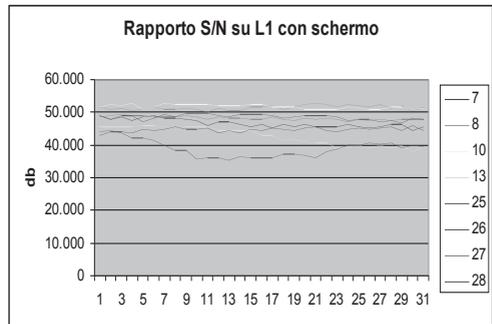
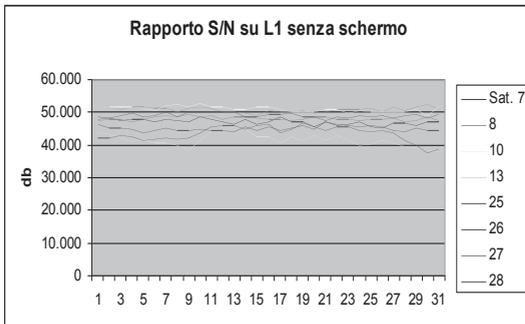
Nella figure 2 e 3 sono riportati i confronti tra i valori di *multipath* di codice sulle portanti L1 e L2 rispettivamente, rilevati con il ricevitore Trimble 5700 e l'antenna Zephyr Geodetic, durante le acquisizioni del 21 e 22 luglio per il satellite 10.

Dai grafici non emergono significative differenze sostanziali sui valori medi e di picco del *multipath* rilevato.

Nei grafici riportati nelle figure 4 e 5 sono indicati i rapporti S/N sulla frequenza L1, rilevati durante le acquisizioni nei due giorni consecutivi, senza e con lo schermo con antenna zephyr e ricevitore Trimble 5700.



Figg 2 e 3 – Valori di multipath di codice su prima e seconda portante per il satellite 10



Figg 4 e 5 – Rapporti S/N per 31 acquisizioni senza e con schermo per 8 satelliti.

Si osservano solo leggere variazioni, tranne che per i satelliti 13 e 25, come si evidenzia meglio nella figura 6. Per il satellite 13 si nota un leggero miglioramento, mentre l'opposto si verifica per il satellite 25. Il fenomeno è limitato ad un breve periodo, come si può osservare dalla figura 7.

Conclusioni e futuri sviluppi

Il primo test eseguito non ha mostrato significative variazioni nei valori di *multipath* e del rapporto S/N. Si prevede di eseguire un ulteriore test, con acquisizioni più lunghe, e con diversa disposizione geometrica del pannello.

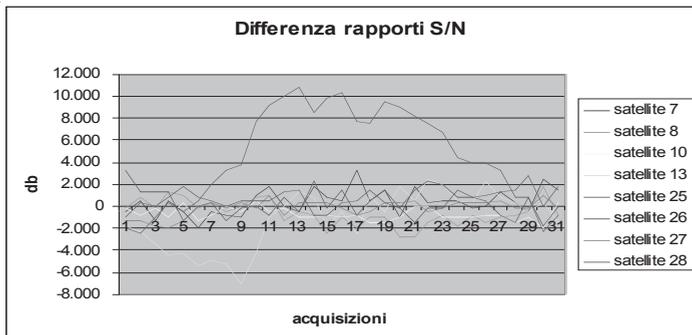


Fig 6 – Differenza tra i rapporti S/N senza schermo e con schermo.

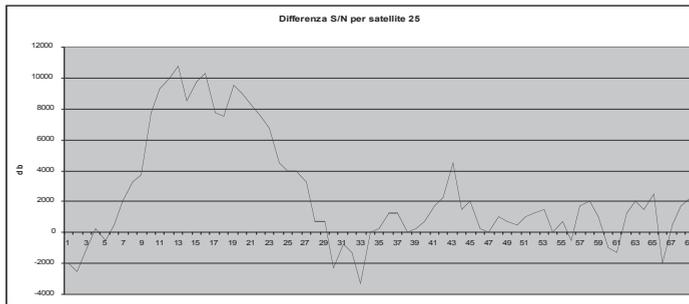


Fig 7 – Differenza tra i rapporti S/N per satellite 25 (70 acquisizioni).

Bibliografia

Jonathan H. Williams, Robert J. Davis, Eddie N. Rosario - Multipath Mitigation Performance of Planar GPS Adaptive Antenna Arrays for Precision Landing Ground Stations - - The MITRE Corporation - 13th International Technical Meeting of 1 The Satellite Division of The Institute of Navigation Salt Lake City, Utah, September 2000

M. Brenner, R. Reuter, B. Schipper, "GPS Landing System Multipath Evaluation Techniques and Results," in Proc. ION GPS-98, pp. 999-1008.

Linlin Ge, Shaowei Han, and Chris Rizos - GPS Multipath Change Detection in Permanent GPS Stations School of Geomatic Engineering - The University of New South Wales - Sydney, NSW 2052, AUSTRALIA - Yuki Hatanaka Geographical Survey Institute - Ministry of Construction, Japan

Meertens, C, 2000. The Antenna and Multipath Calibration System website:
http://www.unavco.ucar.edu/projects/active_projects/amcs.

W.A.Holler, B.Heck e C.P.Krueger, Estimation of the multipath effect using TEQC software – Universidade do Parana e Karlsruhe Universitat, 2005

Betti B., Cina A., Tombolini L. (1997). *The Turin Politecnic Permanent GPS station. Proceedings of the workshop on the Italian GPS permanent network*. F. Vespe and M. Fermi Editors. Telespazio. 123-132.

CARTA DEL RISCHIO E ACCESSO GEOGRAFICO ALLE INFORMAZIONI SUL PATRIMONIO CULTURALE LOMBARDO

Sergio URBISCI (*), Enrica MOZZI (**), Erik TIENGO (**)

(*) Direzione Generale Culture, Identità e Autonomie della Lombardia, Regione Lombardia, Via Pola 12/14,
20124 Milano, tel.02/6765.2655, fax 02/6765.2698, E-mail: Sergio_Urbisci@regione.lombardia.it

(**) Lombardia Informatica S.p.A., Via Don Minzoni 24, 20158 Milano, tel. 02/39331.497,
fax 02/39331.369, E-mail: enrica.mozzi@lisa.it

Riassunto

La "Carta del Rischio del Patrimonio Culturale" della Lombardia è un sistema informativo territoriale di supporto alle decisioni relative al patrimonio storico-architettonico lombardo, sia in materia di monitoraggio del rischio cui sono sottoposti i beni immobili sia in materia di definizione delle politiche atte a programmarne la conservazione. Attualmente è applicata a oltre 20.000 edifici, vincolati e non vincolati, e permette di rappresentare per ciascuno di essi indicatori di rischio individuale. Il modulo di questo sistema che gestisce la rappresentazione degli edifici georeferenziati su mappa è stato utilizzato per dotare di accesso geografico il portale Lombardia Beni Culturali che contiene le informazioni sugli edifici catalogati secondo gli standard ICCD.

Abstract

The "Risk Map of Cultural Heritage" of Lombardy region is a geographic information system supporting decisions in matter of risk monitoring and planned preservation of historical-architectonical heritage. It is currently applied to approximately 20.000 buildings and it permits to represent, for each of them, risk pointers. The module of this system that manages the representation of georeferred buildings was used to give geographic access to the portal Lombardia Beni Culturali that contains information on buildings catalogued according to the ICCD standards.

Introduzione

E' sempre più diffusa la coscienza dell'importanza che contestualizzazione e localizzazione geografica dei beni culturali hanno non solo per la conoscenza integrata e la gestione dell'intero patrimonio culturale ma anche ai fini della pianificazione territoriale a scale differenti. Poter riferire un bene, un percorso, un evento al territorio al quale essi sono legati permette di cogliere relazioni con aspetti ambientali e antropici o con altri elementi del patrimonio culturale esistenti nello stesso ambito geografico, consentendone di conseguenza una migliore conoscenza, tutela, valorizzazione e fruibilità nell'ambito di una consapevole programmazione e pianificazione dell'uso del territorio. E' perciò necessario che le attuali metodologie di catalogazione e diffusione comprendano anche la componente geografica dell'informazione, per consentire di presentare i beni culturali nel proprio contesto territoriale non solo agli operatori dei settori di interesse specifico ma anche al più vasto pubblico in Italia e all'estero.

La "Carta del Rischio del Patrimonio Culturale e NaDIR

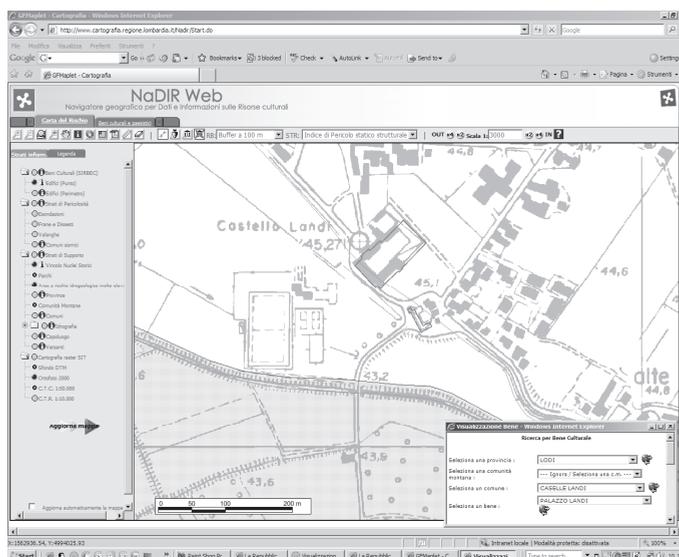
La "Carta del Rischio del Patrimonio Culturale" della Lombardia è un sistema informativo territoriale di supporto alle decisioni relative al patrimonio architettonico di interesse storico-artistico sia in materia di monitoraggio del rischio cui sono sottoposti i beni immobili sia in materia di definizione delle politiche atte a programmarne la salvaguardia e la conservazione (Cannada-Bartoli et al., 2004). Carta del Rischio, sviluppata sulla base dell'omonimo sistema dell'Istituto Centrale per il Restauro (ICR) del MiBAC dal quale ha mutuato l'impostazione generale specializzandola a scala regionale, è parte del Sistema Informativo Regionale dei Beni Culturali (SIRBeC) nel quale sono contenute le informazioni derivanti da una più che decennale attività di catalogazione del patrimonio culturale mobile e immobile della Lombardia secondo metodologie e standard definiti dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione (ICCD) del MiBAC.

Carta del Rischio, attraverso la georeferenziazione, mette in relazione la collocazione degli edifici catalogati nella banca dati di SIRBeC (attualmente oltre 20.000 e in continuo aumento con campagne di catalogazione affidate alle province lombarde) con la localizzazione di fenomeni ambientali calamitosi (frane, valanghe, esondazioni e terremoti) che costituiscono un pericolo per la componente statico-strutturale degli stessi. Queste informazioni, presenti su carte tematiche, vengono elaborate con tecnologie GIS per poter calcolare indicatori di pericolosità individuale, riferiti cioè a ogni singolo edificio. Gli indicatori di pericolosità vengono poi correlati con quelli di vulnerabilità che rappresentano sinteticamente lo stato di conservazione degli edifici per i quali è stata effettuata un'approfondita analisi sul campo: la correlazione determina l'indicatore di rischio individuale.

Scopo del sistema è creare, attraverso tali indicatori, una graduatoria del rischio in modo da far emergere le situazioni che richiedono indagini più approfondite, preliminari ad interventi di conservazione o di restauro.

Carta del Rischio è pubblicata su web attraverso **NaDIR** (Navigatore per Dati e Informazioni sulle Risorse culturali) <http://www.cartografia.regione.lombardia.it/Nadir>. Il modulo di NaDIR che gestisce la rappresentazione degli edifici georeferenziati su mappa è stato utilizzato per dotare di accesso geografico il portale **Lombardia Beni Culturali** <http://www.lombardiabeniculturali.it> che pubblica su web SIRBeC.

The screenshot shows the website interface for 'Lombardia Beni Culturali'. At the top, there's a navigation bar with 'newsletter | contatti' and a 'BETA 1.01' badge. The main header reads 'Lombardia Beni Culturali'. Below it, a descriptive paragraph states: 'Questo è il nuovo portale regionale del patrimonio culturale. Qui trovate i cataloghi on line dei beni storico-artistici, già pubblicati a questo indirizzo, e le risorse storico-archivistiche che erano ospitate da Lombardia Storia. Il nuovo portale è in via di assestamento, vi chiediamo di portare pazienza se riscontrate errori e malfunzionamenti. Contiamo anche sulle vostre segnalazioni.' The page is organized into several columns: a left sidebar with 'Storia e documenti', 'Beni Culturali', 'Luoghi della cultura', and 'Approfondimenti'; a central content area with featured items like 'Il viaggio in Oriente di Filippo Camperio', 'Il fondo fotografico Camperio', 'Archivi letterari lombardi del Novecento', and 'Ville storiche sul lago di Como'; and a right sidebar with 'Ricerca geografica', 'In evidenza', and 'Notizie'. The footer contains copyright information: '© 2002-2008 Regione Lombardia - Università degli Studi di Pavia' and 'Progetto | Mappa del sito | Statistiche di utilizzo'.



<http://www.cartografia.regione.lombardia.it/NaDir>

Georeferenziazione e rappresentazione dei beni su mappa

Gli edifici, la cui esatta collocazione viene controllata attraverso un sopralluogo, vengono georeferenziati per mezzo della digitalizzazione del proprio perimetro; la rappresentazione tuttavia, a seconda della scala individuata o di particolari esigenze di analisi, può avvenire anche soltanto per mezzo di un punto (centroide del poligono che individua l'edificio).

La catalogazione prevede che vengano redatte una o più schede a seconda che il bene sia (considerato) singolo o complesso. Un edificio viene considerato complesso quando costituito da più parti fisiche non contigue o contigue ma con caratteristiche storiche, costruttive o funzionali differenti.

Nel caso dei complessi ad ogni scheda di un suo componente viene associata la relativa georeferenziazione e alla scheda del complesso viene associata solo una coppia di coordinate, non legata alla (precisa) collocazione sul territorio, come "ancoraggio" della propria denominazione sulla mappa: alla piccola scala sarà solo questa rappresentazione puntiforme del complesso a venir adottata mentre a scale di dettaglio verranno rappresentati anche tutti i componenti (con punti o poligoni, a scelta) collegati tra loro per mezzo di un grafo completo.

Accesso geografico su web al portale dei beni culturali

Benché riferiti agli stessi oggetti, il sistema geografico e quello catalografico (alfanumerico) si sono sviluppati negli anni in modo parallelo e sono gestiti da enti differenti che condividono il rispetto degli standard nazionali ma utilizzano tecnologie diverse.

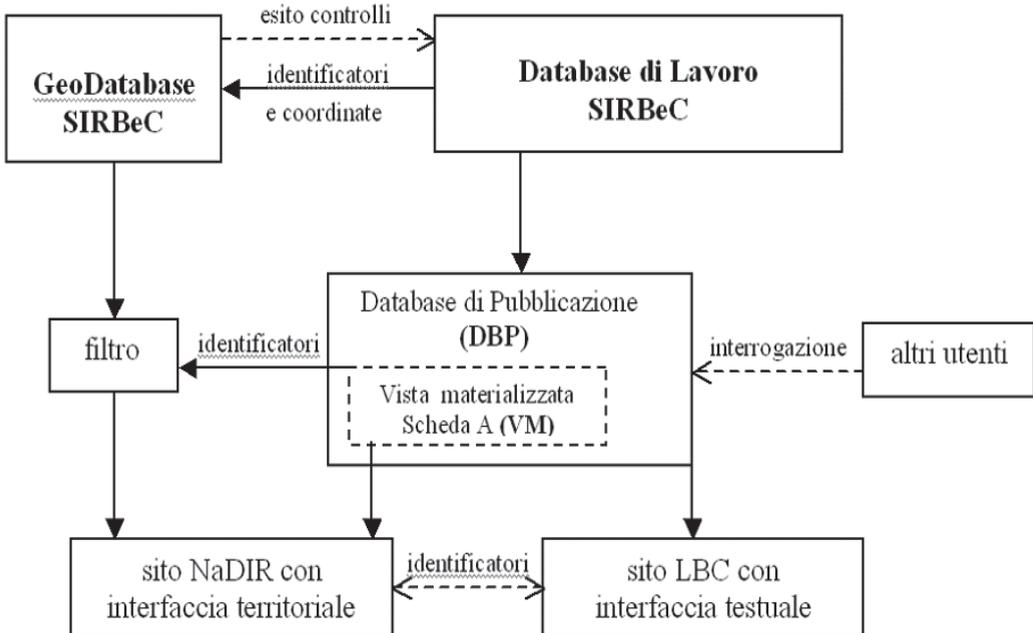
Si è scelto di mantenere separati i due ambienti sia per le specifiche competenze di gestione tecnica e disciplinare richieste sia per renderne più liberi da vincoli operativi e funzionali i rispettivi futuri sviluppi.

Entrambi i sistemi si basano sulla stessa banca dati di produzione Oracle; da questa banca dati vengono estratte le schede di catalogo considerate pubblicabili secondo criteri di qualità e riservatezza dei dati. Per poter essere prese in carico da Lombardia Beni Culturali (LBC) per la pubblicazione su web è tuttavia necessario provvedere ad una esportazione in un tracciato interpretabile da PostgreSQL, software su cui si basa questo portale.

E' stato pertanto necessario realizzare a posteriori meccanismi di colloquio e sincronizzazione che rendono possibile navigare in modo integrato a partire da uno qualsiasi dei due portali NaDIR e LBC.

Descriviamo sommariamente come ciò avviene qui di seguito.

1. Le schede che presentano uno stato di pubblicazione valido vengono copiate e “congelate” in uno schema parallelo a quello di lavoro (una “vista materializzata” VM): questo schema si trova su un db Oracle, al pari di quello di produzione.
2. VM viene esportato in un tracciato compatibile con il db PostgreSQL per la pubblicazione da parte di LBC.
3. LBC carica i dati del tracciato in uno schema parallelo a quello di pubblicazione in modo da verificare quali record aggiornare, eliminare o inserire e segnala la riuscita del nuovo impianto dati.
4. Contestualmente VM viene copiato in un ulteriore schema VM2a disposizione di NaDIR, che garantirà la consistenza con i dati di LBC fino alla successiva importazione di un nuovo tracciato nel db di LBC.
5. VM ritorna ad essere “libera” di accettare nuove schede in quanto sarà VM2 a garantire l'allineamento di NaDIR con i dati pubblicati sul LBC.



Conclusioni

I due ambienti, nonostante siano pubblicati da gestori diversi e con tecnologie differenti, riescono a comunicare e garantire la visualizzazione dello stesso bene grazie ad un codice univoco che lo identifica (IDK); essendo le banche dati perfettamente allineate, l'utente può a sua discrezione accedere al bene da un'interrogazione prettamente alfanumerica (Lombardia Beni Culturali) per poi "localizzarlo" sul territorio regionale o, viceversa, muoversi su una mappa eseguendo dei filtri "geografici" (NaDIR) e poi interrogare tutte le informazioni di catalogo ad esso associate.

L'esperienza descritta costituisce a nostro avviso una possibile soluzione al problema più generale, particolarmente presente nell'ambito della catalogazione di beni culturali, di consentire l'accesso geografico su web ad informazioni contenute in banche dati costituite nel tempo e originariamente non organizzate per garantire questa funzionalità.

Bibliografia

Cannada-Bartoli N., Palazzo M., Urbisci S. (2004), "Carta del rischio del patrimonio culturale. Il polo regionale della Lombardia", *Bollettino ICR – Nuova Serie*, n.6-7

Urbisci S. (2004), Introduzione a *La Carta del rischio del patrimonio culturale in Lombardia. Guida per la georeferenziazione dei beni storico-architettonici*, Guerini & Associati, Milano

MONITORAGGIO DEGLI INTERVENTI SELVICOLTURALI NELLA PROVINCIA DI ROMA E STIMA DELLO SFRUTTAMENTO DEI SISTEMI FORESTALI CLASSIFICATI SECONDO EUNIS

Lodovico VANNICELLI CASONI (*), Elisabetta BASSANO (*), Duilio IAMONICO (*),
Romina LORENZETTI (*), Tiberio DE SANTIS (**), Raffaele REITANO (*)

(*) Provincia di Roma, Dipartimento V, Servizio 4°- Geologico, Ufficio Agro-forestale,
viale di Villa Pamphili 84, l.vannicellicasoni@provincia.roma.it

(**) Provincia di Roma, Dipartimento VI, Servizio 3°- Sistema Informativo Geografico,
via L. Pianciani 22, t.desantis@provincia.roma.it

Riassunto

In questo lavoro si analizzano, mediante tecniche di analisi GIS, le aree sottoposte ad intervento selvicolturale nel territorio della Provincia di Roma, sulla base della recente classificazione europea degli habitat naturali e seminaturali (EUNIS). Sfruttando le potenzialità degli strumenti informativi in possesso dell'Amministrazione Provinciale, sono state integrate le informazioni derivanti dalle Banche Dati Vegetazionali e dal DataBase forestale. Le elaborazioni effettuate hanno consentito di dedurre quali siano le categorie EUNIS maggiormente sfruttate e, in tal modo, quale influenza abbia l'attuale gestione selvicolturale sui biotopi di elevato pregio naturalistico.

Abstract

In this work, the implications of wood exploitation in the area of Province of Rome, were examined from an ecological standpoint, related to the EUNIS recent Habitat Classification. Informations about vegetational characteristics of the forest stands were integrated with those from silvicultural management database, using GIS applications. The results show which EUNIS types are more exploited, allowing to evaluate the influence of the current silvicultural management in the good quality natural ecosystem.

Introduzione

A partire dal 1999, con le LL.RR. n.4 e n.14, e successivamente con la L.R. n. 39/02, la Provincia di Roma ha acquisito, per delega della Regione Lazio, competenza nella gestione dei procedimenti autorizzativi relativi ad interventi di natura agro-forestale all'interno del proprio ambito territoriale. L'Ufficio Agroforestale, appositamente costituito allo scopo di attuare e sviluppare tale delega, ha provveduto, mediante l'utilizzo della tecnologia GIS, ad implementare ed aggiornare costantemente un database geografico relativo agli interventi di utilizzazione forestale. Tale banca dati consente sia il monitoraggio spazio-temporale degli interventi, sia l'analisi dei parametri strutturali e dendrometrici dei soprassuoli, sia la verifica delle compatibilità idrogeologiche e naturalistiche. Con la recente realizzazione delle "Banche Dati Vegetazionali" (Ingravallo et al., 2007; Guidi, Vannicelli Casoni, 2007), la Provincia di Roma si è dotata di un ulteriore strumento per l'analisi della copertura vegetale in base alle principali codifiche richiamate dalla letteratura scientifica, dalle vigenti normative e dai documenti tecnici di indirizzo (categorie fitosociologiche, codifiche Eunis, Corine Biotopes, Corine Land Cover, Habitat sec. Dir. 92/43/CEE). Sfruttando le potenzialità degli strumenti informativi in possesso dell'Amministrazione Provinciale, sono state integrate le informazioni delle Banche Dati Vegetazionali con quelle relative alle

utilizzazioni forestali. In particolare si sono classificate le aree sottoposte a taglio boschivo secondo la recente classificazione EUNIS (La Presa et al., 2004), adottata per catalogare a scala europea tutti gli habitat naturali e seminaturali. È stato valutato il grado di sfruttamento selvicolturale relativo nelle diverse categorie EUNIS.

Materiali e metodi

L'elaborazione dei dati è stata effettuata in ambiente GIS (Arcview 8.3), utilizzando strumenti di analisi statistica e spaziale. In riferimento alla fig.2, è stato deciso di non prendere in considerazione le categorie EUNIS non significative, ovvero quelle rappresentate da una superficie < 1% (in numero di 38, inglobate nella categoria "Altre" in fig.1); esse non sono state, dunque, conteggiate nel totale.

Risultati

Le superfici sottoposte ad utilizzazione boschiva dal 1999 ad oggi rientrano nella maggior parte in due tipologie di habitat secondo EUNIS (Fanelli et al., 2007):

- G1.75: *Forests of strongly sub-Mediterranean character, dominated by subthermophilous oak species, such as Quercus cerris, Q. frainetto, sometimes Q. petraea, Q. pseudocerris, Q. boissieri;*
- G1.7D: *Supra-Mediterranean and sub-Mediterranean Castanea sativa-dominated forests and old established plantations with semi-natural undergrowth.*

Seguono 11 habitat rappresentati da una superficie compresa tra il 10% e l'1% (fig.1).

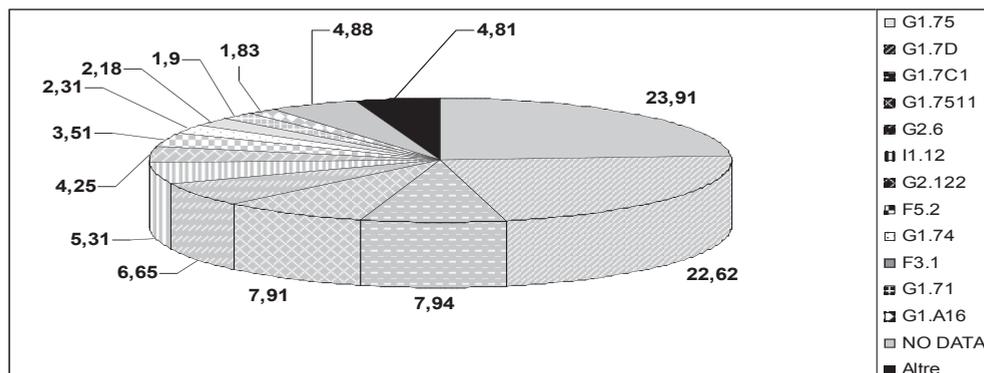


Fig. 1 – Superficie (%) occupata dalle tipologie di habitat EUNIS nelle aree sottoposte al taglio.

Confrontando nell'istogramma seguente (fig.2) la percentuale di copertura delle tipologie di habitat, individuate sulla base della classificazione EUNIS, all'interno delle aree sottoposte al taglio (fig.2, colonne nere) con quella riferita all'intero territorio provinciale (fig.2, colonne puntinate), si deduce che non tutte le tipologie di habitat sono sfruttate in modo proporzionale alla loro rappresentatività. Dal grafico risultano due gruppi di dati:

1. Il primo gruppo (alla sinistra della linea verticale tratteggiata) comprende le categorie EUNIS che sono rappresentate, nella superficie soggetta a taglio boschivo, con un percentuale maggiore rispetto a quella con cui sono rappresentate nella superficie complessiva della Provincia. In questo caso, dunque, per ciascuna categoria EUNIS, si rileva un sfruttamento relativamente elevato rispetto al secondo gruppo (fig.2, colonne grigie). Le categorie maggiormente sfruttate, proporzionalmente alla loro estensione sul territorio provinciale, sono:

- G1.A16: *Quercus robur* or *Quercus petraea* forests of eutrophic or mesotrophic soils.
- G1.7511: *Quercus cerris*-dominated forest formations of the supra-Mediterranean, montane.
- G1.7D: *Supra-Mediterranean* and *sub-Mediterranean Castanea sativa*-dominated forests and old established plantations with semi-natural undergrowth.
- F5.2: *Evergreen sclerophyllous* or *lauriphyllous shrub* vegetation, with a more or less closed canopy structure.

Per i primi tre tipi fisionomici (boschi misti mesofili a *Quercus petraea*, *Q. robur* e *C. betulus*, boschi a *Q. cerris* e boschi a *Castanea sativa*), il grado di sfruttamento è riconducibile sia dall'elevato rendimento economico del legname (specialmente per il castagno), sia dall'esistenza di una tradizione storica nell'utilizzo di queste formazioni boschive.

Nel caso della macchia arbustiva (F5.2) l'elevato sfruttamento sembrerebbe un dato fittizio. Dal database forestale, infatti, risulta che le aree al taglio corrispondenti a questa tipologia di habitat, ricadenti tutte nella zona tolfetana, sono dichiarate leccete. È possibile che, al momento della fotointerpretazione, propedeutica alla realizzazione della carta della vegetazione (Fanelli et al., 2007), i boschi in questione presentassero una fisionomia assimilabile a quella della macchia mediterranea, a causa di recenti ceduazioni. La tipologia EUNIS corrispondente ai boschi di *Quercus ilex* (G2.122) occupa una posizione medio-bassa nell'ordine di sfruttamento (fig.2).

- Il secondo gruppo (alla destra della linea verticale tratteggiata) comprende le categorie EUNIS che sono rappresentate, nella superficie soggetta a taglio boschivo, con una percentuale minore rispetto a quella con cui sono rappresentate nella superficie complessiva della Provincia. In questo caso, tuttavia, i dati si riferiscono a tipologie non boschive. I tagli cartografati in tali aree sono verosimilmente frutto di errori di rappresentazione legati a: scala di lavoro, imprecisioni grafiche nelle cartografie allegate ai progetti di taglio, ecc. Nella realtà, i tagli risultano spesso confinanti con seminativi o aree arbustive. Le categorie interessate fanno infatti riferimento a: coltivazioni intensive (I1.12), arbusteti caducifogli di specie atlantiche/subcontinentali e arbusteti di zone a foresta mediterranea degradata (F3.1), aree per le quali manca in bibliografia l'informazione (NO DATA).

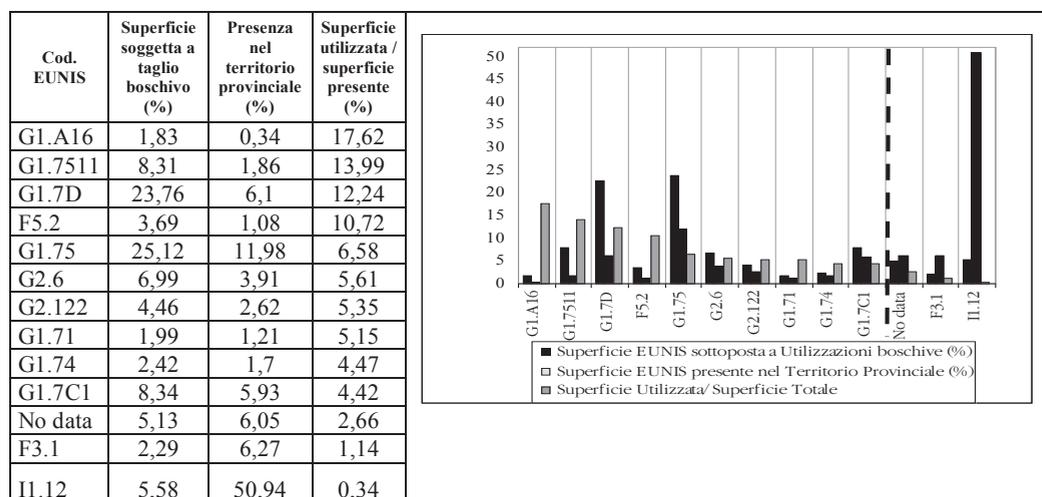


Fig. 2 – Confronto tra la percentuale di copertura delle tipologie di habitat all'interno dell'area sottoposte al taglio (in giallo) con quella riferita all'intero territorio provinciale (in verde).

Le tipologie EUNIS sono diversamente rappresentate nelle aree governate a ceduo e a fustaia, come visualizzato dalla fig.3 (sono esclusi i tagli intercalari e quelli di trasformazione, rappresentanti d'altra parte una percentuale trascurabile delle forme di trattamento):

Cod. EUNIS	Descrizione EUNIS	Cedui	Fustaie
G1.75	Boschi supramediterranei di Quercus sp. del Mediterraneo orientale	26,14%	12,85%
G1.7D	Boschi e foreste di Castanea sativa (comprese le colture da frutto ormai naturalizzate)	24,99%	<1%
G1.7C1	Boschi di Ostrya carpinifolia dominante	9,37%	0%
G1.7511	Boschi dell'Italia del sud a Quercus cerris	8,62%	0%
I1.12	Monocolture intensive di medie dimensioni (1-25ha)	5,93%	<1%
G2.122	Foreste supra-mediterranee di Quercus ilex del Mediterraneo nord-occidentale e del Mare Adriatico	5,01%	<1%
F5.2	Macchie arbustive, con assenza di specie decidue	4,16%	0%
G1.74	Boschi supramediterranei italo-illirici di Quercus sp. ed Ostrya carpinifolia	2,53%	0%
G2.6	Boschi di Ilex aquifolium arborecente del ponte sardo-corso e delle coste atlantiche	2,70%	33,42%
F3.1	Arbusteti e cespuglieti delle regioni temperate	2,25%	1,66%
G1.71	Boschi di Quercus pubescens e comunità correlate del Bacino mediterraneo occidentale	2,24%	0%
G1.A16	Foreste sub-continentali di Quercus sp. e Carpinus betulus	1,98%	0%
G3.7	Boschi e foreste di Pinus sp. (escluso Pinus nigra) dell'area mediterranea	0%	7,29%
F5.5	Arbusteti xero-termofili dell'area mediterranea	<1%	7,50%
F	Habitat cespugliati, brughiere e comunità della tundra	0%	3,63%
E2.6	Prati seminati e fertilizzati artificialmente, inclusi campi sportivi e prati or-namentali	<1%	1,13%
NO DATA	-	1,29%	29,74%
Altre	-	2,75%	2,78%

Fig. 3 – Superficie (%) occupata dalle tipologie di habitat EUNIS distinta per classi di governo

Per quanto riguarda i cedui, tra le 12 categorie EUNIS significativamente presenti, quelle maggiormente rappresentate sono: G1.75 (querceti misti del mediterraneo orientale, 26,14%) e G1.7D (castagneti, 24,99%). Per le fustaie, 9 sono le tipologie EUNIS significative; tra esse spiccano: G2.6 (boschi con agrifoglio - faggete - 33,42%) e G1.75 (querceti misti del mediterraneo orientale, 12,85%).

Tale andamento riflette quanto è comunemente conosciuto riguardo al rapporto tra forma di governo e caratteristiche fisio-ecologiche delle differenti specie forestali. In effetti, per le conifere l'unico governo possibile è quello a fustaia, essendo esse dotate solo di accrescimento apicale. Riguardo al faggio, è noto che il materiale legnoso proveniente dal governo a fustaia sia qualitativamente migliore. Le faggete governate a ceduo sono usate infatti principalmente per la produzione di legna da ardere. Al contrario, le piante di castagno sono redditizie economicamente fino ad una certa età (25-30 anni), mentre con l'invecchiamento, spesso la pianta è soggetta all'attacco di patogeni e alla cosiddetta "cipollatura", fattori che compromettono la vitalità e la produttività del bosco, nonché lo scadimento delle qualità merceologiche del legname.

È stata effettuata un'ulteriore elaborazione, estrapolando le tipologie di habitat EUNIS rappresentate nelle aree occupate dai boschi sottoposti a divieto taglio, ai sensi della L.R. n°43 del 2/9/1974 "Provvedimenti per la difesa e lo sviluppo del patrimonio forestale" (fig.4).

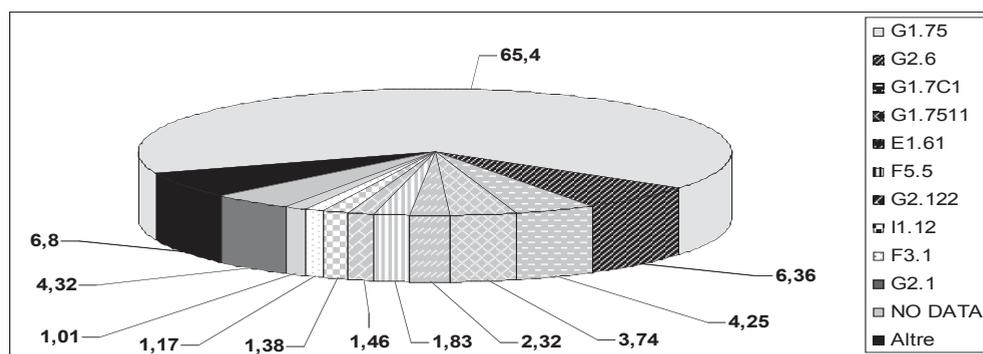


Fig. 4 – Superficie (%) occupata dalle tipologie di habitat EUNIS in aree sottoposte a divieto di taglio.

Risulta che la tipologia EUNIS dominante è la G1.75 (querceti misti del mediterraneo orientale) rappresentante ben il 65,40% del totale. Seguono 9 categorie, con percentuali comprese tra l'1% e il 10%. Infine 30 categorie con percentuali <1%. Per il 4,32% del territorio non è stata assegnata la tipologia EUNIS.

Le tipologie forestali dei boschi sottoposti a divieto di taglio sono caratterizzate dalla presenza di: leccio e farnia (Tenuta di Capocotta, Roma), cerro (Bosco di Macchia Grande, Manziana; Bosco di Baccano, Cesano di Roma), cerro e carpino (Bosco di Gattaceca, Monterotondo), cerro e farnetto (Bosco di Foglino, Nettuno), cerro e faggio (Bosco di Monte Cucco e Monte Cucchetto, Civitavecchia; Bosco Freddara, Bosco Taglietti-Monte Ianne e Bosco Monte Zanfone, Allumiere; Bosco Quartuccio e Bosco Piantangeli, Tolfa; Bosco Volpinara e Bosco Canali-San Marino, Gorga), faggio (Bosco di Facciafredda, Arcinazzo Romano; Bosco Paia Murata, Jenne; Bosco Spalviera, Camerata Nuova).

Nell'ambito di una politica che ha promosso una gestione indirizzata verso la salvaguardia estrema (nessun intervento), la presenza di questi boschi, sottratti alla gestione ordinaria, è legata alla volontà di conservare la biodiversità e la variabilità genetica all'interno dell'ecosistema forestale. Successivamente, con la L.R. n°39 del 28/10/2002 ("Norme in materia di gestione delle risorse forestali"), all'art.26, comma 6, viene asserito che "Le aree boscate sottoposte a tutela ai sensi della L.R. 43/1974, rientrano tra i boschi tutelati ai fini della conservazione della biodiversità e del germoplasma".

Ad oggi sono disponibili solo alcuni studi (Lattanzi et al., 2005; Tedeschini Lalli, 1995; Contoli et al., 1980) per monitorare e valutare gli effetti di questa scelta. Sulla base delle esperienze acquisite da questo ufficio, la salute di questi boschi risulterebbe in diversi casi piuttosto precaria, mentre in alcuni altri, è stato possibile osservare un buono stato fitosanitario.

Conclusioni

Sono state effettuate una serie di elaborazioni relative alla presenza quali-quantitativa ed alla distribuzione delle tipologie di habitat codificate secondo la classificazione EUNIS, nelle aree soggette a gestione selvicolturale di competenza della Provincia di Roma, con riferimento al periodo 1999-2007.

Complessivamente, sono due le categorie EUNIS maggiormente rappresentate: querceti misti del mediterraneo orientale (G1.75) e castagneti (G1.7D).

Dal punto di vista selvicolturale, le tipologie di habitat EUNIS più sfruttate, rispetto alla superficie da essi occupata nel territorio provinciale, sono: boschi misti mesofili a *Quercus petraea*, *Q. robur* e *C. betulus*, boschi a *Q. cerris* e boschi a *Castanea sativa*. L'analisi particolareggiata della

distribuzione degli habitat EUNIS per forme di governo, riflette l'adeguatezza della scelta selvicolturale rispetto alle caratteristiche fisio-ecologiche delle differenti specie forestali.

Nel considerare le aree sottoposte a divieto taglio, spicca, per superficie occupata, la tipologia G1.75 (querceti misti del mediterraneo orientale) col 65,40%. Questi boschi nascono con l'intento di costituire serbatoi di diversità genetica per la conservazione *in situ* della biodiversità degli ecosistemi forestali.

Bibliografia

- Amodio M., Bovina G. (2002), *Il territorio Laziale, Geologia del Lazio, Geomorfologia del Lazio*". In: AIPIN (2002), "Manuale di Ingegneria Naturalistica applicabile al settore idraulico", Punto stampa S.r.l. editore, Roma, 421pp.
- Blasi C. (1994), *Fitoclimatologia del Lazio*, Regione Lazio, Assessorato Agricoltura, Foreste, Caccia e Pesca, Usi Civili, Dipartimento di Biologia Vegetale, Università "La Sapienza" di Roma.
- Istat (2001), *Censimento generale della popolazione e delle abitazioni*. Roma.
- Contoli L., Lombardi G., Spada F. (1980), *Piano per un parco naturale nel territorio di Al lumiere e Tolfa*, Istituto Poligr. e Zecca dello Stato. Roma, 268 pp.
- Fanelli G., Bertarelli M., Bianco P.M., Caroselli V., Cazzagon P., D'Angeli D., De Corso S., De Sanctis M., Gioia P., Guerra A., Serafini Sauli A., Testi A., Pignatti S. (2007), *Carta della vegetazione della Provincia di Roma*, Amministrazione Provinciale di Roma, Roma.
- Guidi A., Vannicelli Casoni L. (2007), "La struttura innovativa delle Banche Dati Vegetazionali della Provincia di Roma: analisi, applicazioni, sviluppi". Atti della 11 Conferenza Nazionale ASITA. Torino, 6-9 novembre 2007.
- Ingravallo C., Gianfelice M. (2007), "Le banche dati vegetazionali della Provincia di Roma". Atti della 11 Conferenza Nazionale ASITA. Torino, 6-9 novembre 2007.
- Lapresa A., Angelici P., Festari I. (2004), *Gli habitat secondo la nomenclatura EUNIS: manuale di classificazione per la realtà italiana*, APAT. Roma, 160 pp.
- Lattanzi E., Perinelli E., Riggio L. (2005), "Flora vascolare del bosco di Foglino (Nettuno – Roma)", *Inform. Bot. Ital.*, 36 (2) (2004). 337-361.
- Tedeschini Lalli L. (1995), *La cerreta di Macchia Grande di Manziana (RM)*. "Primo inquadramento fitosociologico", *Ann. Bot. Roma*, 51(1993), Suppl. 10 (2): 297-305.
- Vannicelli Casoni L., Iamónico D., Bassano E., Gallo A., Reitano R. (2007), "La Gestione degli Interventi Forestali nella Provincia di Roma: Applicazioni GIS", Atti della 10^a Conferenza Italiana Utenti ESRI. Roma, 18-19 Aprile 2007.

IL CONTRIBUTO DEL MIVIS NELLO STUDIO ECOLOGICO DELLE ACQUE E DELLA VEGETAZIONE DEI LAGHI DI MANTOVA

Micòl VASCELLARI (*), Claudia GIARDINO (**), Mariano BRESCIANI (***),
Daniele LONGHI (****), Marco BARTOLI (****), M. Antonietta DESSENA (*)

- (*) Ente Acque Sardegna (ENAS) - Servizio Salvaguardia del Territorio e Tutela delle Acque,
viale Elmas 116, Cagliari, tel. 340/8342537, fax 1782245759; e-mail: micolvasc@tiscali.it
- (**) CNR-IREA, via Bassini 15 Milano, tel. 02-23699298, fax 02-236999300, e-mail: giardino.c@irea.cnr.it
- (***) CNR-Stazione Sperimentale di Sirmione "Eugenio Zilioli", via Punta Staffalo 16 Sirmione (Bs),
tel. 030-916556, fax 030-916556, e-mail: bresciani.m@irea.cnr.it
- (****) Università di Parma, Dipartimento di Scienze Ambientali, viale G. P. Usberti 11A, Parma,
tel. 0521-906000, e-mail: marco.bartoli@unipr.it

Sommario

Questo studio è nato dall'esigenza di un ampliamento delle conoscenze sulle caratteristiche delle acque e della vegetazione dei laghi di Mantova, contraddistinti da una situazione ipertrofica delle, disequilibri nella presenza delle macrofite acquatiche e con problematiche d'interramento. L'applicazione delle tecniche di telerilevamento hanno come obiettivo la mappatura dei parametri di qualità della colonna d'acqua e delle specie di macrofite per ottimizzare la gestione dell'area, al fine di migliorare la qualità ecologica. Nel 2007 sono state effettuate misure radiometriche di campo con spettrometro e da piattaforma aerea tramite il sensore iperspettrale MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer), con risoluzione 4 m, associate a misure limnologiche delle acque del sistema lacustre. Il dato MIVIS è stato geocodificato e corretto atmosfericamente, successivamente sono state applicate tecniche di inversione di modelli bio-ottici per la stima dei parametri di qualità dell'acqua. Lo studio del comparto vegetale è stato eseguito sia valutando la separabilità spettrale delle specie di macrofite dominanti, sia attraverso l'applicazione di indici di vegetazione abitualmente utilizzati dal telerilevamento. Le mappe dei parametri otticamente attivi della colonna d'acqua, di temperatura e di NDVI della vegetazione acquatica emersa ha confermato il precario stato di salute dei laghi mantovani.

Abstract

Mantova's lakes are characterised by hypertrophic conditions, anomalous growth of macrophyte and problematic organic matter sedimentation. A deeper knowledge of the water quality characteristics and of vegetation conditions is therefore necessary for protecting this vulnerable ecosystem. Remote sensing techniques can be used to derive the characteristics of the water column quality and macrophyte species to improve the ecological quality of natural ecosystems. In 2007 we carried out field campaigns in order to collect data on the Mantova's lakes. We collected field radiometric measurements with a portable spectroradiometer and an airborne image over the lakes with the MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer) hyperspectral sensor that is characterised by a spatial resolution of 4 m. At the same time we carried out laboratory measurements of the limnological properties of the lake waters. MIVIS images were geocoded and atmospherically corrected before applying inversion techniques of the bio-optical model. The analysis of the vegetation compound has been done by evaluating spectral separability of the dominant macrophyte species and by using vegetation indices. Maps of optical properties of the water column, temperature and NDVI of aquatic surface vegetation confirmed the precarious conditions of the Mantova's lakes.

Area di studio

L'area di studio è l'area di divagazione fluviale del Mincio che include tre laghi intercomunicanti denominati: Lago Superiore, Lago di Mezzo, Lago Inferiore. Nel caso specifico, i risultati del progetto sono riferiti al lago Superiore e al lago di Mezzo. Questi laghi sono caratterizzati da elevata trofia ed accumulo di materiale organico dovuto alla crescita di macrofite emergenti o di comunità pleustofitiche (Telò et al., 2007). L'eccesso dei nutrienti favorisce fioriture microalgali che attenuano la penetrazione della luce nell'acqua ed inibiscono la crescita delle macrofite sommerse. Il lago di maggiori dimensioni è il lago Superiore con una superficie pari a 3,80 km², mentre il lago di Mezzo e il lago Inferiore hanno un'estensione pari a 1,07 km² e 1,45 km² rispettivamente (Franchini, 2000). Il perimetro del primo lago è di circa 10 km e quello dei due bacini a valle di circa 6 km. Il volume di invaso dei tre laghi da monte a valle è rispettivamente 14,5 Mm³, 3,27 Mm³ e 4,36 Mm³, il tempo teorico medio di residenza idraulica è di 0,028 anni (Osservatorio dei Laghi Lombardi, 2004). La vegetazione delle sponde è caratterizzata da canneti, saliceti e cariceti; nei corpi d'acqua alle macrofite autoctone (*Trapa natans*, *Nuphar luteum* e *Nymphaea alba*) si associano specie alloctone, in particolare, nel lago Superiore, è massiccia la presenza del fiore di loto (*Nelumbium nucifera*). A causa della capacità infestante di questa, e di altre specie esotiche, sono necessari massicci interventi periodici di sfalcio per preservare l'integrità dei laghi e per tutelare le specie autoctone.

Metodologia

Date le ridotte dimensioni areali dei laghi mantovani e la necessità di studiare sia la componente acquatica che quella vegetale, per questo studio è stato scelto il sensore iperspettrale MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) per la sua elevata risoluzione spaziale (4 m al suolo) e spettrale. Il dato MIVIS è stato acquisito il 26-07-2007 alle ore 13:45 (ora locale) dalla CGR di Parma. Al fine di validare il dato iperspettrale nel giorno del passaggio sono state effettuate misure fotometriche, radiometriche e limnologiche. L'approccio utilizzato per lo studio delle proprietà ottiche delle acque dei laghi di Mantova è di tipo semianalitico, il quale utilizza specifiche regioni degli spettri dell'immagine e che richiede la conoscenza delle caratteristiche spettrali delle sostanze otticamente attive ricercate nell'acqua, per sviluppare gli algoritmi per questi componenti. Attraverso l'utilizzo di protocolli di misura (Fargion, Mueller, 2000), dalle misure radiometriche di campo effettuate sulla colonna d'acqua, sono state calcolate le grandezze ottiche (figura 1) utili per derivare le proprietà ottiche apparenti.

MISURE per il calcolo di Rrs (Remote sensing reflectance) (Protocollo SeaWifs)	MISURE per il calcolo di R(0-) (Subsurface radiance reflectance) e Q-factor	MISURE per il calcolo di t (0+) Air/water Transmittance interface
$Rrs(0+) = (LW\ 40^\circ - Lsky\ 40^\circ) p / WR$	$R(0-) = Eu(0-)/Ed(0-)$ $Q(0-) = Eu(0-)/Lu(0-)$	$t(0+) = Ed(0-)/Ed(0+)$
Median WR	Median Lu(0-)	Median Lu(0+)
Median Sky 40°	Median Ed(0-)	Median Ed(0+)
Median Water 40°	Median Eu(0-)	

Figura 1: Misure radiometriche effettuate durante le uscite in campo per il calcolo delle grandezze ottiche utili per derivare le proprietà ottiche apparenti della colonna d'acqua.

Lo studio della vegetazione acquatica è stato effettuato misurando esclusivamente la riflettanza delle singole specie presenti; per la vegetazione non acquatica (canneti) sono state effettuate misure di radiazione fotosinteticamente attiva. Il dato iperspettrale MIVIS è stato elaborato secondo le comuni operazioni di pretrattamento dell'immagine (georeferenziazione, ricampionamento delle bande), delle 200 bande sono state utilizzate le prime 20 bande della regione del Visibile e la banda 96 dell'Infrarosso termico (9,57535 nm). Successivamente, l'immagine MIVIS, espressa in valori di radianza, è stata corretta empiricamente forzando il dato iperspettrale da remoto a rispondere al dato di campo, tramite la creazione di ROI (Region Of Interest) con il programma ENVI 4.3.



Figura 2: Ubicazione delle stazioni di misura di acqua e di vegetazione (in giallo) e di terra (in verde).

Le firme spettrali delle 9 ROI di acqua sono state associate al dato di *remote sensing reflectance* R_{rs} delle firme spettrali coincidenti con le stazioni di campo. La stessa procedura è stata ripetuta per la calibrazione delle firme spettrali delle ROI di terra con le firme spettrali di campo. La calibrazione eseguita sul dato MIVIS ha permesso, quindi, di determinare i valori effettivi di riflettanza R_{rs} e $R(0^-)$ a livello di pixel dell'immagine, cui è seguita l'applicazione di tecniche di inversione semi-analitiche per la stima della concentrazione dei parametri di qualità della colonna d'acqua. Sull'immagine corretta empiricamente, è stata applicata una maschera sulla vegetazione che, sfruttando il principio di discriminazione di radianza tra acqua e vegetazione, ha permesso di lavorare solo sui pixel ricadenti nell'acqua. Per ricavare dall'immagine i parametri otticamente attivi della colonna d'acqua ed i risultati di validazione (*Root Mean Square Error*) rispetto al dato di campo (ROI) sono stati applicati algoritmi specifici per le diverse proprietà ottiche della colonna d'acqua (clorofilla, solidi sospesi, sostanze gialle). È da precisare che purtroppo alcune aree dell'immagine MIVIS dei laghi non sono state studiate poiché interessate da *sun glittering*. Questo disturbo causato dall'assetto di volo dell'aereo rispetto alla posizione relativa sensore-specchio d'acqua-sole, è stato parzialmente corretto tramite il programma di correzione *deglintv*, ma i pixel coinvolti e corretti sono rimasti troppo disturbati per essere utilizzati. Per stimare il quantitativo di clorofilla è stato utilizzato un algoritmo idoneo per i laghi ipertrofici (Gitelson et al., 2008).

Algoritmo	λ	RMSE [G/M3]	RMSE %
CHL= (235.9152*(1/b12-1/b14)*b16)+10.6981	0,67 - 0,71 - 0,74	17,3 mg/m ³	14%
TSS = 132,376 (b6/b8) -112,447	0,54 - 0,58	2,9 g/m ³	14%
CDOM = b19/b1	0,44 - 0,79	Abbondanza relativa	
T= b21	9,57	0,9 (T sup. °C)	3% (T sup. °C)
		4,0 (T fluo. °C)	15% (T fluo. °C)

Figura 3: Algoritmi utilizzati e valori di validazione dei risultati per le proprietà ottiche della colonna d'acqua e per la temperatura superficiale.

A differenza di CHL-a e TSS, per la stima del CDOM nei laghi di Mantova non si disponeva di un sufficiente numero di dati di campo per la calibrazione di un modello semi-analitico. Per estrapolare una quantificazione delle sostanze gialle presenti si è quindi operato secondo un approccio relativo valutando l'andamento di un rapporto tra la banda 19 (non risente delle variazioni di CDOM) e la

banda 1 (risente fortemente delle variazioni del CDOM). Lo studio del comparto vegetale è stato eseguito valutando la separabilità spettrale delle specie di macrofite dominanti, sia a partire dalle misure radiometriche di campo sia attraverso il confronto del dato di campo con le ROI dell'immagine corrispondenti alle stazioni di misura delle differenti specie di macrofite. Ai pixel di vegetazione è stato applicato l'indice NDVI, "Normalized Difference Vegetation Index" (Rouse, 1974).

Algoritmo	λ	RMSE [G/M3]	RMSE %
$NDVI = (p \text{ NIR} - p \text{ IR}) / (p \text{ NIR} + p \text{ IR})$	0,68 (b13) -0,81(b20)	0,1	10%

Figura 4: Algoritmo utilizzato per le macrofite emerse e valore della validazione dei risultati.

Risultati

Il risultato finale è la creazione di mappe dei parametri d'acqua e di vegetazione. Le mappe, sono state inserite in un GIS, opportunamente strutturato per raccogliere tutte le informazioni relative ai dati del lavoro effettuato. Le mappe dei parametri ottici della colonna d'acqua ottenuti da MIVIS (figura 5) sono state create attraverso il tool di ENVI "Histogram parameters", che consente di equalizzare l'immagine per un predefinito range di valori, corrispondenti ai valori massimi e minimi dei parametri (figura 7). Le mappe mostrano chiaramente le condizioni d'ipertrofia dei laghi mantovani, dove nessuna area presenta una concentrazione di clorofilla inferiore a 75 mg/l (secondo i limiti OECD la condizione di ipertrofia si raggiunge quando il massimo della concentrazione supera i 75 mg/l). In particolare, è molto elevata la concentrazione nelle zone in cui si ha una minore circolazione delle acque. Le minori concentrazioni, nel lago superiore, si sono registrate in corrispondenza del canale principale del Mincio in cui sono presenti in elevata quantità praterie di macrofite emerse (canneti) e sommerse. Anche la mappa di concentrazioni dei solidi sospesi totali denota la capacità della cannuccia di palude e delle altre piante acquatiche di filtrare le acque e di ridurre le concentrazioni dei solidi sospesi. Un discorso contrario emerge invece dalla mappa del CDOM: le quantità maggiori seguono il trasporto fluviale, o meglio le aree vegetate, poichè la parte vegetale che ogni anno, una volta secca, cade e si accumula nelle acque e nei sedimenti rilascia, a causa delle condizioni d'anossia, acidi umici e fulvici.

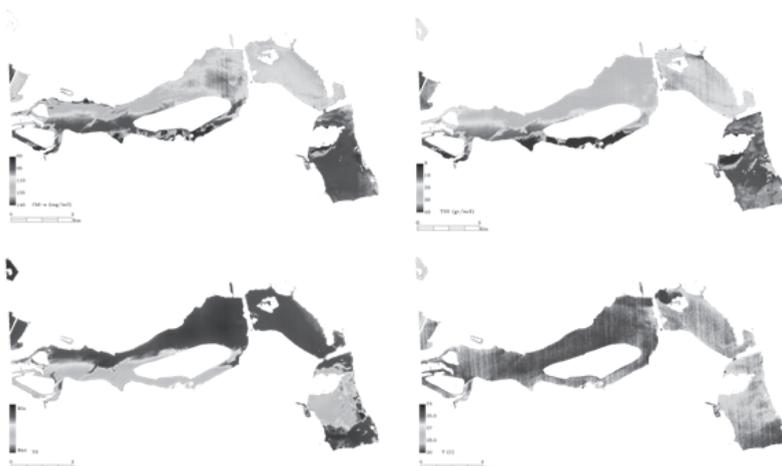


Figura 5: Prodotti di qualità dei quattro parametri ricercati nella colonna d'acqua (clorofilla-a, solidi sospesi, sostanze gialle e temperature).



Figura 6: *Mappa di NDVI, nella parte centrale del lago Superiore si nota l'isola del fior di loto caratterizzata da alti valori legati alle notevoli dimensioni e spessore delle foglie e all'elevata biomassa.*

Parametro telerilevato	Min	Max	n° di classi
CHL-a [mg/m ³]	80	140	5
TSS [g/m ³]	0	40	5
CDOM	abbondanza relativa		
T [°C]	24	30	5
NDVI	0,3	1	7

Figura 7: *Valori di massimo e minimo dei parametri ottici*

	AREA LAGO (m ²)	AREA Macrofite (m ²)	%
superiore	2564000	616800	24.06
mezzo	1081120	216720	20.05

Figura 8: *Attraverso l'applicazione dell'indice NDVI, supportato dalle misure di LAI (Leaf Aerea Index) effettuate nelle zone costiere, è stato possibile quantificare la copertura areale di macrofite all'interno dei laghi superiore e di mezzo, non è stato possibile in quello inferiore poiché non presente interamente nell'immagine a disposizione.*

Conclusioni e sviluppi futuri

È purtroppo noto che la qualità delle acque dei laghi mantovani è scadente, sono troppo elevate le concentrazioni di clorofilla e di sedimenti; la maggiore circolazione delle acque, la rimozione della frazione organica che ogni anno precipita nei sedimenti, l'azione di fitodepurazione ad opera di specie vegetali (non solo dal Mincio ma da tutti gli immissari), la regolazione delle temperature e dei carichi di nutrienti apportati a lago, e la gestione della biomassa vegetale potrebbero essere azioni utili al fine di limitare le problematiche acquatiche dei laghi mantovani. In tale contesto, questo studio basato su innovative tecniche di telerilevamento iperspettrale ha confermato lo stato di degrado dell'ecosistema delle acque dei laghi. Le caratteristiche dell'ecosistema dei laghi di Mantova ha inoltre permesso di sfruttare tutte le potenzialità del sensore MIVIS per la caratterizzazione delle proprietà ottiche, sia della colonna d'acqua che della vegetazione. La mappa della concentrazione di clorofilla-a si è rivelata utile per apprezzare la distribuzione spaziale degli elevati livelli di trofia dell'ecosistema; le mappe dei solidi sospesi, di CDOM e di clorofilla-a per valutare la loro distribuzione areale in funzione delle isole di macrofite; la mappa di temperature per individuare le differenze termiche tra i laghi e gli effetti di attività industriali (zone della cartiera Burgo). La mappa di vegetazione collegata all'indice NDVI) ha permesso di discriminare con

accuratezza le praterie macrofittiche monospecifiche (isola fior di loto, isola di castagna d'acqua, aree a canneto), mentre non ha permesso di discriminare accuratamente quelle aree caratterizzate da più specie di macrofite che si intersecano in spazi molto ridotti (nel lago di mezzo ninfea, calamo aromatico, nannuferi, ceratofillo si alternano in pochi metri quadrati di superficie). In particolare, i risultati dell'indagine sul comportamento spettrale delle diverse specie di macrofite, si pone come nuova prospettiva per l'uso del telerilevamento nello studio di questi indicatori, il cui monitoraggio è di fatto previsto anche dalla direttiva quadro WFD 2000/60/EC.

Ringraziamenti

Si desidera ringraziare Monica Pinardi dell'Università degli Studi di Parma e GianLuca Fila del Centro Rilevamento Ambientale del Comune di Sirmione per l'aiuto durante le campagne di misure. Si desidera ringraziare la Compagnia Generale delle Riprese Aeree di Parma (CISIG-CGR) per l'acquisizione dell'Immagine MIVIS.

Bibliografia

- Fargion, G. S., & Mueller, J. L., (2000). Ocean optics protocols for satellite ocean color sensor validation, *Revision 2. NASA/TM-2000-209966*, Greenbelt, Maryland, USA.
- Franchini D.A., 2000, Il bacino del Mincio ed i laghi di Mantova: Batimetria dei laghi e caratteristiche qualitative delle acque. *Report Parco del Mincio*.
- Gitelson A., Dall'Olmo G., Moses W., Rundquist D., Barrow T., Fisher T., Gurlin D e Holz J., 2008, A simple, semi-analytical model for remote estimation of chlorophyll-a in turbid waters: validation, *Remote Sensing of Environment*, accepted.
- Osservatorio dei Laghi Lombardi, 2004, Qualità delle acque lacustri in Lombardia. Progetto a cura della Regione Lombardia, in collaborazione con: ARPA Regionale, FLA e IRSA-CNR Milano.
- Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A. e Deering D.W., 1974, Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, *Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, NASA, Greenbelt, MD, pp. 301-317.
- Telò R., Pinardi M., Bartoli M., Bodini A., Viaroli P., Racchetti E., Cuizzi D., Vannuccini M., Previdi L., 2007, Caratterizzazione dello stato ambientale del fiume Mincio e analisi della strategia di riqualificazione integrata e partecipata. *Relazione conclusiva Forum del Mincio*, pp. 435.

TELERILEVAMENTO COME STRUMENTO PER LA PROTEZIONE IDRAULICA DEL TERRITORIO: IL PROGETTO ENHYGMA

Michela VELLICO (*), Federico CAROLLO (**), Simone RINALDO (***),
Paolo STERZAI (*), Gaspare ANDREELLA (****), Alessandro PAVAN (*),
Nicola CREATI (*), Paolo PAGANINI (*), Carla PIETRAPERIOSA (*****)

(*) Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), Borgo Grotta Gigante 42/c,
34010 Sgonico (TS), Italy, tel: +39 040 2140429, fax: +39 040 327307, e-mail: mvellico@ogs.trieste.it

(**) European Project Consulting s.r.l., Dueville (VI), Italy,

tel: +39 0444 169000, e-mail: federico.carollo@epcsl.eu

(***) Infracom Italia S.p.A, Padova, Italy, tel: +39 049 8064339, e-mail: Simone.Rinaldo@infracom.it

(****) Ingegneria Andreella, Feltre (BL), Italy, e-mail: studio.andreella@alice.it

(*****) CNR-IMAA – Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale, 85050 Tito Scalo, Potenza, Italy,
tel: +39 0971 427111, fax: +39 0971 427271, e-mail: pietra@imaa.cnr.it

Riassunto

Il progetto ENHYGMA, sviluppatosi nell'ambito dell'INTERREG III B CADSES Neighbourhood Programme, ha interessato il bacino del fiume Tisza, nel territorio ungherese. Sono stati acquisiti dati telerilevati su di una superficie di 200 km² lungo il tratto del fiume che si estende dall'abitato di Mindszent alla città di Szeged, utilizzando tre diverse metodologie: Lidar, iperspettrale e ortofoto digitali. A partire dal DTM ad alta precisione ricavato dai dati Lidar si sono ricostruite tridimensionalmente sezioni ed aree golenali, punto di partenza per una modellazione idraulica bidimensionale. Le ortofoto sono state inserite in un WebGIS creato ad hoc per gli scopi del progetto; vi fanno parte anche diverse mappe di copertura del suolo, realizzate integrando dati iperspettrali e dati satellitari, e mappe di rischio idraulico. Il telerilevamento si rivela uno strumento indispensabile per studi di carattere idrologico – ambientale.

Abstract

ENHYGMA project was borne under the sponsorship of INTERREG III B CADSES Neighbourhood Programme; it interested the Tisza basin, in Hungary. 200 km² of remote sensing data were acquired over the river, from Mindszent to Szeged. Three different methodologies were used: Lidar, hyperspectral and digital orthophotos. Three-dimensional sections were computed from high definition DTM obtained by the Lidar dataset: a bidimensional hydraulic model was calculated. Orthophotos were inserted into a dedicated WebGIS; land cover maps created from hyperspectral and satellite data integrated analysis are part of this WebGIS, such as hydraulic risk maps. Remote sensing is a fundamental and powerful instrument to investigate environment and hydraulic basins.

Il progetto

Il progetto ENHYGMA, sviluppatosi nell'ambito dell'INTERREG III B CADSES Neighbourhood Programme, ha interessato il bacino del fiume Tisza, nel territorio Ungherese. Scopo del progetto è stato favorire lo scambio transnazionale di tecnologie in tema di gestione integrata delle risorse idriche, con l'obiettivo di migliorare gli strumenti per la gestione ambientale e la pianificazione territoriale. Si è voluta ideare e sperimentare una metodologia che consenta il corretto utilizzo delle risorse idriche in aree fluviali a rischio esondazione.

Il progetto è stato ideato e promosso dall'Unione Veneta Bonifiche (Venezia), che vi ha partecipato

in qualità di Lead Partner. Gli altri *partners* sono stati: l'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale - OGS (Trieste), Envitest Environment Protection.kft (Ungheria), Agricultural University of Athens (Grecia), Geodetski Institut Slovenije (Slovenia) e Povodi Odri, Statni podnik (Repubblica Ceca).

I rilievi

OGS ha acquisito dati telerilevati su di una superficie di 200 km² lungo il tratto del fiume Tisza che si estende dall'abitato di Mindszent alla città di Szeged. Il box del rilievo è stato fissato concordemente da tutti i *partners* del progetto e su suggerimento specifico delle autorità locali, al fine di includere le aree maggiormente sensibili al rischio esondazione e quindi più significative per rispettare le finalità del progetto. Sono state utilizzate tre diverse tecniche di telerilevamento, per potenziare la quantità di informazioni disponibili e realizzare un'analisi quanto più dettagliata possibile della zona di indagine. I rilievi sono stati pianificati con cura, impostando dei parametri adeguati al *target* da rispettare; si sono svolti utilizzando un elicottero (AS350 B2), nelle giornate del 30 e 31 marzo 2007. La superficie è stata coperta secondo quattro diversi box.

La prima metodologia utilizzata è il *Lidar*, fondamentalmente per la precisione che consente di raggiungere nella mappatura di grande dettaglio della topografia del terreno. Il sistema utilizzato è stato un *Lidar* Optech ALTM 3100®, in grado di emettere un raggio laser operante nell'infrarosso ad una frequenza modulabile compresa tra i 33 e i 100 kHz, e in grado di registrare fino a quattro diversi echi di risposta. Per il presente rilievo è stata impostata una densità di punti pari a 2 punti/m² e si è acquisito ad un'altezza di 1000 m dal suolo.

Il dato *Lidar* è stato poi elaborato e classificato. La classificazione è un'operazione indispensabile (Axelsson, 1999) per poter ottenere dati omogeneamente riferiti a specifiche classi che abbiano un significato reale, ovvero corrispondente ad elementi fisici presenti al suolo.

Si sono acquisiti inoltre dati iperspettrali, al fine di poter ricavare informazioni importanti sulla natura e lo stato della vegetazione presente nell'area; il dato iperspettrale consente inoltre di classificare il dato laser con maggior dettaglio. Il sensore utilizzato è un iperspettrale AISA Eagle 1K® fabbricato dalla ditta finlandese Specim; acquisisce in modalità pushbroom fino ad un massimo di 244 bande nel campo del Visibile Vicino Infrarosso. Per il presente rilievo si è scelto di impostare un numero di bande pari a 63, privilegiando una maggiore risoluzione del dato. Il dato iperspettrale è stato acquisito contemporaneamente al dato *Lidar*.

Le fasi di *processing* del dato iperspettrale hanno riguardato innanzitutto la correzione radiometrica, ovvero l'ottenimento del valore di radianza dal dato acquisito. Successivamente il dato è stato corretto geometricamente e geocodificato sulla base del DTM del *Lidar*; il *software* utilizzato è PARGE®, che non utilizza i tradizionali metodi polinomiali di ricampionamento dell'immagine (Schläpfer et al., 1998) ma si basa su un calcolo condotto *pixel per pixel*, che tiene conto delle variazioni d'assetto dell'aeromobile.

Durante l'acquisizione sono state scattate anche delle foto aeree da cui sono state generate le ortofoto. La camera digitale utilizzata è una Rollei 6008db, avente una risoluzione di 4080 x 4076 pixel. L'ortorettifica è stata eseguita in maniera semiautomatica utilizzando il *software* Terraphoto®, prodotto dalla ditta finlandese Terrasolid. Viene adottato un approccio di georeferenziazione ed ortorettifica mediante la determinazione dell'angolo di ripresa, l'identificazione di punti di omologhi (*tie points*) fra immagini adiacenti dotate di un certo *overlap*, e la stima dei valori di *roll*, *pitch* e *heading* del sistema; le immagini aeree vengono ortorettificate utilizzando un modello digitale del terreno ricampionato su maglia regolare.

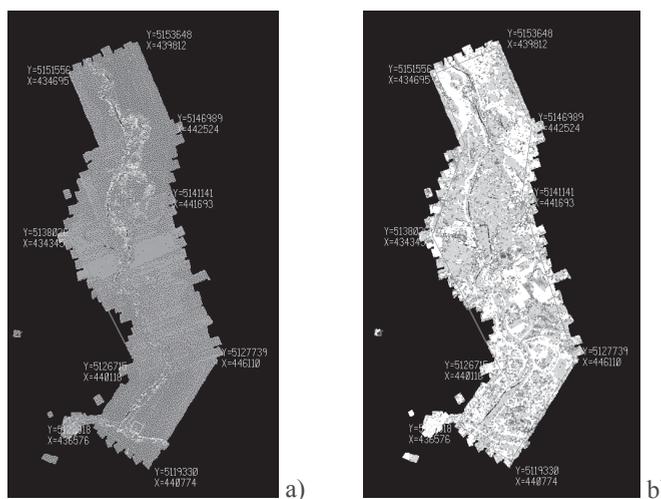


Figura 1 – Box di acquisizione - Lidar data visualizzati per: a) elevazione – b) intensità di riflessione del segnale.

La modellazione idraulica

L'estrema precisione posseduta dai dati *Lidar* ha portato alla creazione di un dettagliato DTM (Modello Digitale del Terreno), che rappresenta la superficie terrestre e quindi si rivela indispensabile per il progetto, in particolar modo nella fase di modellazione idraulica del territorio indagato. Il DTM è stato realizzato a partire dalla classe *ground*, ovvero la classe corrispondente ai soli punti ricadenti sul terreno, epurata dalla presenza di edifici, vegetazione e manufatti in genere (Axelsson, 2000). Sono stati utilizzati i *software* Terrascan® e Terramodeler®, prodotti dalla ditta finlandese Terrasolid. Il dato *Lidar* corrispondente alla classe *ground* era stato precedentemente corretto mediante l'applicazione del geoido locale ungherese HG2000, (Tóth et.al., 2000). Tale correzione è stata indispensabile, in quanto solo un modello basato su quote geoidiche simula correttamente i fenomeni reali e quindi fornisce risultati scientificamente corretti.

E' stato inoltre acquisito con strumentazione *multibeam* il fondo di un tratto di fiume lungo all'incirca 5 km, posto nei pressi della città di Szeged, nodo nevralgico per i fenomeni di piena accaduti negli anni passati; i dati *multibeam* sono complementari ai dati *Lidar*, in quanto restituiscono le informazioni di superficie del fondale, altrimenti non deducibili. Un dataset così completo ha consentito di aumentare la precisione del modello idraulico localmente generato.

Grazie alla ricostruzione tridimensionale di sezioni ed aree golenali, avvenuta a partire dal DTM, è stato implementato il modello idraulico mono e bidimensionale del fiume Tisza a moto vario attraverso il *software* TUFLOW® prodotto da WBM Oceanics Australia. TUFLOW è un programma per la simulazione di deflussi mono e bidimensionali nello studio di piene e maree. Il completo algoritmo di soluzione 2D, creato da Stelling (Stelling, 1984) e sviluppato da Syme (Syme, 1991), risolve equazioni bidimensionali di continuità e conservazione della quantità di moto per superfici libere. Il *software* è stato sviluppato come progetto di ricerca dalla WBM Oceanics Australia e dall'Università di Queensland nel 1990. Il progetto è stato successivamente ampliato aggiungendo una connessione dinamica 2D/1D (Syme, 1991). I successivi miglioramenti dal 1998 ad oggi si sono focalizzati sulle strutte idrauliche, modellazione del flusso, connessione tra le strutture 2D/1D e l'utilizzo del GIS per la gestione dei dati (Syme, 2001).

Nell'ambito del presente progetto, tutti i dati riguardanti la topografia e le grandezze idrauliche caratteristiche degli oggetti sono stati inseriti nel modello mediante tematismi GIS. Per le serie

temporali come gli idrogrammi e per i dati non georiferiti come la geometria delle sezioni d'alveo o le caratteristiche delle opere idrauliche, si sono utilizzati files di testo. Per collegare i dati GIS, i dati non georiferiti, le serie temporali e per gestire le simulazioni, sono stati creati appositi files di testo. I dati idrologici acquisiti hanno poi permesso di elaborare e parametrizzare le differenti portate di picco ed i relativi idrogrammi di piena del fiume Tisza associate ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Nell'ambito del presente progetto, tutti i dati riguardanti la topografia e le grandezze idrauliche caratteristiche degli oggetti sono stati inseriti nel modello mediante tematismi GIS. Per le serie temporali come gli idrogrammi e per i dati non georiferiti come la geometria delle sezioni d'alveo o le caratteristiche delle opere idrauliche, si sono utilizzati files di testo. Per collegare i dati GIS, i dati non georiferiti, le serie temporali e per gestire le simulazioni, sono stati creati appositi files di testo. I dati idrologici acquisiti hanno poi permesso di elaborare e parametrizzare le differenti portate di picco ed i relativi idrogrammi di piena del fiume Tisza associate ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Il modello ha restituito i risultati delle simulazioni nei domini mono e bidimensionale secondo diverse tipologie di files.

Nella figura 2a si riporta una simulazione idraulica relativa all'evento centenario presso località Mindszent, circa 30 km a Nord di Szeged. La zona modellata con il modulo monodimensionale si differenzia nettamente da quella modellata con il modulo bidimensionale, dove sono visualizzati anche i vettori velocità; i valori di altezza d'acqua sul piano campagna sono indicati in scala di blu.

L'output fornito dal modello ha permesso, poi, di perimetrare le aree allagate associate ai differenti tempi di ritorno e realizzare, grazie ad una procedura GIS dedicata, che prevede l'interpolazione spaziale dei dati di copertura del suolo con quelli della pericolosità idraulica, una dettagliata mappa del rischio idraulico (vedi Figura 2b).

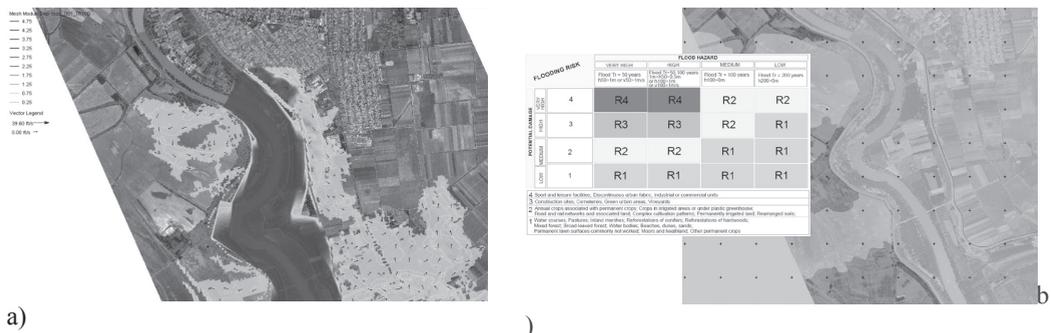


Figura 2 – a) Evento di piena con $tr=100$ anni - Inviluppo dei tiranti idraulici e delle velocità risultanti dalla simulazione – b) Stralcio della mappa del rischio idraulico.

Le mappe

Il modello di analisi per la realizzazione della carta di copertura del suolo, che costituisce un dato di base per la modellazione tridimensionale, si è basato sulla classificazione di immagini satellitari (set multi-temporale SPOT) e di ortofoto aeree mediante tecniche integrate “pixel oriented” e “object oriented” costruite su logica fuzzy.

Il set multi-temporale è composto da una scena del 18 luglio 2006 (sensore HRG – SPOT5) e da una scena del 27 Giugno 2006 (sensore HRVIR – SPOT4). Suddette immagini sono state sottoposte ad una serie di pre-elaborazioni al fine di renderle geometricamente sovrapponibili e radiometricamente confrontabili. I valori di Digital Number dei singoli pixel di ogni scena sono stati convertiti in valori di radianza, in modo da conferire ai dati un'unica scala radiometrica. Le

immagini di radianza sono state successivamente convertite in riflettanza al “top” dell’atmosfera (*TOA – Top Of the Atmosphere*) attraverso la normalizzazione della radiazione solare, permettendo in tal modo di ridurre la variabilità tra le diverse scene (Hill, 1991).

Il modello di classificazione si basa su un sistema “aperto” a motore inferenziale, fondato sui criteri della logica *fuzzy*, implementato sfruttando la tecnologia *software eCognition*®. Il modello ha permesso di interfacciare in maniera ottimale gli oggetti generati dalla segmentazione delle ortofoto aeree e la classificazione del *dataset* satellitare di sintesi

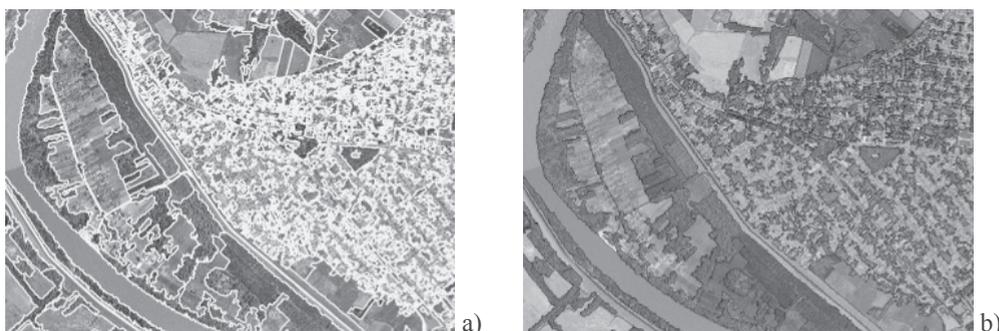


Figura 4 – a) risultato della segmentazione (scale factor 35; shape factor 0,3; compactness 0,7) – b) dettaglio della carta di copertura del suolo (III livello CORINE LC).

I dati iperspettrali acquisiti, elaborati ed interpretati hanno consentito di raffinare il dettaglio delle mappe create; in particolar modo si sono presi in considerazione i valori dell’indice NDVI. Esso viene calcolato dalla combinazione delle radianze (ρ) in un canale del rosso (RED) e nel vicino infrarosso (NIR), secondo la formula:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad [1]$$

Questo indice assume valori compreso tra -1 e $+1$. Valori negativi indicano la presenza di acqua nel terreno; valori prossimi allo zero corrispondono a infrastrutture o edifici. Valori di poco superiori allo zero indicano suoli secchi, tra 0.4 e 0.7 rilevano la presenza di vegetazione; solo la vegetazione molto densa raggiunge valori di NDVI superiori a 0.7-0.8. L’indice NDVI si rivela indispensabile, quindi, nella generazione di mappe di uso del suolo, ma anche nella valutazione dei parametri in input per la modellistica idraulica.

Il WebGIS

I prodotti realizzati nel corso del presente progetto, sono stati archiviati in un Sistema Informativo Territoriale dedicato, denominato *InformCity*, accessibile attraverso il portale web di ENHYGMA al seguente indirizzo: <http://www.enhygma-cadses.eu/WebGIS.htm#>. *InformCity* opera via web (*WebGIS*), ed è sviluppato con l'utilizzo di tecnologie OpenSource (PHP, HTML, Javascript, PostgreSQL), che consentono di affrontare in modo integrato diversi aspetti della gestione del territorio. Attraverso questo *WebGIS* è possibile visualizzare ed interrogare:

- La cartografia di base: limiti amministrativi, toponimi, foto aeree;
- Il modello digitale del terreno ed i punti quotati;
- I dati risultati del modello idraulico: sezioni trasversali, carte del rischio, carte del danno potenziale, etc.;
- La carta della copertura del suolo.

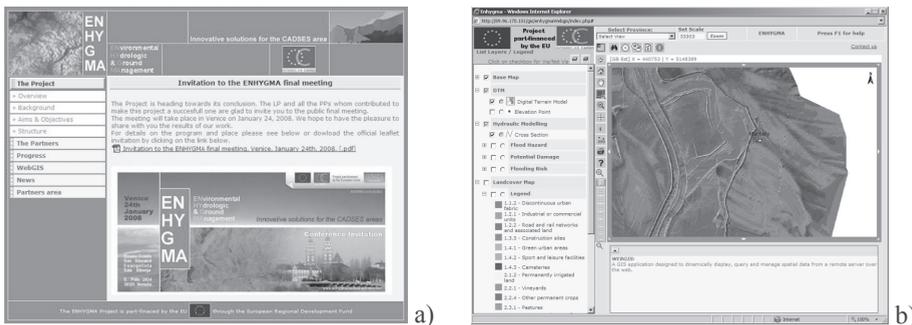


Figura 5 – a) Pagina web del progetto ENHYGMA (<http://www.enhygma-cadses.eu>). - b) WebGIS del progetto ENHYGMA (<http://www.enhygma-cadses.eu/webgis.htm#>).

Conclusioni

La metodologia *Lidar* si è rivelata fondamentale nella realizzazione di un DTM di grande dettaglio, dal quale si è potuto procedere a modellazioni idrauliche locali impensabili con l'utilizzo delle classiche tecniche topografiche. Inoltre l'integrazione di tecniche di analisi satellitare e di metodologie aeree iperspettrali ha fornito informazioni complementari utili ai fini del raffinamento del processo (maggiore dettaglio del pixel, maggior numero di bande ecc.). L'approccio usato per la realizzazione della carta di copertura del suolo, implementato con tecnologia *eCognition*®, ha permesso di superare i limiti metodologici di classificazione impostati esclusivamente sulla radiometria del pixel, migliorando significativamente la qualità dell'elaborazione e l'accuratezza dei risultati ottenuti. In termini generali, si conferma una valutazione positiva delle tecniche di segmentazione multirisoluzione e di classificazione *object-oriented* per la produzione di cartografie di copertura del suolo per aree naturali e seminaturali (Chirici et. al., 2006).

Bibliografia

- Axelsson, P., (1999), "Processing of laser scanner data – algorithms and applications", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54: 138-147.
- Axelsson P., (2000), "DEM Generation from Laser Scanner data Using Adaptive TIN Models", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXIII: B4.
- Chirici G., Barbati A., Corona P., Lamonaca A., Marchetti M., Travaglini D., (2006), "Segmentazione di immagini telerilevate multirisoluzione per la derivazione di cartografie di uso/copertura del suolo multiscala", *Rivista italiana di telerilevamento*, 37: 113-136.
- Hill J., (1991). "A quantitative approach to remote sensing: sensor calibration and comparison.", *C.R. (eds)*, 97-110.
- Schläpfer D., Schaepman M.E., Itten K.I., (1998), "GCP-Calibrated Auxiliary Data", *Imaging Spectrometry IV*, San Diego, SPIE 3438: 334-344.
- Stelling G.S., (1984), *On the Construction of Computational Methods for Shallow Water Flow Problems*, Rijkswaterstaat Communications, No. 35/1984, The Hague, The Netherlands.
- Syme W.J., (1991), *Dynamically Linked Two-Dimensional / One-Dimensional Hydrodynamic Modelling Program for Rivers, Estuaries & Coastal Waters*, William Syme, M.Eng.Sc (100% Research) Thesis, Dept of Civil Engineering, The University of Queensland, May 1991.
- Syme, W.J., (2001), "Modelling of Bends and Hydraulic Structures in a Two-Dimensional Scheme", *Conference on Hydraulics in Civil Engineering*, Hobart, November 2001.
- Tóth Gy., Rózsa Sz. 2000: New Datasets and Techniques – an Improvement in the Hungarian Geoid Solution, Paper presented at Gravity, Geoid and Geodynamics Conference, Banf, Alberta, Canada.

ANALISI DEL CAMPO DI DEFORMAZIONE SUPERFICIALE DELLA REGIONE CAMPANIA DA DATI SAR (PS-INSAR™)

Giuseppe VILARDO (*), Carlo TERRANOVA (**), Fabio MATANO (**), Sergio NARDÒ (**),
Sabato IULIANO (**), Elena PISCITELLI (**), Guido VENTURA (***)

(*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli, Osservatorio Vesuviano,
Via Diocleziano 328, Napoli, tel. 0816108329, fax 0816108351, e-mail vilardo@ov.ingv.it

(**) Unità di Supporto Locale N° 6 Regione Campania – Progetto Operativo Difesa Suolo (PODiS)
Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), c/o Ufficio dell'Autorità Ambientale,
Regione Campania, Via Bracco 15a, Napoli, Italia.

(***) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma 1, Sismologia e Tettonofisica, Roma, Italia.

Riassunto

Il lavoro presenta un'applicazione della tecnica dei diffusori permanenti (*Permanent Scatterers*) finalizzata alla caratterizzazione del campo di deformazione superficiale della Regione Campania. Per effettuare l'analisi sono state processate, tramite la tecnica PS-InSAR™, 1078 scene SAR ERS1 ed ERS2 relative al periodo giugno 1992 - gennaio 2001. Sulla base della velocità media annua di spostamento di 1.691.740 PS con coerenza maggiore di 0.65 sono state prodotte mappe di velocità media di deformazione mediante l'utilizzo di una procedura articolata nei seguenti punti: a) filtraggio dei dati effettuato sulla base dei valori di coerenza; b) produzione di mappe di velocità media di deformazione in coordinate SAR; c) generazione di mappe di velocità media di deformazione secondo le componenti verticale ed Est-Ovest; d) validazione di risultati mediante confronto con dati prodotti con differenti metodiche d'indagine. L'analisi dei risultati ottenuti ha consentito di identificare aree caratterizzate da distinti stili deformativi. Aree in subsidenza sono risultate essere, per il periodo di interesse, oltre all'area vulcanica dei Campi Flegrei, le aree costiere dei bacini dei fiumi Volturno e Sele ed il settore centrale dell'isola d'Ischia. Aree con significativi valori di sollevamento sono localizzate nel settore settentrionale del Monte Somma, nel settore centrale della Piana Campana, nel Sannio e nel Cilento. Significativi valori di velocità di spostamento in direzione EW si riscontrano, oltre che nell'area dei Campi Flegrei, nel settore appenninico del bacino del Sele e nell'area interposta tra il Somma-Vesuvio e la catena appenninica. Il quadro deformativo globale risulta essere caratterizzato da un andamento complesso, governato da una molteplicità di processi di differente natura (tettonici, vulcano-tettonici, esogeni ed antropici).

Abstract

We apply the Permanent Scatterers Synthetic Aperture Radar Interferometry (PS-InSAR™) technique to the Campania Region (Southern Italy) with the aim to detect ground displacements at a regional scale. PS-InSAR technique allows us to identify a set of radar benchmarks (PS) where accurate displacement measurements can be carried out. About $1.7 \cdot 10^6$ PS are identified by processing Synthetic Aperture Radar (SAR) images acquired in ascending and descending orbits from 1992 to 2001 by the ERS satellites. The PS-InSAR application at regional scale detected ground deformations ranging from +28 to -39 mm/yr. We identify volcanic areas in which the deformation is mainly related to the depressurization of the local hydrothermal systems, and recognize deformations along faults. The review of 9 years of SAR data show that tectonic, volcanic/hydrothermal, gravity, and anthropic processes are responsible for the ground deformation complex trend of the Campania Region.

Introduzione

I significativi progressi tecnologici e metodologici compiuti negli ultimi anni nell'acquisizione e nell'elaborazione dei dati acquisiti da sensori satellitari radar ad apertura sintetica (SAR) hanno concretamente migliorato le capacità di individuazione di aree soggette a fenomeni di deformazione della superficie terrestre dovuti a processi naturali o antropici. La tecnica dei diffusori permanenti (*Permanent Scatterers*, PS), brevettata dal Politecnico di Milano e perfezionata da Telerilevamento Europa (T.R.E.), è uno strumento per l'analisi interferometrica di dati SAR che, utilizzando lunghe serie di dati radar acquisiti con regolarità (tipicamente ogni 35 giorni), consente di studiare il movimento di singoli bersagli radar che mantengono immutata la propria firma elettromagnetica nel tempo (Ferretti et al. 2001). In questo lavoro è presentata un'applicazione della tecnica PS-InSARTM finalizzata all'analisi del campo di deformazione di un'area di 13.600 km², corrispondente all'intero territorio della Regione Campania. L'analisi della distribuzione spaziale delle velocità medie annue di spostamento calcolate per un totale di quasi 1.7ML di PS distribuiti sull'intera area di studio ha permesso di individuare le principali aree soggette a significativi fenomeni deformativi di ampiezza locale o sub-regionale. Al fine di interpretare e connotare i fattori che governano la deformazione della superficie terrestre a scala regionale, i risultati dell'analisi PS sono stati successivamente confrontati ed esaminati alla luce delle informazioni geologiche e geofisiche disponibili. Si sottolinea che i dati ed i risultati presentati in questo lavoro ricoprono l'area più vasta mai analizzata mediante applicazione della tecnica dell'interferometria differenziale da immagini radar SAR.

Processamento dati SAR

Per effettuare l'analisi interferometrica sono state utilizzate 1078 immagini SAR acquisite lungo le orbite discendente e ascendente dai satelliti ERS1/ERS2 nel periodo giugno 1992 – gennaio 2001. Le immagini sono state elaborate dalla T.R.E. mediante la tecnica dei diffusori permanenti (PS-InSARTM). L'utilizzo di tale tecnica ha portato alla stima della velocità media annua di 998.640 PS discendenti e 693.110 PS ascendenti corrispondenti a strutture antropiche ed a riflettori naturali (edifici, strutture metalliche, affioramenti rocciosi, ecc.).

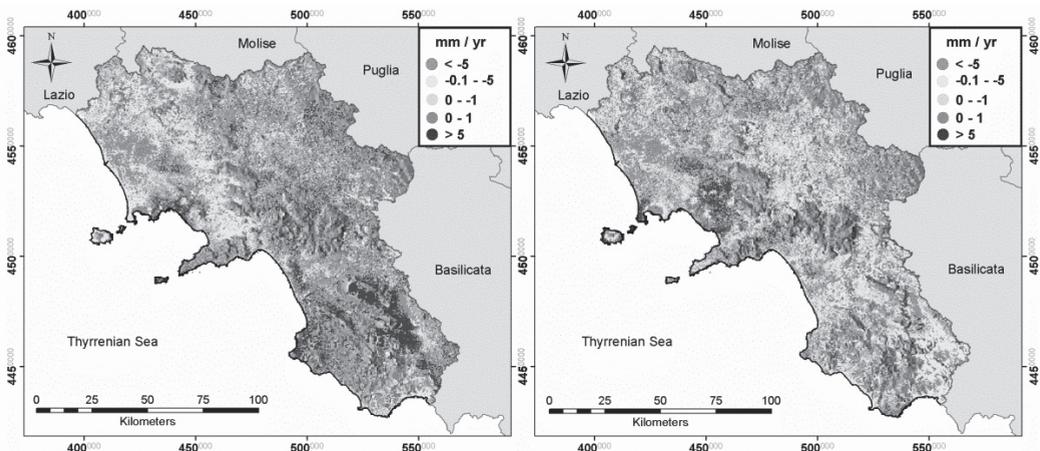


Figura 1 – Distribuzioni dei PS relative alle geometrie ascendente (sinistra) e discendente (destra) dai satelliti ERS-1 ed ERS-2 SAR tra il 1992 ed il 2001. I valori delle velocità medie annue di spostamento lungo la congiungente satellite-bersaglio (mm/anno) sono rappresentati in scala cromatica che varia dal rosso (velocità negative) al blu (velocità positive).

La gran parte dei PS ricade in aree pianeggianti, laddove la densità dei manufatti è maggiore. Un minor numero di PS risultano localizzati nelle aree montane a causa delle condizioni non favorevoli all'applicazione dell'approccio PS quali, la più estesa e fitta copertura delle aree vegetate e le elevate acclività dei versanti.

Le velocità medie annue di spostamento, rilevate lungo la linea di vista del satellite (*Line of Sight*: LOS), ovvero lungo la congiungente satellite-bersaglio, variano da + 27,97 a - 38,87 mm/anno e sono riferite a più punti di riferimento a terra assunti fermi. La precisione di ogni singola misura è funzione del rapporto segnale/rumore caratteristico di ogni singolo PS (coerenza) e varia da 3 a 5 mm per valori di coerenza pari a 0.65. Stime più accurate si ottengono per valori di coerenza maggiori. Da un'analisi preliminare delle distribuzioni spaziali delle velocità medie annue di spostamento lungo la congiungente satellite-bersaglio (Fig. 1) si rileva che, in entrambe le geometrie di acquisizione ascendente e discendente, i valori negativi si concentrano nel settore nord-occidentale della piana campana e nelle aree dei Campi Flegrei e dell'isola d'Ischia. Al contrario, le distribuzioni dei valori di velocità positivi mostrano andamenti differenti, funzione della differente geometria di acquisizione; osservazione questa che suggerisce anche la presenza di una componente orizzontale della velocità di deformazione.

Stima delle componenti di spostamento verticale ed Est-Ovest

Nell'interpretazione del dato radar risulta fondamentale tenere in considerazione la geometria di acquisizione. I satelliti ERS acquisiscono lungo una direzione inclinata di un angolo pari a circa 23° rispetto alla verticale. Questo significa che i movimenti misurati, essendo variazioni di distanza, sono in realtà la proiezione degli spostamenti del punto lungo la congiungente sensore-bersaglio. In assenza di moti orizzontali, il movimento stimato è puramente riconducibile alla deformazione lungo la direzione verticale, ma se l'area in analisi è affetta anche da spostamenti orizzontali, la misura ottenuta è la combinazione dei due fenomeni. In ogni caso, utilizzando entrambe le geometrie di acquisizione del sensore (ascendente e discendente) e considerando anche che, a causa della direzione dell'orbita del satellite il sistema risulta molto poco sensibile alle deformazioni orizzontali in direzione Nord-Sud, è in generale possibile valutare le componenti della deformazione in direzione Est-Ovest e in direzione verticale. Tale stima è, comunque, realizzabile solo per le aree in cui si hanno a disposizione PS appartenenti sia al data-set ascendente che a quello discendente.

Per effettuare la stima delle componenti di spostamento verticale ed Est-Ovest si è dapprima proceduto ad effettuare un filtraggio dei dati sulla base dei valori di coerenza e ciò allo scopo di minimizzare gli effetti dovuti all'accuratezza nella stima dei valori di spostamento. A tal fine sono stati selezionati solo i PS aventi migliore rapporto segnale-rumore (coerenza ≥ 0.85). I valori di velocità media annua di spostamento dei PS così selezionati sono stati utilizzati per generare due differenti mappe di velocità media di deformazione in coordinate SAR relative alle geometrie di acquisizione ascendente e discendente. Tali mappe sono state prodotte interpolando i dati puntuali di velocità media utilizzando il metodo d'interpolazione dell'inverso della distanza pesata (*Inverse Distance Weighted*: IDW). Tale interpolatore assegna il valore per ogni punto della mappa sulla base della media pesata dei valori noti circostanti ed è comunemente usato per garantire la conservazione delle variazioni locali per distribuzioni di punti spazialmente non omogenee e per le quali i singoli valori non siano necessariamente in relazione con i valori assunti dai punti ad essi vicini (Mueller et al., 2004). Si è poi proceduto alla generazione delle mappe di velocità media di deformazione verticale ed E-W (Fig. 2) sulla base di una combinazione vettoriale delle due mappe di velocità media di deformazione relative all'orbita ascendente ed a quella discendente (Manzo et al., 2006).

Il confronto tra i risultati ottenuti in questa analisi con quelli prodotti, per alcuni settori dell'area di studio, dall'applicazione di differenti metodiche d'indagine (SBAS, GPS e livellazioni di precisione) conferma, nel complesso, l'andamento della deformazione ricavata dall'elaborazione PS-InSAR. In particolare, le mappe di velocità media di deformazione nelle componenti verticale ed Est-Ovest (Fig. 2) ottenute per la zona vulcanica napoletana (Campi Flegrei, Vesuvio e Isola d'Ischia) sono del tutto simili alle distribuzioni di velocità ottenute tramite l'utilizzo della tecnica

SBAS (Casu et al., 2006; Lanari et al., 2007). La velocità verticale media di deformazione di -32 mm/anno osservata per il periodo 1992-2001 nell'area dei Campi Flegrei è in perfetto accordo con il valore di -33 mm/anno ottenuto dall'elaborazione dei dati acquisiti durante le campagne periodiche di livellazione di precisione. Un ulteriore confronto con le misure GPS acquisite nell'arco di cinque anni (1995-2000) nel settore meridionale della linea di costa campanana (Ferranti, Oldow, 2005; Ferranti et al., 2008) evidenzia ancora una volta che, i valori di spostamento in direzione Sud-Ovest dell'ordine di circa 2-3.5 mm/anno derivati da dati GPS sono del tutto confrontabili con quelli stimati in questo lavoro (1-3 mm/anno; Fig. 2).

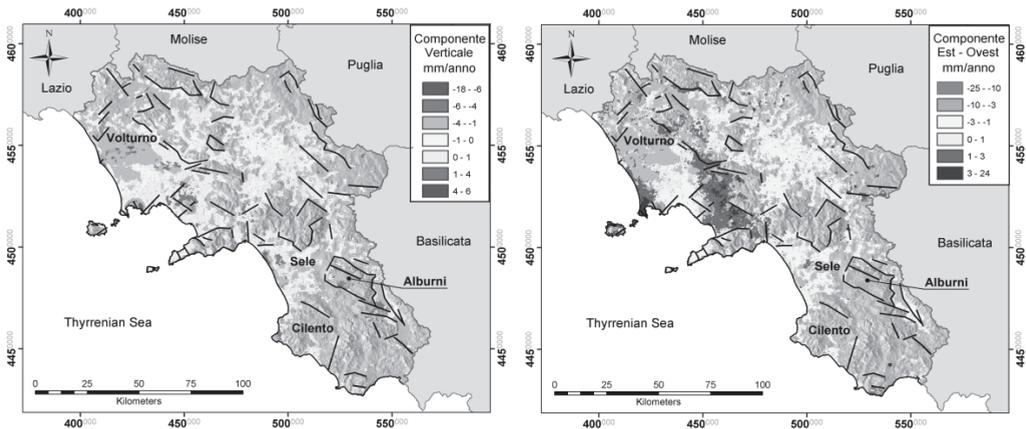


Figura 2 – Mappe della velocità media di deformazione in mm/anno. Componente verticale (sinistra): i valori positive indicano sollevamento ed i negativi subsidenza. Componente Est-Ovest (destra): i valori positivi indicano spostamento verso est ed i valori negativi rappresentano spostamenti verso ovest. Le linee in nero presenti in entrambe le mappe rappresentano i lineamenti strutturali derivati dalla carta neotettonica di Ciaranfi et al. (1981).

Risultati

L'analisi delle mappe di velocità media di deformazione in direzione verticale ed orizzontale mostrate in Fig. 2 consente di identificare aree caratterizzate da distinti stili deformativi.

Aree in subsidenza ($-18 \leq V_{\text{vert}} \leq -4$ mm/anno) sono risultate essere, oltre all'area vulcanica dei Campi Flegrei, le aree costiere dei bacini dei fiumi Volturno e Sele ed il settore centrale dell'isola d'Ischia. Aree con significativi valori di sollevamento ($V_{\text{vert}} \geq 4$ mm/anno) sono localizzate nel settore settentrionale del Monte Somma, nel settore centrale della Piana Campana, nel settore settentrionale della Piana del Sele e nel Cilento. Significativi valori di velocità di spostamento in direzione Est-Ovest si riscontrano, oltre che ancora una volta nell'area dei Campi Flegrei, nel settore appenninico del bacino del Sele e nell'area interposta tra il Somma-Vesuvio e la catena appenninica. Sulla base di tali osservazioni si evidenzia che il quadro deformativo globale risulta essere caratterizzato da un andamento complesso, governato verosimilmente da una molteplicità di processi di differente natura e scala areale (tettonici, vulcano-tettonici, esogeni ed antropici).

In particolare, le aree vulcaniche dei Campi Flegrei ed Ischia sono entrambe interessate, nel periodo di disponibilità dei dati, sia da subsidenza che da contrazione. Tali dinamiche, interpretate alla luce delle informazioni vulcanologiche e dei modelli derivati da dati di livellazione, riconducono tali manifestazioni superficiali a fenomeni di depressurizzazione dei rispettivi sistemi idrotermali (De Vita et al., 2006; Sepe et al., 2007; Todesco et al., 2004).

Notevolmente più complesso si rivela il campo di deformazione nell'area Vesuviana. Nel settore settentrionale dell'edificio vulcanico è evidente un sollevamento non attribuibile a dinamiche vulcaniche o a cambiamenti del sistema idrotermale, ma probabilmente connesso a processi che

implicano significativi aumenti nella pressione di poro (De Vita, Vallario, 1996). L'area circumvesuviana è poi caratterizzata dalla presenza di zone in subsidenza con geometria sub-circolare, corrispondenti ai principali centri urbani o ad aree industriali e agricole. In tali aree, il deficit nel ricarico della falda acquifera, dovuto all'emungimento da pozzi per uso civile ed industriale, è particolarmente elevato e stimato nell'ordine di $55 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ (ENEA, 2002) per cui è ragionevole supporre che i fenomeni di subsidenza osservati siano attribuibili a compattazioni nel suolo determinate dalla diminuzione della pressione di poro. Il campo di deformazione orizzontale nell'area vesuviana non sembra essere collegato con quello verticale. Il valore massimo di 3 mm/anno evidenzia la presenza di una marcata discontinuità che separa distintamente il settore orientale da quello occidentale e si estende per oltre 20 km verso Nord-Ovest. Tale discontinuità risulta essere esattamente coincidente con la struttura tettonica, individuata dall'analisi di dati strutturali e sismologici (Bianco et al., 1998), che taglia l'apparato vulcanico con direzione NNO-SSE. Pertanto, l'analisi del campo di deformazione orizzontale (Fig. 2) suggerisce che tale struttura si estende verso nord fino ad interessare il settore orientale della Piana Campana e verso sud fino alle pendici dei Monti Lattari.

Il settore sud-orientale della Piana Campana è interessato da fenomeni di subsidenza con velocità medie che raggiungono i -6 mm/anno. In quest'area, i fenomeni di carsismo che interessano il basamento carbonatico (Celico e Guadagno, 1998) e l'intenso emungimento della falda sono probabilmente le cause delle subsidenze osservate.

La Piana del fiume Volturno ed il suo estuario sono interessati da significativa subsidenza ($V_{\text{vert}} \leq -6 \text{ mm/anno}$). Tale andamento è compatibile con le stime di bilancio idrico (ENEA, 2008) che evidenziano una capacità di ricarica del bacino non sufficiente ad riequilibrare l'emungimento della falda per scopi agricoli ed industriali.

Il settore occidentale del bacino del fiume Sele mostra un andamento della componente verticale del campo di velocità più complesso. Lungo la fascia costiera si osserva un'area in subsidenza ($-6 \leq V_{\text{vert}} \leq -4 \text{ mm/anno}$) e parallelamente ad essa verso l'entroterra un'area in sollevamento ($1 \leq V_{\text{vert}} \leq 4 \text{ mm/anno}$). Al contempo, in quest'area, non si osservano evidenze di movimenti in direzione E-O. La presenza dell'area in sollevamento a ridosso di quella in subsidenza non è compatibile con gli effetti attesi dal manifestarsi di fenomeni di ingressione marina. Al contrario, sebbene in superficie non vi sia alcuna evidenza della presenza di discontinuità strutturali, la geometria del campo di deformazione verticale sembrerebbe suggerire la presenza di una faglia diretta sepolta con piano in direzione NNO-SSE.

Per quanto riguarda l'analisi del campo di deformazione dell'intera fascia sismogenetica dell'Appennino campano, va sottolineato che non ci sono particolari evidenze di aree caratterizzate da significativi fenomeni di subsidenza o di sollevamento. Tutta la fascia appenninica risulta relativamente stabile con valori medi di velocità verticale per lo più compresi nell'intervallo $-1 \div 1 \text{ mm/anno}$. Tuttavia, si rileva la presenza di aree, di estensione limitata, con evidenze più marcate di subsidenza ($-4 \leq V_{\text{vert}} \leq -1 \text{ mm/anno}$), ma il confronto con la distribuzione dei fenomeni franosi (SGN, 2008) riconduce tali abbassamenti a manifestazioni superficiali di instabilità gravitativa.

Infine, in corrispondenza del massiccio carbonatico degli Alburni, si osservano valori di sollevamento dell'ordine di $1 \div 4 \text{ mm/anno}$ ed una componente di movimento orizzontale verso ovest di circa $3 \div 10 \text{ mm/anno}$. Tale geometria del campo di deformazione è chiaramente riconducibile al movimento delle faglie trascorrenti a componente inversa che bordano la struttura.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito del progetto TELLUS (TELErilevamento Laboratori Unità di Supporto), che a sua volta è stato sviluppato nel contesto del progetto PODIS (Progetto Operativo Difesa Suolo) del Ministero dell'Ambiente e per la Tutela del Territorio e del Mare, ed è stato finanziato su fondi dell'Unione Europea - QCS 2000-2006 PON-ATAS.

Bibliografia

- Bianco, F., Castellano, M., Milano, G., Ventura, G., Vilardo, G. (1998), "The Somma-Vesuvius stress field induced by regional tectonics: evidences from seismological and mesostructural data", *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 82, 199–218.
- Casu, F., Manzo, M., Lanari, R. (2006), "A quantitative assessment of the SBAS algorithm performance for surface deformation retrieval", *Remote Sensing of Environment*, 102, 195–210.
- Celico, P., Guadagno, F.M. (1998), "L'instabilità delle coltri piroclastiche delle dorsali carbonatiche in Campania: attuali conoscenze", *Quaderni Geologia Applicata*, 5, 75-133.
- Ciaranfi N, Cinque A, Lambiase S, Pieri P, Rapisardi L, Ricchetti G, Sgrosso I, Tortorici L. (1981) "Proposta di zonazione sismotettonica dell'Italia Meridionale", *Rend. Soc. Geol. It.*, 4:493–496
- De Vita, P., Vallario, A. (1996), "Il rischio idrogeologico del Somma-Vesuvio", *Mem. Soc. Geol. It.*, 51, 1075-1085.
- De Vita, S., Sansivero, F., Orsi, G., Marotta E. (2006), "Cyclical slope instability and volcanism related to volcano-tectonism in resurgent calderas: The Ischia island (Italy) case study", *Engineering Geology*, 86, 148–165.
- ENEA (2002), *Progetto Regi Lagni. Stato della qualità delle acque 2*. ENEA, Sezione Protezione-Idrogeologica, Roma.
- ENEA (2008), *Analisi di specifiche situazioni di degrado della qualità delle acque in Campania, in riferimento ai casi che maggiormente incidono negativamente sulle aree costiere*. ENEA, Sezione Protezione-Idrogeologica, Roma.
- Ferranti, L., Oldow, J. S. (2005), "Latest Miocene to Quaternary horizontal and vertical displacement rates during simultaneous contraction and extension in the Southern Apennines orogen, Italy", *Terra Nova*, 17, 209–214.
- Ferranti, L., Oldow, J. S., D'Argenio, B., Catalano, R., Lewis, D., Marsella, E., Maschio, L., Pappone, G., Pepe, F., Sulli, A. (2008), "Active deformation in Southern Italy, Sicily and southern Sardinia from GPS velocities of the Peri-Tyrrhenian Geodetic Array (PTGA)", *Boll. Soc. Geol. It.*, in stampa.
- Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F. (2001), "Permanent Scatters in SAR Interferometry", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39, 8-20.
- Lanari, R., Casu, F., Manzo, M., Zeni, G., Berardino, P., Manunta, M., Pepe, A. (2007), "An overview of the Small Baseline subset algorithm: A DInSAR technique for surface deformation analysis", *PAGEOPH*, 164, 637–661.
- Manzo, M., Ricciardi, G.P., Casu, F., Ventura, G., Zeni, G., Borgström, S., Berardino, P., Del Gaudio, C., Lanari, R. (2006), "Surface deformation analysis in the Ischia island (Italy) based on spaceborne radar interferometry", *J. Volcanol. Geoth. Res.*, 151, 399–416.
- Mueller, T.G., Pusuluri, N. B., Mathias, K.K., Cornelius, P.L., Barnhisel, R.I., Shearer S.A. (2004), "Map quality for ordinary Kriging and inverse distance weighted interpolation", *Soil Science Society of America Journal*, 68, 2042–2047.
- Sepe, V., Atzori, S., Ventura, G. (2007), "Subsidence due to crack closure and depressurization of hydrothermal systems: a case study from Mt Epomeo (Ischia Island, Italy)", *Terra Nova*, 19 (2), 127–132.
- Servizio Geologico Nazionale (2008), *Progetto IFFI - Inventario Fenomeni Franosi in Italia*, Cartografia on-line, APAT, Roma, (http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/IFFI_-_Inventario_dei_fenomeni_franosi_in_Italia).
- Todesco, M., Rutqvist, J., Chiodini, G., Pruess, K., Oldenburg, C.M. (2004), "Modeling of recent volcanic episodes at Phlegrean Fields (Italy): geochemical variations and ground deformation", *Geothermics*, 33, 531-547.

UNO STRUMENTO WEB PER IL POSIZIONAMENTO DELLE STAZIONI RADIO PER LA LOCALIZZAZIONE DEGLI AEREI DELL'AVIAZIONE CIVILE IN AUSTRIA, BASATO SU GRASS, POSTGIS E MAPSERVER

Paolo VISKANIC (*), Peter HOPFGARTNER (**), Peter HARTL (***)

(*) R3-GIS srl, via Johann Kravogl, 2 – 39012 Merano (BZ) - paolo.viskanic@r3-gis.com

(**) R3-GIS srl, via Johann Kravogl, 2 – 39012 Merano (BZ) - peter.hopfgartner@r3-gis.com

(***) Klenkhart & Partner Consulting ZT G.m.b.H., Salzbergstr., 15 – A 6067 Absam – peter.hartl@klenkhart.at

Riassunto

L'aviazione civile in Austria sta realizzando un sistema di posizionamento per gli aerei basato su una rete di stazioni a terra che trasmettono e ricevono segnali dagli aerei in maniera analoga al sistema GPS. La posizione degli aerei viene calcolata in base alle risposte ottenute dai transponder situati sugli aerei stessi. Il posizionamento delle stazioni deve avvenire in maniera che su tutte le rotte ed a qualsiasi quota di volo siano sempre visibili almeno 4 trasmettitori, per permettere una triangolazione precisa della posizione dell'aereo.

Nell'articolo è esposto un applicativo, che permette di simulare la posizione dei trasmettitori e calcolare in tempo reale la visibilità da una griglia di punti di volo a differenti quote di altezza. Il software si basa sulla banca dati PostGIS, il server cartografico Mapserver e il software di analisi spaziale Grass. Tramite un'interfaccia grafica è possibile inserire le posizioni dei trasmettitori e poi analizzare la visibilità sulle varie rotte di volo. Questo permette agli operatori dell'ente preposto al controllo dei voli di verificare l'efficienza del posizionamento dei trasmettitori, e di valutare la ridondanza delle stazioni, verificando l'efficienza nel caso una o più stazioni non siano attive.

Nella presentazione verranno illustrate le soluzioni tecniche adottate e dimostrato come l'integrazione di Mapserver, PostGIS e Grass apre ad applicativi web tutta una serie di analisi spaziali normalmente disponibili solo su applicativi desktop.

Abstract

Civil aviation in Austria is building a system of transceivers on the ground, which transmit and receive signals from the planes and thus enable the exact location of the planes, using a methodology similar to the one used in GPS systems. The position is calculated through the signals received from the transponders located on the airplanes. The positioning of the ground stations needs to ensure that on all air routes and at different altitudes a minimum of 4 stations is always visible, in order to allow for an exact location of the plane.

The paper describes an application which allows to simulate the position of transmitters and to calculate in real time the visibility of the ground stations from a grid of points at different altitudes. The software is based on the geodatabase PostGIS, the cartographic server UMN Mapserver and the spatial analysis software Grass. Through a graphic interface the user can enter the position of transceivers and then start the analysis on the different flight routes. This allows the organization

responsible for flight control in Austria to verify the position of ground stations and simulate emergency situations with one ore more transceivers out of order.

During the presentation the authors will explain how the use of the different open source applications PostGIS, Mapserver and Grass Web applications can be implemented with advanced spatial analysis capabilities, normally only available on desktop applications.

Introduzione

Il controllo del traffico aereo (ATC - Air Traffic Control) è quell'insieme di regole ed organismi che contribuiscono a rendere sicuro, spedito e ordinato il flusso degli aeromobili sia al suolo che nei cieli di tutto il mondo. Ogni stato ha un organismo che fornisce i servizi di controllo del traffico aereo. La società Austro Control è responsabile del controllo del traffico aereo in Austria.

Il controllo del traffico aereo presuppone una conoscenza precisa e continua della posizione di ciascun velivolo. Il metodo classico utilizzato per definire la posizione di ogni velivolo è dato da una stazione radar, che scandisce ad intervalli regolari lo spazio aereo e riporta la posizione su uno schermo. Ogni velivolo è però anche dotato di un sistema che lo identifica e che trasmette su richiesta anche ulteriori informazioni sul velivolo e sulla rotta. Il segnale emesso da questo transponder, può anche essere utilizzato per calcolare la posizione precisa del velivolo, se ricevuto da più stazioni la cui posizione è nota. In questo caso il calcolo della posizione avviene tramite un processo di multilaterazione, determinando la posizione in base al tempo di ricezione del segnale in vari punti noti.

I classici sistemi di controllo basati su tecnologia radar vengono sempre più integrati o sostituiti da sistemi basati su multilaterazione, in quanto meno costosi, garantiscono una ridondanza del sistema ed hanno un impatto ambientale molto più basso. Basti pensare alle dimensioni, alla potenza di trasmissione ed ai costi di un impianto radar per rendersi conto degli elevati investimenti necessari per la realizzazione.

La multilaterazione

La multilaterazione permette di localizzare ed identificare velivoli cooperanti con elevata affidabilità, integrità e continuità; nelle aree aeroportuali i sistemi di multilaterazione (Mlat) sono ormai una realtà attuale con sicure prospettive di ulteriore sviluppo. Nelle fasi di approccio e nelle aree terminali essi costituiscono un possibile complemento e, secondo alcuni, un'alternativa al radar secondario.

Il principio che sta dietro al sistema di localizzazione tramite multilaterazione, è lo stesso applicato nei GPS. Cambiano le stazioni con una posizione nota, che a differenza del GPS non sono i satelliti, ma sono stazioni radio posizionate a terra, ad una latitudine, longitudine e quota nota. Il transponder sull'aereo viene stimolato, emette un segnale radio, che viene ricevuto da più stazioni. Moltiplicando il tempo impiegato dal segnale a raggiungere ciascuna stazione (Δt) per la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche (c) viene calcolata la distanza tra la stazione ed il velivolo ($c * \Delta t$). Con più distanze è possibile calcolare l'esatta posizione. È fondamentale che le varie stazioni siano sincronizzate fra di loro.

In base alla disposizione delle stazioni a terra, all'angolo di emissione del segnale dal transponder, all'angolo di ricezione del segnale da parte delle stazioni a terra, ed alla potenza del segnale e sensibilità del ricevitore, è possibile calcolare l'area di copertura da parte del sistema e la precisione del posizionamento.

Gli obiettivi del software

Austro Control è stata una delle prime Agenzie di controllo aereo a sperimentare i sistemi di localizzazione basati su multilaterazione. In particolare nella zona di Innsbruck, lungo la valle dell'Inn, sono state realizzate le prime sperimentazioni con questo sistema. Uno dei punti chiave nella realizzazione, specialmente in zone montuose, è la localizzazione delle singole stazioni. Un posizionamento ottimale deve garantire un ampio raggio di azione, alta precisione nella localizzazione dei velivoli e il funzionamento del sistema anche in caso di guasto ad una stazione.

Il software realizzato da R3 GIS in collaborazione con la ditta di consulenza Klenkhart & Partner Consulting di Innsbruck e con il politecnico di Vienna (Technische Universität Wien), ha lo scopo di:

- permettere in maniera semplice di testare e simulare il posizionamento delle stazioni radio usate per la localizzazione degli aerei, fornendo una stima dell'area coperta e della qualità del posizionamento;
- permettere la simulazione di situazioni di emergenza dovute al non funzionamento di una o più stazioni e l'effetto sulla qualità della localizzazione;
- permettere l'utilizzo del software in rete da parte di più utenti anche da uffici diversi.

Il sistema realizzato

Lo scopo principale del software realizzato era quello di permettere di calcolare per una griglia di punti alle diverse quote di volo il numero di stazioni visibili ed il grado di precisione della localizzazione. Inoltre era necessario permettere di individuare per aree non coperte in maniera ottimale, quali sono i punti a terra dove sarebbe opportuno posizionare un'ulteriore stazione in modo da garantire una migliore copertura ed una più elevata precisione. Entrambe queste funzioni richiedono l'utilizzo di algoritmi spaziali, che a partire dal modello digitale del terreno (DEM) e dalla posizione delle singole stazioni permettano di analizzare la visibilità tra le stazioni ed una griglia di ipotetici punti a diverse quote di volo. La base per questo tipo di analisi in ambiente open source è il software GRASS, che contiene una serie di algoritmi che permettono analisi spaziali tridimensionali.

Inoltre per gestire le posizioni delle singole stazioni e tutte le informazioni collegate, e gli altri dati vettoriali, si è deciso di ricorrere ad una banca dati PostGIS. Per la visualizzazione dei risultati intermedi e definitivi in un'interfaccia Web è stato infine utilizzato UMN Mapserver. In fig. 1 è riportato uno schema del funzionamento del sistema: l'utente tramite un browser web inserisce i parametri di configurazione e la posizione delle stazioni, decide per quali quote simulare il posizionamento, seleziona il DTM che vuole utilizzare ed infine fa partire il calcolo. Il server riceve i dati, lancia le routine di calcolo che leggono i dati della banca dati e li riscrivono in un layer postGIS, il quale viene visualizzato tramite mapserver nel browser dell'utente. Il client cartografico utilizzato è basato sul progetto open source p.mapper, modificato. In base al numero di stazioni presenti nella simulazione, alla precisione del DTM utilizzato ed alla densità dei punti per i quali viene simulata la localizzazione, cambia il tempo di calcolo, da pochi secondi ad alcune ore.

PostGIS è il modulo spaziale di PostgreSQL e consente di gestire nella banca dati tutte le informazioni spaziali in linea con le specifiche OGC (Open Geospatial Consortium). In questo progetto i geodati vettoriali, ma anche i singoli punti lungo le rotte di volo a varie altitudini vengono gestiti in PostGIS. Inoltre le funzioni spaziali disponibili in postGIS consentono di calcolare intersezioni fra aree di interesse definite dall'utente ed il modello digitale del terreno, limitando l'area di calcolo.

UMN Mapserver è il server cartografico che consente di rappresentare il modello digitale del terreno, le posizioni delle stazioni e tutte le altre informazioni geografiche contenute nella banca dati.

GRASS è il motore spaziale utilizzato per le varie operazioni necessarie nella simulazione. In realtà l'applicativo utilizza alcune funzioni di GRASS ed alcune funzioni di JGrass, una versione di Grass in ambiente Java:

- calcolo della visibilità sul DTM definendo un punto di osservazione direttamente sul DTM o ad una quota prestabilita. Questo calcolo utilizza il modulo di GRASS `r.loss`, modificato per tenere conto della curvatura della terra. Il risultato è dato dall'identificazione di tutte le celle visibili dalla posizione definita.
- Calcolo del numero di stazioni a terra visibili da ciascun punto di una maglia regolare a varie altitudini. Per realizzare questa funzione è stato modificato ed adattato uno specifico modulo di jGrass.
- Intersezione del punto con la posizione della stazione con il DTM e restituzione del valore della quota. Questa funzione di Grass è necessaria per assegnare alle varie stazioni inserite dall'utente la quota corretta dedotta dal DTM.

p.mapper è un client cartografico basato su php e mapscript e consente di creare interfacce per utenti che consentano di consultare e manipolare dati geografici. Il client del progetto MlatSim è stato realizzato con p.mapper.

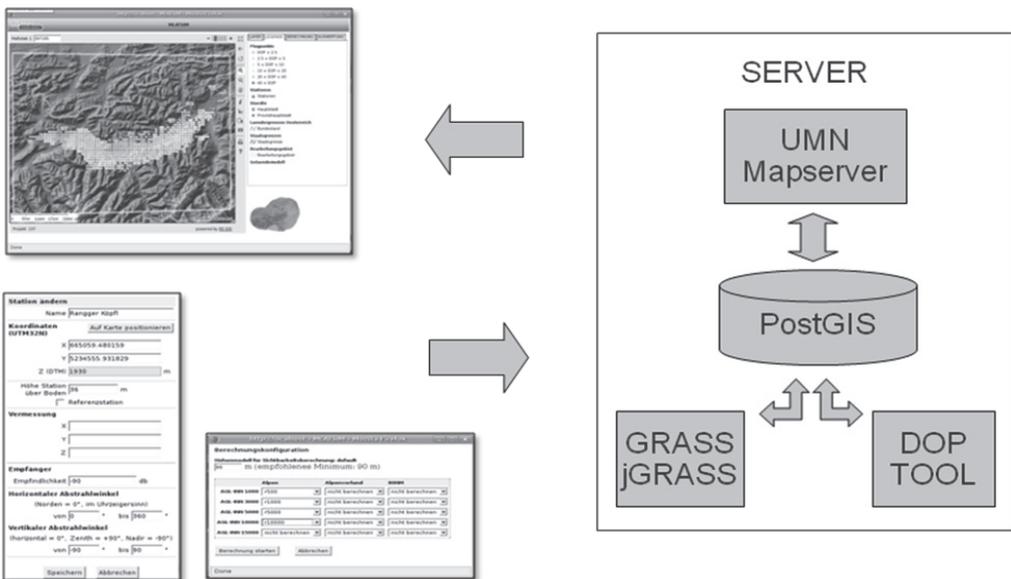


Fig. 1: architettura del sistema: a sinistra le schermate di configurazione e visualizzazione dei risultati via web, a destra i software open source lato server.

La diluizione della precisione (DOP) è il parametro di valutazione della disposizione delle stazioni visibili da ogni punto lungo le tratte di volo, ed esprime il livello di precisione della localizzazione. Più è basso il DOP, più è affidabile la localizzazione calcolata in quel particolare punto. Il programma che si occupa di calcolare il DOP è stato realizzato dal politecnico di Vienna (Technische Universität Wien), e consente di calcolare per ciascun punto fino a 15 diversi tipi di DOP, tenendo conto delle caratteristiche di ciascuna stazione.

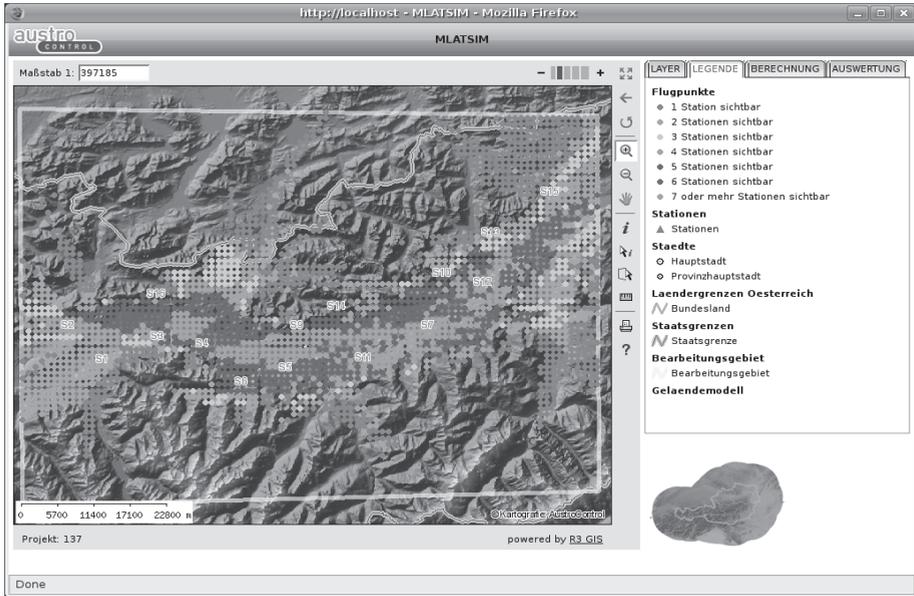


Fig. 2: risultato dell'analisi di una zona della valle dell'Inn in Austria. Il colore dei punti lungo le rotte di volo indica il numero di stazioni visibile.

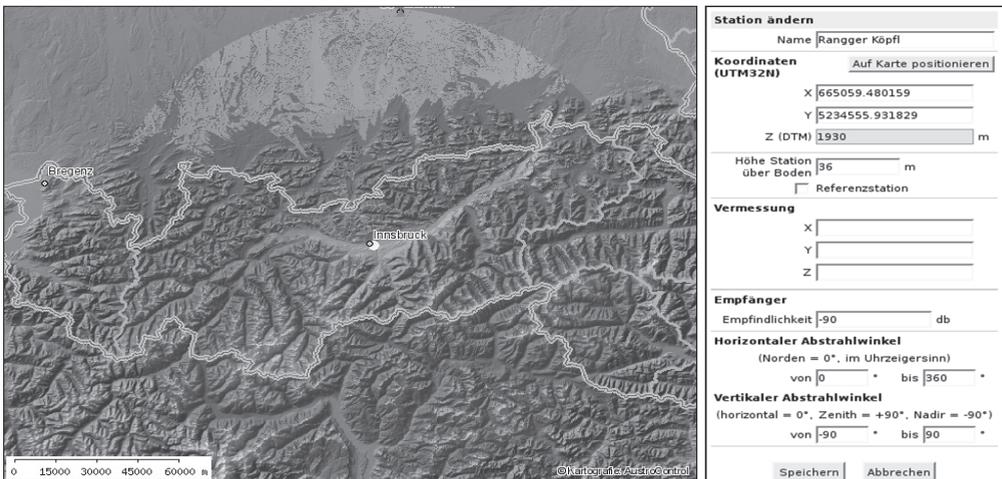


Fig. 3: analisi della visibilità di una stazione nei pressi di Innsbruck in un raggio di 100 km. I colori indicano la superficie visibile. Il pannello a destra consente di definire le caratteristiche della stazione prima di lanciare l'analisi.

Conclusioni

L'applicativo realizzato consente ad Austro Control di simulare e pianificare interventi legati al controllo del traffico aereo sui vari aeroporti di propria competenza ed è stato finora applicato alla valle dell'Inn in Tirolo e nella progettazione della nuova pista di atterraggio all'aeroporto di Vienna. In quest'ultimo caso il DTM utilizzato conteneva anche le sagome degli edifici, consentendo un calcolo preciso della visibilità nella zona intorno all'aeroporto.

I software open source utilizzati hanno consentito, data la disponibilità del codice e di una comunità di programmatori specializzati, di adattare determinate funzioni alle esigenze del progetto. Tutti i moduli specifici di Grass e Jgrass realizzati o modificati nell'ambito del progetto sono confluiti nei due applicativi.

Bibliografia

GRASS (Geographic Resources Analysis Support System): <http://grass.itc.it/>

UMN Mapserver: <http://mapserver.gis.umn.edu/>

PostGIS: <http://postgis.refractory.net/>

p.mapper - a MapServer PHP/MapScript Framework: <http://www.pmapper.net/>

jGRASS (Java Geographic Resources Analysis Support System): <http://jgrass.wiki.software.bz.it/>

R3 GIS: <http://www.r3-gis.com>

PROBLEMI CON DISCONTINUITÀ LIBERE NELLA SEGMENTAZIONE DI IMMAGINI E DI SEGNALI MONODIMENSIONALI

Alfonso VITTI

Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Trento,
via Mesiano 77, 38100 Trento, tel. 0461 882608, Fax 0461 882672
e-mail: alfonso.vitti@ing.unitn.it, vincitore del Premio AUTeC 2008

Riassunto

Nel lavoro si è studiata la formulazione variazionale del problema della segmentazione di immagini e di segnali monodimensionali secondo i modelli proposti da Mumford e Shah e da Blake e Zisserman. Si introducono brevemente le caratteristiche salienti di questi modelli che li configurano come problemi con discontinuità libere e i passaggi che ne permettono l'implementazione numerica. Lo studio ha voluto legare gli aspetti teorici alla loro applicazione a casi di interesse pratico attraverso lo sviluppo di programmi di calcolo originali.

Abstract

The mathematical framework involved in the variational formulation of one dimensional signals and images segmentation is inspected and reviewed. In particular, the "free discontinuity problem" arising from the variational approach to the segmentation has been studied along with the procedure leading to its numerical implementation. The work has been carried out to link the theory and its application by the development of original software.

1. Introduzione

E' possibile considerare la segmentazione di una funzione data g come la suddivisione, secondo certi criteri, del suo dominio Ω in regioni omogenee e disgiunte Ω_i . In generale si richiede che queste regioni presentino, al loro interno, una rumorosità inferiore rispetto a quella del dato e che i bordi delle regioni rimangano ben individuabili. Viste queste caratteristiche, si intuisce come la segmentazione di una immagine possa costituire un utile pre-processamento in vista, per esempio, dell'applicazione di algoritmi di classificazione. Nell'analisi di segnali, più in generale, la segmentazione permette la individuazione di zone del segnale con caratteristiche omogenee attraverso un processo di *smoothing* del dato e di conservazione delle sue discontinuità. Vale la pena osservare che i "bordi" sono proprio il luogo dei punti dove il dato non può considerarsi omogeneo, cioè dove il dato presenta delle discontinuità e che queste non sono note *a priori*.

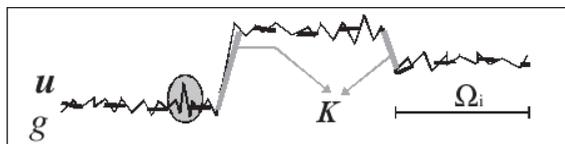


Figura 1 - Schematizzazione della segmentazione u di un dato g e delle sue discontinuità K .

Da un punto di vista matematico la segmentazione si può formulare seguendo un approccio variazionale e cioè attraverso la formulazione di un problema di minimo. Nel definire il modello variazionale si identificano delle appropriate grandezze che si devono rendere minime e che possono essere viste come termini di penalizzazione la cui natura risulta legata alle caratteristiche della soluzione che si vuole ottenere. In questo senso, nel modello variazionale proposto da Mumford e Shah (Mumford, Shah, 1989) si richiede di rendere minimi i contributi di tre termini distinti. In particolare la segmentazione u del dato e l'individuazione esplicita delle discontinuità K si ottiene chiedendo a) che la soluzione sia la più possibile "vicina" al dato, b) che la soluzione sia il più possibile "liscia" all'interno di ogni regione omogenea e c) che la lunghezza delle discontinuità risulti la più "piccola" possibile. Il modello proposto da Blake e Zisserman (Blake, Zisserman, 1987) include un ulteriore termine che controlla la presenza di punti di discontinuità della derivata di g . In oltre, in tale modello il termine che forza la soluzione a essere "liscia" è del secondo ordine, e non del primo come nel modello di Mumford e Shah.

Il modello di Mumford e Shah presenta due importanti caratteristiche. I due termini di superficie che spingono la soluzione u a rimanere "vicina" al dato g e a essere "liscia" all'interno delle regioni che segmentano il dato competono con il termine geometrico che controlla la "lunghezza" delle discontinuità che è concentrato sull'insieme di dimensione uno K che non è noto *a priori* e che costituisce una incognita rilevante del problema. A questo proposito è necessario notare che per dimostrare l'esistenza della soluzione del problema di minimo l'insieme K dei bordi delle regioni omogenee dovrà essere sostituito dall'insieme S_u delle discontinuità della funzione u che non sono necessariamente linee chiuse. Problemi variazionali di questo tipo, dove l'incognita è una coppia (u, S_u) , sono noti in letteratura come "problemi con discontinuità libere" e sono stati originariamente introdotti e studiati da Ennio De Giorgi, (De Giorgi, 1991). Il modello di Blake e Zisserman è anch'esso un problema di questo tipo. Un ulteriore contributo dato da Ennio De Giorgi e da Luigi Ambrosio allo studio dei problemi con discontinuità libere è lo sviluppo dello spazio delle funzioni speciali a variazione limitata, SBV, (Ambrosio et al., 2000). In questo spazio funzionale è infatti possibile definire una formulazione "debole" di problemi di minimo che, come quelli originariamente formulati da Mumford e Shah e da Blake e Zisserman, non si possono studiare e risolvere usando i Metodi Diretti del Calcolo delle Variazioni (Dacorogna, 1989). Sebbene la formulazione debole dei modelli di Mumford e Shah e di Blake e Zisserman risultino analiticamente più trattabili, la loro implementazione numerica rimane particolarmente complicata non essendo ancora immediato individuare una rappresentazione conveniente dell'insieme delle discontinuità S_u . Per arrivare a una formulazione che sia numericamente trattabile è necessario un ulteriore passo che è quello della individuazione di una approssimazione (Braides, 1998) della forma debole dei modelli di Mumford e Shah e di Blake e Zisserman. Lo sviluppo di tali approssimazioni si basa ancora su un altro importante contributo di Ennio De Giorgi: la definizione e la formalizzazione delle teoria della Γ -convergenza (De Giorgi, Franzoni, 1975; Braides, 2002). Attraverso la Γ -convergenza è possibile descrivere il comportamento asintotico di famiglie di problemi di minimo dipendenti da parametri a problemi di minimo che non dipendono da parametri e viceversa. La natura dei parametri può essere di tipo geometrico come quelli che appaiono nelle approssimazioni variazionali di problemi con discontinuità libere. La natura dei parametri può essere anche di tipo costitutivo, come quelli che compaiono ad esempio nel campo dell'Ingegneria nei problemi di omogeneizzazione.

Il modello di Mumford e Shah per la segmentazione di immagini è stato implementato in una libreria scritta in linguaggio C alla quale si appoggia anche un nuovo modulo per il GIS GRASS.

Il modello di Blake e Zisserman per la segmentazione di segnali monodimensionali è stato implementato in una seconda libreria alla quale si appoggia un programma a riga di comando.

I due modelli si sono applicati rispettivamente a immagini e segnali sintetici con il fine di verificare il funzionamento dei codici sviluppati, di testare le caratteristiche dei modelli evidenziando praticamente alcune loro proprietà teoriche. A valle di questi test si è poi valutato il risultato della segmentazione di ortofoto e di serie temporali di coordinate di stazioni permanenti.

Nel seguito si presenta brevemente il funzionale di Mumford e Shah e si riporta una trattazione sintetica e schematica della procedura che permette di passare dalla sua formulazione originale alla sua implementazione numerica. Il funzionale di Blake e Zisserman viene successivamente presentato evidenziando sostanzialmente solo le principali differenze che lo distinguono da quello di Mumford e Shah o sul piano teorico o sul piano della sua implementazione numerica. Per una trattazione più estesa e per una estensione del modello di Mumford e Shah si fa riferimento a (Vitti, 2008) e (March, Dozio, 1997). Si riportano qui solo alcuni esempi significativi della segmentazione di immagini e di segnali monodimensionali. Per ulteriori esempi e una descrizione della implementazione numerica dei modelli variazionali presentati si veda ancora (Vitti, 2008).

2. Il funzionale di Mumford-Shah per la segmentazione di immagini

L'espressione del modello variazionale per la segmentazione di immagini proposto da Mumford e Shah (Mumford, Shah, 1989) è la seguente:

$$MS(u, K) = \int_{\Omega \setminus K} (u - g)^2 dx + \lambda \int_{\Omega \setminus K} |\nabla u|^2 dx + \alpha H^1(K \cap \Omega), \quad [1]$$

dove g è il dato, λ e α sono due parametri reali positivi, H è la misura di Hausdorff della lunghezza dell'insieme K dei bordi delle regioni omogenee e u è la funzione che segmenta il dato. Attraverso la minimizzazione dei termini che compaiono nella [1] si chiede che:

1. la soluzione u resti "il più vicino possibile" al dato;
2. la soluzione u sia "la più liscia possibile" all'interno delle regioni omogenee;
3. la lunghezza dei bordi delle regioni omogenee sia "la più piccola possibile".

Intuitivamente la funzione del terzo termine è quella di evitare che vengano individuate discontinuità che non rappresentino il bordo tra due regioni omogenee. Si veda per esempio l'area cerchiata in Figura 1.

Come accennato, per poter studiare analiticamente il problema di minimo associato alla [1] è particolarmente conveniente definire una sua forma debole nello spazio delle funzioni speciali a variazione limitata e sostituire l'insieme K con l'insieme S_u delle discontinuità di u . La forma debole di [1] è:

$$MS^w(u) = \int_{\Omega} (u - g)^2 dx + \lambda \int_{\Omega} |\nabla u|^2 dx + \alpha H^1(S_u), \quad [2]$$

Nella formazione debole [2] non appare più l'insieme di discontinuità del dato. Il funzionale dipende dalla sola incognita u . Sono ancora presenti due integrali di superficie e la misura monodimensionale dell'insieme di discontinuità della stessa u .

Ambrosio e Tortorelli (Ambrosio, Tortorelli, 1990) proposero di approssimare, nel senso della Γ -convergenza, la [2] con:

$$AT_{\varepsilon}(u, K) = \int_{\Omega} (u - g)^2 dx + \lambda \int_{\Omega} z^2 |\nabla u|^2 dx + \alpha \int_{\Omega} \left[\varepsilon |\nabla z|^2 + \frac{(1-z)^2}{4\varepsilon} \right] dx. \quad [3]$$

La approssimazione proposta da Ambrosio e Tortorelli sfrutta un importante risultato di Modica e Mortola (Modica, Mortola, 1977) che permette di approssimare, ancora nel senso della Γ -convergenza, la misura di Hausdorff di S_u con il terzo integrale della [3]. Nella [3] compare la funzione ausiliaria z che è direttamente legata alla funzione caratteristica di u oltre al parametro di Γ -convergenza ε . Si noti che gli integrali che compaiono nella [3] sono ora tutti integrali di superficie. La soluzione della [3] si può calcolare risolvendo l'equazione di Eulero ad essa associata. L'equazione di Eulero è in realtà un sistema di due equazioni differenziali non lineari che può essere discretizzato alle differenze finite. Il sistema discreto si risolve poi iterativamente.

In Figura 2 si riporta una selezione del risultato della segmentazione (al centro) di una ortofoto (a sinistra) alla risoluzione di 1x1 m e (a destra) la funzione di discontinuità z che compare nella [3].

In Figura 3 si riportano i risultati di una classificazione non supervisionata basata sul modello della massima verosomiglianza due zone della stessa ortofoto (1a e 3a immagine) e delle corrispondenti segmentazioni (2a e 4a immagine).



Figura 2 - Segmentazione, (al centro) di una ortofoto, (a sinistra) e la funzione di discontinuità z , (a destra).



Figura 3 - Classificazione di una ortofoto (1a e 3a immagine) e della versione segmentata della stessa ortofoto (2a e 4a immagine).

3. Il funzionale di Blake-Zisserman per la segmentazione di segnali monodimensionali

Il funzionale proposto da Blake e Zisserman (Blake, Zisserman, 1987) in dimensione uno ha la forma:

$$BZ(u, K_0, K_1) = \int_{\Omega \setminus (K_0 \cup K_1)} (u - g)^2 dx + \lambda \int_{\Omega \setminus (K_0 \cup K_1)} |u''|^2 dx + \alpha \#(K_0) + \beta \#(K_1), \quad [4]$$

dove il termine che forza la soluzione u a essere "liscia" è del secondo ordine e dove si controlla, attraverso la misura del conteggio ($\#$), l'insieme K_0 delle discontinuità della u e l'insieme K_1 delle discontinuità della sua derivata prima.

Analogamente a quanto descritto per il funzionale di Mumford e Shah, anche per la [4] risulta necessaria la definizione di una sua forma debole e successivamente di una sua approssimazione variazionale.

Si riporta qui solo una espressione semplificata della approssimazione proposta da Bellettini e Coscia (Bellettini, Coscia, 1994):

$$BC_\varepsilon(u, \sigma, s) = \int_{\Omega} (u - g)^2 dx + \lambda \int_{\Omega} s^2 |u''|^2 dx + (\alpha - \beta)M(\sigma) + \beta M(s), \quad [5]$$

Dove le funzioni σ e s si comportano come la funzione z in [3] e sono legate alle funzioni caratteristiche rispettivamente della u e della sua derivata prima. Il termine M ha la forma del terzo integrale della [3]. E' possibile ricavare numericamente la soluzione della [5] anche seguendo un percorso diverso da quello descritto per la soluzione numerica della [3]. In particolare si può discretizzare agli elementi finiti direttamente la [5], senza bisogno quindi di derivare l'equazione di Eulero associata, e poi, ancora con un metodo alla Newton e un procedimento iterativo, calcolarne i minimi.

In Figura 4 si riporta (sopra) la segmentazione di una serie storica di una coordinata di una stazione permanente e (sotto) la funzione di discontinuità σ che individua nettamente una discontinuità in corrispondenza della settimana GPS 1400.

In Figura 5 si riporta la segmentazione di un altro dato dello stesso tipo eseguita sia con il modello di Mumford e Shah (sopra) che con quello di Blake e Zisserman (sotto).

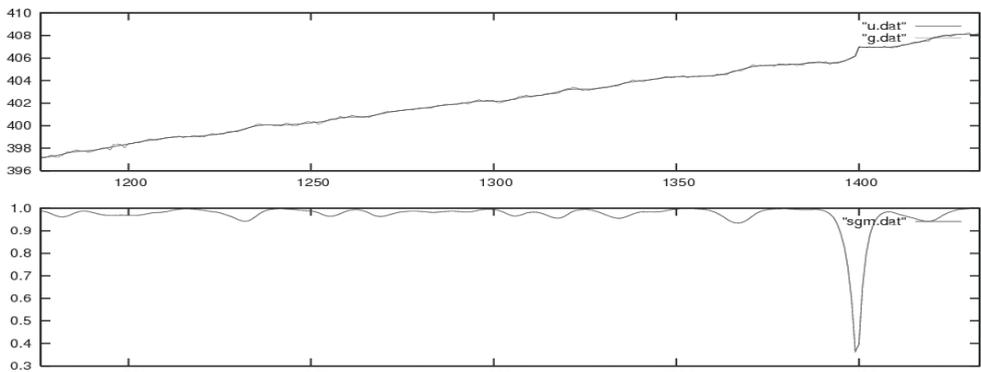


Figura 4 - Segmentazione di una serie storica di una coordinata di una stazione permanente e la funzione di discontinuità σ .

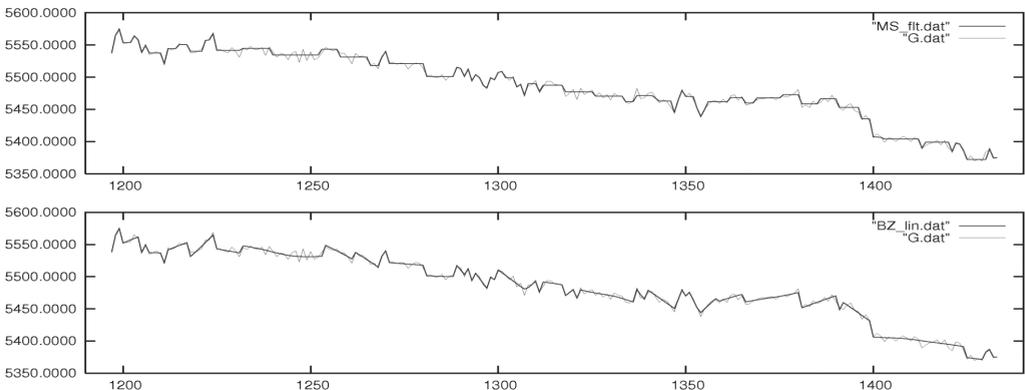


Figura 5 - Segmentazione di una serie storica di una coordinata di una stazione permanente con il modello di Mumford e Shah (sopra) e di Blake e Zisserman (sotto).

4. Conclusioni e prospettive

Sulla base dei test condotti entrambi i modelli descritti producono ottimi risultati. Dalla Figura 3 si osserva in particolare il migliore risultato ottenuto classificando la versione segmentata di una ortofoto rispetto a quello ottenuto con una classificazione diretta della ortofoto.

Il codice sviluppato è stabile e affidabile. In particolare il nuovo modulo per il GIS GRASS risulta essere adatto anche per le applicazioni proprie di una utenza finale. Si sottolinea come lavorare nell'ambiente GRASS risulti particolarmente conveniente visti gli strumenti di gestione, analisi e visualizzazione disponibili al suo interno.

Dalla Figura 5 si osserva come il modello di Blake e Zisserman, essendo del secondo ordine, tenda a produrre una segmentazione “lineare” a tratti e non a una segmentazione “costante” a tratti come invece il modello del primo ordine di Mumford e Shah.

L'applicazione del modello monodimensionale di Blake e Zisserman appare promettente anche in ambiti diversi da quello presentato, per esempio per l'individuazione di cycle slips in misure di fase. La presenza di un termine del secondo ordine suggerisce lo studio e l'implementazione anche della sua versione in due dimensioni, per esempio per il processamento di dati lidar.

5. Note bibliografiche

La letteratura disponibile sugli argomenti qui solo accennati è particolarmente vasta e articolata. Per motivi di trattazione e di spazio si è scelto nel testo di citare solo pochi lavori tra i molti essenziali. Per una bibliografia più ampia e per altre citazioni puntuali si veda (Vitti, 2008).

Ambrosio L., Tortorelli V.M. (1990). “Approximation of functionals depending on jumps by elliptic functionals via Γ -convergence”, *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 43: 999-1036.

Ambrosio L., Fusco N., Pallara D. (2000), *Functions of Bounded Variation and Free Discontinuity Problems*, Oxford mathematical monographs. Oxford University Press, London.

Bellettini C., Coscia A. (1994), “Approximation of Functional Depending on Jumps and Corners”, *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana*, 8-B: 151-181.

Blake A., Zisserman A. (1987), *Visual Reconstruction*, The MIT Press, Cambridge.

Braides A. (2002), *Gamma-convergence for beginners*, Oxford lecture series in mathematics and its applications, vol. 22. Oxford University Press, London.

Braides A. (1998), *Approximation of free-discontinuity problems*, Lecture notes in mathematics, vol. 1694. Springer, Berlin.

Dacorogna B. (1989), *Direct methods in the calculus of variations*. Applied Mathematical Sciences, vol. 78. Springer-Verlag, New York.

De Giorgi E., Franzoni T. (1975), “Su un tipo di convergenza variazionale”, in *Atti Accad. Naz. Lincei Rend. Cl. Sci. Fis. Mat. Natur.* 58(8): 842-850.

De Giorgi E., (1991), *Free discontinuity problems in calculus of variations*, Frontiers in Pure and Applied Mathematics, a collection of papers dedicated to J.L. Lions on the occasion of his 60th birthday, 55-62.

March R., Dozio M. (1997), “A variational method for the recovery of smooth boundaries”, *Image and Vision Computing*, 15: 705-712.

Modica L., Mortola S. (1977), “Un esempio di Γ -convergenza”, *Bollettino dell'Unione Matematica Italiana*, 14-B: 285-299.

Mumford D., Shah J. (1989), “Optimal Approximation by Piecewise Smooth Functions and Associated Variational Problems”, *Communications on Pure Applied Mathematics*, 42: 577-685.

Vitti A. (2008), “Free Discontinuity Problems in Image and Signal Segmentation”. Doctoral Scholl on Environmental Engineering, University of Trento, Italy. [www.ing.unitn.it/dica/tools/download/PhD Thesis Vitti .pdf](http://www.ing.unitn.it/dica/tools/download/PhD%20Thesis%20Vitti.pdf)

SISTEMA PER LA RILEVAZIONE AUTOMATICA NEAR REAL-TIME DI INCENDI BASATO SU DATI MSG SEVIRI: DIMOSTRAZIONI OPERATIVE IN ABRUZZO E SARDEGNA

Massimo ZAVAGLI (*), Agata PRIOLO (*), Silvia LOZZI (*), Mario COSTANTINI (*),
Emilio Domingó IANNARELLI (**), Giorgio LODDO (***)

(* Telespazio, Via Cannizzaro 71 - 00156 Roma, 06-40793833, massimo.zavagli@telespazio.it

(**) Regione Abruzzo - Protezione Civile - Servizio Previsione e Prevenzione dei Rischi, emiann@regione.abruzzo.it

(***) Regione Sardegna- Direzione Generale del Corpo Forestale e di Vigilanza Ambientale

Riassunto

In Telespazio, nell'ambito di un contratto con la Regione Abruzzo, per le applicazioni satellitari a supporto di attività operative, e di una collaborazione con il Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna nel progetto RISKEOS, è stato perfezionato un servizio di identificazione e monitoraggio degli incendi boschivi basato su elaborazione di dati telerilevati MSG SEVIRI.

Il sistema di rilevazione automatica di incendi, basato su dati di sensori geostazionari sviluppato in Telespazio, permette di ottenere alta sensibilità per l'identificazione di piccoli fuochi (inferiore a mezzo ettaro) nonostante la risoluzione del sensore attualmente disponibile sia di 3 Km x 3 Km. Inoltre, la prontezza nella rilevazione dell'incendio dovuta al breve tempo di rivisita del sensore (15 minuti) consente di realizzare un servizio operativo di allarme e di monitoraggio degli incendi. Al fine di sfruttare pienamente le potenzialità (alta frequenza di acquisizione) di questo sensore satellitare e di ovviare all'intrinseca bassa risoluzione, è stato sviluppato un processore algoritmico basato sull'uso congiunto di un modello fisico ed un modello adattativo applicato a dati multi spettrali. Tale tecniche introdotte in (Costantini, et al., 2006) sono coperte da brevetto internazionale.

Dopo una fase sperimentale durante l'estate 2007, il sistema completo di rilevazione e monitoraggio degli incendi è stato fornito alla Protezione Civile della Regione Abruzzo e al Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna come servizio durante l'estate 2008. Risultati di validazioni dimostrano le proprietà di operatività che tale servizio può fornire.

Abstract

Telespazio, in the framework of a contract with Regione Abruzzo and in the project RISKEOS with the collaboration of the Corpo Forestale di Vigilanza Ambientale della Regione Sardegna, has updated and improved a fire detection and monitoring service based on geostationary optical multispectral sensors MSG-SEVIRI.

The techniques implemented in the service system allow detecting even small fires (much smaller than the sensor spatial resolution) with the promptness made possible by the frequent acquisitions of a geostationary sensor. The described approach is based on the joined use of a physical model of the radiative transfer process and a purely mathematical adaptive predictive algorithm, useful also to detect clouds. A patent application is pending covering this technology introduced in (Costantini et al., 2006). A system implementing the proposed technique has been developed for the MSG-SEVIRI data and after a preliminary experimental phase during the 2007 Summer, the service has been operative in Abruzzo and in Sardinia during the 2008 Summer. The results demonstrate the validity of the technique and the feasibility of conceiving an operational system for fire detection based on geostationary satellite multispectral sensors.

Premessa

L'emergenza ambientale legata agli incendi boschivi rappresenta un campo di applicazione di forte interesse per lo sviluppo di sistemi automatici per la rilevazione ed il monitoraggio di incendi basati su dati satellitari. Fruttuose collaborazioni tra la Telespazio e utenti interessati a queste applicazioni hanno permesso di identificare requisiti essenziali per una efficace fornitura del servizio quali la prontezza e la sensibilità nella rilevazione di piccoli incendi e l'affidabilità. Inoltre hanno permesso di sviluppare opportune tecniche basate sull'elaborazione di dati multispettrali di sensori geostazionari come MSG-SEVIRI.

L'uso di dati di sensori multispettrali geostazionari è motivato dal fatto che sistemi di rilevazione di incendi basati su sensori satellitari in orbita polare come MODIS - TERRA e AQUA soffrono di una bassissima risoluzione temporale a causa del lungo tempo di rivisita. Infatti, un sensore polare acquisisce tipicamente al più due immagini della stessa scena al giorno. Per tale motivo, anche potendo sfruttare tutti i sensori ottici multispettrali polari in orbita, il tempo di rivisita è troppo lungo affinché possa essere realizzato un sistema multi-sensore per applicazioni real-time di rilevazione e monitoraggio di incendi.

Al contrario, sensori ottici geostazionari acquisiscono dati con elevata frequenza temporale (per esempio un dato ogni 15 minuti per il sensore MSG-SEVIRI), sebbene la risoluzione spaziale sia bassa (3 Km x 3 Km al nadir per MSG SEVIRI). L'utilizzo dell'informazione temporale contenuta nell'alta frequenza di acquisizione, oltre all'indubbio vantaggio di permettere un effettivo monitoraggio real-time del territorio, consente di aumentare, mediante l'uso di opportune tecniche, la sensibilità di rilevazione degli incendi così da superare i limiti intrinseci dovuti alla bassa risoluzione spaziale dei sensori geostazionari.

Nel seguito è riportata una descrizione delle tecniche alla base del servizio sviluppato da Telespazio e i risultati di validazione.

Algoritmo

Le tecniche e gli algoritmi sviluppati si basano sia su modelli fisici che su modelli matematici adattativi. Un modello fisico che descrive lo scambio energetico tra sensore, sole, atmosfera e superficie terrestre è applicato mediante analisi sub-pixel per stimare parametri utili alla rilevazione di incendi. Come supporto al modello fisico è stato sviluppato un modello adattivo che elabora lunghe serie temporali di dati SEVIRI al fine di identificare anomalie delle radianze acquisite dovute a nuvole o a fuochi.

Modello Fisico

Il modello fisico utilizzato descrive lo scambio energetico (figura 1), a livello radiativo, tra la superficie terrestre, l'atmosfera, il sole, il sensore MSG SEVIRI e l'eventuale incendio sulla superficie. Tale modello fisico è applicato ad ogni pixel del dato SEVIRI di MSG mediante una opportuna analisi sub-pixel che permette di distinguere i contributi dovuti ad un fuoco attivo nel pixel dal contributo dovuto alla parte rimanente della superficie terrestre nel pixel che non sta bruciando. In pratica le radianze rilevate in un pixel del dato multi-banda SEVIRI di MSG sono la somma delle seguenti differenti componenti: il sole riflesso, l'atmosfera, la parte del pixel che sta bruciando e la parte rimanente del pixel che non sta bruciando. L'inversione di questo modello fisico permette di stimare la superficie incendiata (interna al pixel), la temperatura al suolo e la potenza del fuoco se rilevato (figura 2). Per rendere la stima di tali parametri sufficientemente robusta si sfrutta la correlazione temporale dei dati. In particolare, l'inversione è effettuata mediante un procedimento dinamico che utilizza, oltre alla nuova acquisizione, le acquisizioni e le stime precedenti. La rilevazione ed il monitoraggio di incendi è effettuata mediante criteri di soglia applicati alla frazione di pixel incendiata che è stata stimata.

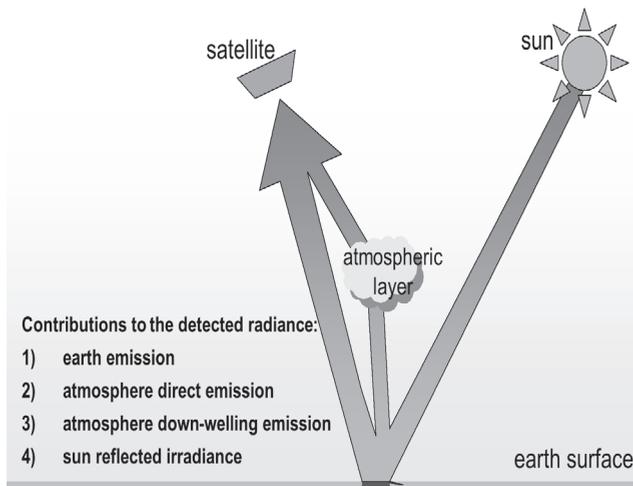


Figura 1 - Schema del modello di trasferimento radiativo in cui sono evidenziati i contributi alla radianza rilevata del sensore satellitare che sono tenuti in conto dal modello fisico.

Modello Adattativo

Il sistema dinamico che caratterizza il modello fisico può essere applicato solo nelle parti della scena in cui nuvole o fenomeni atmosferici che alterano le radianze non sono presenti, perché in tal caso le assunzioni alla base del modello non sono più valide. In questo ambito è richiesta elevata accuratezza nella stima della copertura nuvolosa. Infatti, anche i pixel che sono parzialmente coperti da nuvole o con foschia devono essere rilevati al fine di evitare di processare dati di radianza corrotti. Per identificar queste condizioni atmosferiche particolari, è stato sviluppato un modello adattativo predittivo del comportamento radiativo della superficie terrestre che sfrutta sequenze temporali dei frequenti dati MSG.

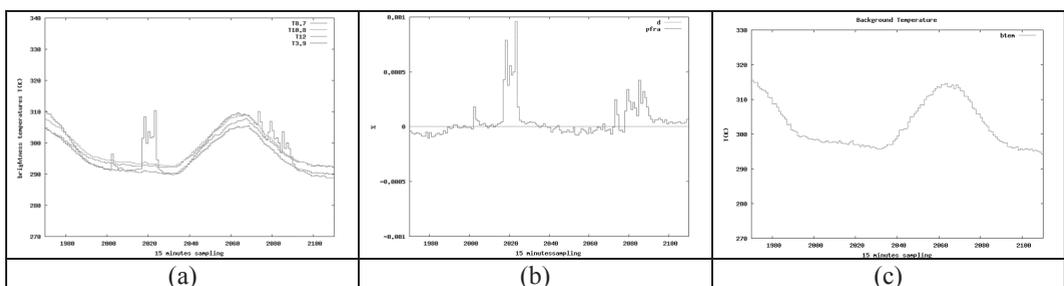


Figura 2 – Sequenze temporali (un giorno completo) dei dati processati (a) e dei prodotti generati (b) e (c). In ascissa è indicato il tempo (96 campioni in un giorno, uno ogni 15 minuti). In ordinata le temperature di brillantezza per 4 bande termiche (a), la dimensione stimata dell'incendio (misurata come frazione di pixel) (b), la stima della temperatura al suolo (c).

La figura 3 mostra una sequenza (circa 2 giorni) di dati di radianza dell'infrarosso termico (10.8 μm) in un pixel ed il modello adattativo usato per la rilevazione delle nuvole. La rilevazione delle nuvole è dato dalla curva verde.

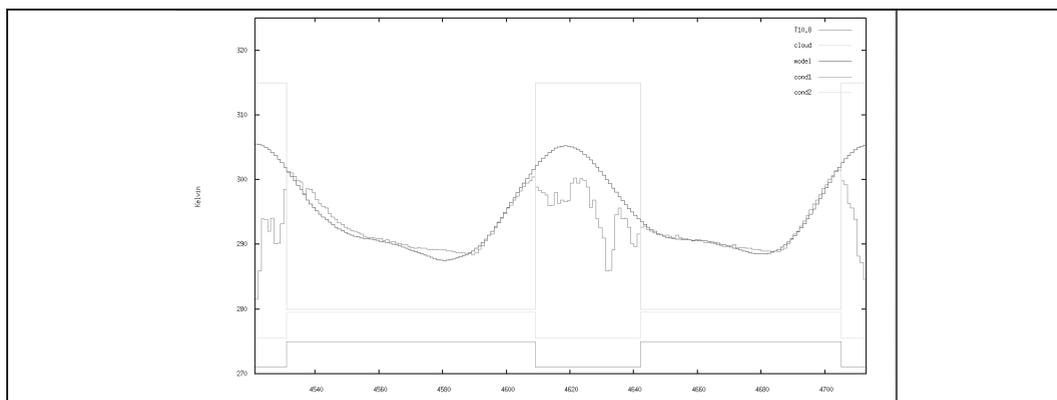


Figura 3 - Trend della temperatura di brillantezza della banda 10.8 um in un pixel di MSG SEVIRI (curva rossa) in cui sono evidenti le discontinuità dovute alle nuvole. La curva blu rappresenta il modello adattivo predittivo mentre la linea verde evidenzia il comportamento del cloud mask in questo pixel (nuvola quando il segnale è alto sereno quando è basso). L'effettiva prontezza di risposta del rilevatore di nuvole si può notare mediante una verifica visuale.

L'uso congiunto del modello fisico e di quello adattativo permette di rilevare fuochi con dimensione attiva molto piccola (anche inferiore a mezzo ettaro se l'incendio è sufficientemente potente) usando dati MSG SEVIRI che hanno una risoluzione di circa 3 Km X 3 Km. La prontezza della rilevazione è resa possibile dalle frequenti acquisizioni del sensore geostazionario (una ogni 15 minuti per MSG SEVIRI).

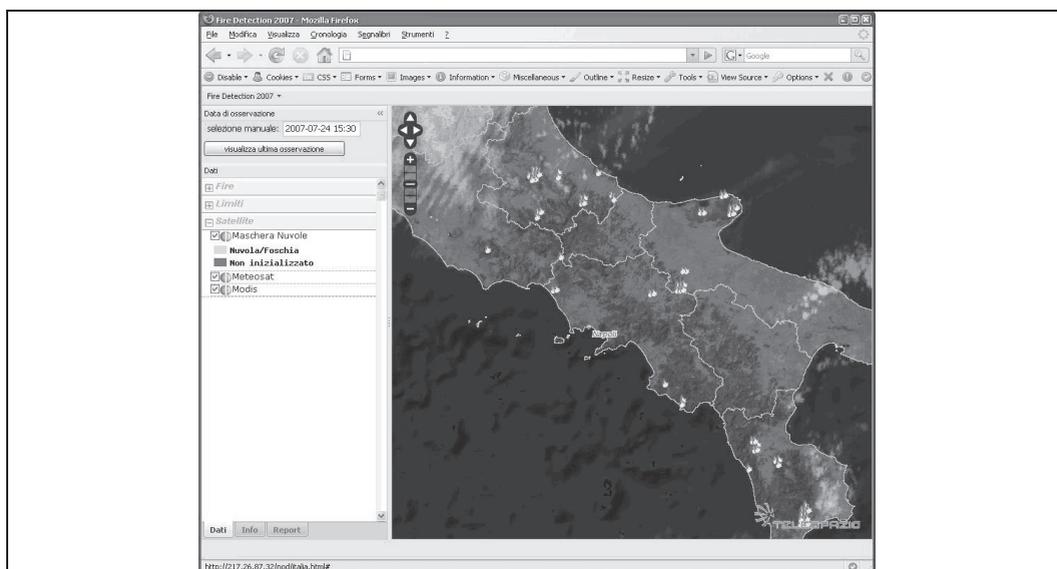


Figura 4 – Interfaccia WEB GIS sul browser Mozilla in cui sono evidenti gli incendi attividel 24 Luglio 2007 alle ore 15:30. Sullo sfondo sono visibili immagini SEVIRI HRV.

I prodotti generati dal sistema, insieme ad immagini HRV di SEVIRI e al cloud mask, sono infine resi disponibili agli utenti mediante un sistema WEB GIS (figura 4) che ne permette la fruizione, la visualizzazione ed il download.

Validazione degli algoritmi

Un sistema di rilevazione automatica e monitoraggio di incendi è stato sviluppato nell'ambito di attive collaborazioni con la Regione Abruzzo e la Regione Sardegna. Tale servizio è stato anche validato con il supporto di verità a terra fornite dalla Protezione Civile della Regione Abruzzo e dal Corpo Forestale della Regione Sardegna rispettivamente nei territori di competenza. I risultati mostrano la validità della tecnica nell'offrire un sistema efficace di rilevazione e monitoraggio di incendi basato su sensori multi spettrali geostazionari come MSG SEVIRI.

I risultati di validazione, di seguito riportate, sono limitati al territorio della Sardegna e all'estate 2007, mentre una preliminare analisi della validazione sul territorio dell'Abruzzo, tuttora in corso, mostra che le performance del sistema in tale regione sono equiparabili a quelle stimate in Sardegna.

I parametri fondamentali usati per validare gli algoritmi sono i seguenti:

- Detection Rate (DR): rapporto tra gli incendi rilevati e tutti gli incendi avvenuti. La formula usata è $D_HS/(D_HS+S_HS)$, dove gli incendi rilevati (D_HS) sono considerati raggruppamenti di pixel incendiati vicini nello spazio e nel tempo e S_HS sono gli incendi non rilevati.
- False Alarm Rate (FAR): rapporto tra le false rilevazioni e tutte le rilevazioni. La formula usata è $F_HS/(D_HS+F_HS)$, dove i falsi e i veri incendi rilevati (rispettivamente F_HS e D_HS) sono considerati raggruppamenti di pixel incendiati vicini nello spazio e nel tempo.

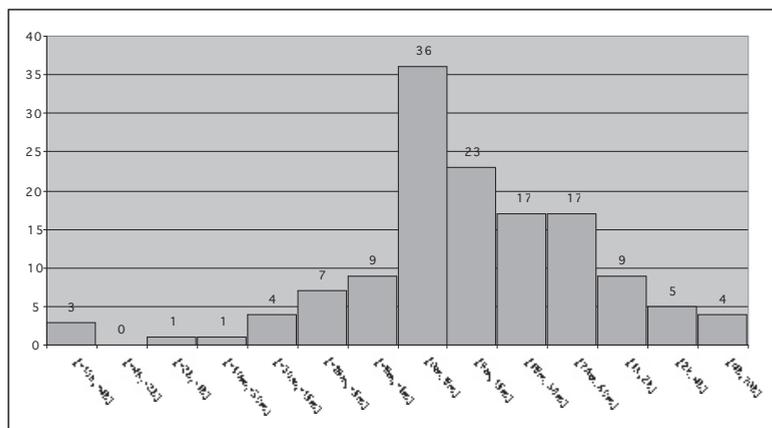
Per la stima dei DR si è usato classificare gli incendi rispetto alla loro dimensione attiva misurata rispetto alla lunghezza del fronte di fiamma (Fire Front Length). Per la stima del DR dell'algoritmo si è inoltre evitato di usare verità a terra AIB che fossero risultati nuvolosi poiché relativi ad incendi effettivamente non rilevabili.

Detection Rate vs. fire front length			
Fire front length (FF) [metri]	AIB non nuvolosi [#]	Incendi rilevati [#]	Detection rate [%]
FF >= 800	8	8	100.00%
FF >= 600	13	11	84.62%
FF >= 500	18	13	72.22%
FF >= 300	37	21	56.76%
FF >= 200	60	32	53.33%
FF >= 100	128	56	44.53%
FF >= 70	144	60	42.36%
FF >= 50	196	69	35.71%
FF >= 30	258	74	29.07%
FF >= 20	312	76	24.68%
FF >= 10	385	77	20.26%
FF > 0	453	78	17.44%

Relazione tra Detection Rates e lunghezza del fronte fuoco (classi cumulative). Questa tabella considera 78 eventi relative ad AIB provvisti di informazione sul fronte fuoco.

False Alarm Rate	
Totale degli incendi rilevati	150
Incendi reali rilevati	144
Falsi allarmi	6
False Detection rate	4.00 %

Prontezza della rilevazione



Istogramma con i ritardi di rilevazione misurati come la differenza tra i tempi di rilevazione dell'incendio mediante dati MSG SEVIRI e la rilevazione in situ riportata negli AIB.

Persistence

(valore medio di persistenza) 16.8%

La persistenza di ogni rilevazione è calcolata considerando il rapporto tra il numero delle acquisizioni di SEVIRI di MSG nel quale l'incendio è stato rilevato e il numero delle acquisizioni nel periodo di tempo in cui è durato l'incendio, come riportato negli AIB.

Conclusioni

Nonostante l'efficacia e le proprietà di operatività che tale servizio, basato sul sensore MSG-SEVIRI, può fornire, è di rilevanza notare che satelliti geostazionari di nuova generazione (Meteosat Third Generation MTG) che verranno resi operativi verso il 2015, stanno per essere sviluppati anche su requisiti mirati ad applicazioni di rilevazione di incendi oltre che ovviamente ad applicazioni di meteorologia (EUMETSAT 2007). A questo proposito per esempio, la risoluzione spaziale delle bande infrarosse sarà incrementata e anche la risoluzione radiometrica e la soglia di saturazione delle bande sensibili agli incendi ($3,9 \mu\text{m}$) verrà resa idonea alle applicazioni di rilevazione di incendi. Tale perfezionamento della esistente tecnologia dei sensori geostazionari comporterà un ulteriore miglioramento delle prestazioni del sistema attualmente sviluppato.

Bibliografia

M. Costantini, M. Zavagli, E. Cisbani, B. Greco, (2006) "A Technique for Automatic Fire Detection from Geostationary Optical Sensors and its Validation on MSG SEVIRI Data", IGARSS2006, Orlando, USA, 2006.

EUMETSAT (2007) - MTG Mission Requirements Document, doc. EUM/MTG/SPE/06/0011, Issue v2C, 10 December 2007, <http://www.eumetsat.int>

IL RILIEVO DIGITALE DELLA CHIESA DI SAN NICOLA DI MESOPOTAMIA IN SARANDA - ALBANIA

Marina ZONNO

(*) ITC, Construction Technologies Institute, National Research Council, Strada Crocifisso 2/B,
70126 Bari, Italy, (marina.zonno@itc.cnr.it)

Abstract

La partecipazione al “Programma di iniziativa Comunitaria INTERREG ITALIA – ALBANIA” promossa dalla regione Puglia ha fornito un’interessante occasione di collaborazione con l’Istituto per i Monumenti di Cultura Albanese per la documentazione e valorizzazione del patrimonio architettonico storico-monumentale Albanese anche attraverso l’impiego di tecniche di rilievo digitale finalizzate alla valorizzazione ed alla progettazione degli interventi di restauro e conservazione mediante tecniche di rappresentazione virtuale.

Nell’ambito di interesse del progetto – la valorizzazione delle risorse storiche e architettoniche dell’Albania attraverso l’individuazione di itinerari di arte e fede per finalità di sviluppo culturale ma soprattutto turistico ed economico del territorio locale – specifiche linee di attività hanno riguardato lo scambio di esperienze finalizzato al trasferimento tecnologico tra i Paesi partner.

Uno dei casi di studio – ritenuto significativo per le peculiarità che lo contraddistinguono - è rappresentato dalla Chiesa di San Nicola che sorge nelle vicinanze del villaggio di Mesopotamia in Saranda, oggetto della presente relazione. La Chiesa, risalente al periodo Bizantino, fa parte di un complesso monumentale comprendente il monastero circondato da mura e torri difensive per la maggior parte in stato di abbandono e rovina. Il rilievo e la restituzione digitale dei quattro prospetti della Chiesa è stato effettuato mediante collaborazione con i tecnici Albanesi, che hanno operato sul campo con attività di rilievo digitale, consentendo la sperimentazione di azioni di tutoraggio a distanza.

Abstract

The participation in the Communitarian Initiative Program “INTERREG ITALY – ALBANIA” promoted by the Apulia Region represents an interesting opportunity for cooperation with the Institute for Cultural Monuments of Albania in the field of Albanian historical and architectural heritage enhancement, also through the use of digital survey and virtual representation techniques for the documentation and design of restoration and conservation programs.

Within the general scope of the project – the enhancement of historical and architectural resources of Albania through the definition of ‘art and religion’ itineraries for the cultural, tourist and economic development of local territories – specific research activities focused on the exchange of experience in the perspective of a lively technology transfer between the project partners.

The case study, St. Nicolas Church – significant for its peculiarities - is situated in the surroundings of the village of Mesopotam, Saranda. The Church, dating back to the Byzantine period, is part of a monumental complex comprising the Monastery, surrounded by ancient walls and towers mostly in state of ruin or decay. The survey and digital restitution of the four façades of the Church were carried out in cooperation with Albanian technicians for on-site operations in digital survey activities, allowing the experimentation of distance tutoring.

Notizie storiche

La chiesa di St. Nicholas (figura 1) sorge nelle vicinanze del villaggio di Mesopotamia, su una collina non lontano dalla turistica città di Saranda. Parte di un complesso monumentale, comprendente mura, torri e un grande monastero, è l'unico edificio ancora in discreto stato di conservazione essendo stato oggetto di interventi di rifacimento e ripristino nel corso degli anni, benché molto resti ancora da fare per il recupero totale della Chiesa e soprattutto dell'intero complesso, che richiederebbe studi, interventi di recupero ed una profonda campagna di scavi archeologici.

La Chiesa è una delle più grandi chiese bizantine presenti nel paese e rappresenta un importante monumento non solo per le sue dimensioni ma anche per la particolare tipologia che nel corso dei secoli ha mutato profondamente l'aspetto originario. Si presenta come un grande parallelepipedo massiccio, la cui parte centrale, più alta, è coronata da 4 cupole, 2 insistenti su due tamburi cilindrici e due, più alte, a base poligonale irregolare. In seguito a studi effettuati intorno agli anni '90 dall'allora Primo Ministro Albanese *Aleksander Meksi*, è stato possibile individuare l'epoca di costruzione fra i secoli XIII e XIV, anche se notevoli rimaneggiamenti e ricostruzioni hanno investito l'intera struttura nei secoli successivi in seguito a pesanti danni strutturali. I due interventi più importanti che hanno riguardato il rifacimento quasi totale dei prospetti risalgono al 1793, per la ricostruzione della facciata a est e parte di quella a ovest, e al 1845 per l'ala nord; tutte queste modifiche non consentono di determinare con esattezza la forma originaria del manufatto (figura 2).



Figura 1- Chiesa di St Nicholas

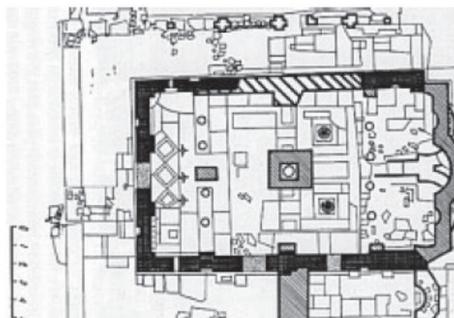


Figura 2 – Planimetria della Chiesa con indicazione dei vari periodi di costruzione

Il Rilievo digitale della Chiesa di San Nicola

Il rilievo digitale dei prospetti della chiesa di San Nicola nasce da una esperienza di collaborazione con tecnici professionisti dell'Istituto per i Monumenti di Cultura Albanese nell'ambito del Programma di Iniziativa Comunitaria "INTERREG Italia – Albania", che ha fornito un'interessante occasione per la sperimentazione di azioni di tutoraggio "a distanza" finalizzate allo svolgimento di attività connesse al rilievo digitale e al restauro virtuale dei monumenti presenti sul territorio. La prima fase della suddetta cooperazione ha previsto un breve corso di formazione in Italia, durante il quale i tecnici hanno acquisito le basi della metodologia operativa del rilievo digitale con metodo fotogrammetrico "non convenzionale" e del restauro virtuale. Attraverso attività teoriche e pratiche, i tecnici hanno potuto approfondire e successivamente applicare in autonomia i metodi acquisiti.

La scelta dell'utilizzo di questo metodo semplificato nasce dall'esigenza di poter eseguire il lavoro di rilievo digitale dei prospetti senza ricorrere all'utilizzo di strumentazione dedicata, quale ad esempio il teodolite, che richiede un investimento economico consistente e il possesso di conoscenze specifiche.

In questo caso è stato possibile eseguire il raddrizzamento delle immagini anche senza ricorrere ad alcun punto di appoggio, limitando le misure da effettuare sull'oggetto a pochi elementi dimensionali, sfruttando, per la determinazione dei parametri richiesti, la regolarità delle forme architettoniche e, più precisamente, le linee verticali ed orizzontali ed i rapporti esistenti fra le dimensioni di alcuni elementi geometrici.

La scelta dell'oggetto di studio è stata determinata dalla necessità di un imminente recupero del complesso monumentale, inserito in un "Piano europeo di recupero dei Beni storici e architettonici Albanesi", affidato all'Istituto per i Monumenti di Cultura Albanese.

La prima fase, condotta interamente dal gruppo di lavoro albanese, ha previsto una puntuale e mirata campagna fotografica volta all'acquisizione di tutte le informazioni necessarie alla fase di restituzione, in particolare sono state eseguite riprese ortogonali dei quattro prospetti e, laddove le condizioni operative non permettevano la corretta ripresa e la perpendicolarità della ripresa rispetto alla facciata, sono state eseguite riprese parziali dei prospetti ponendo attenzione all'individuazione su ogni fotogramma di una zona di sovrapposizione utile per il riconoscimento dei punti omologhi necessari in fase di "mosaicatura" delle immagini (figure 3,4)



Figure 3,4 – riprese ortogonali dei prospetti ovest e sud

Per ogni prospetto sono stati richiesti gli schizzi degli alzati con l'individuazione, sull'eidotipo realizzato, dei singoli scatti fotografici effettuati, la relativa zona di sovrapposizione dei fotogrammi, la misurazione, dove possibile, delle dimensioni globali e la determinazione delle lunghezze (una verticale e una orizzontale) di almeno due elementi visibili per ogni fotogramma (figure 5, 6)

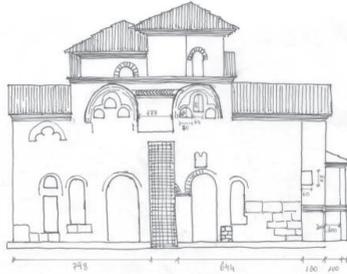


Figura 5,6 – rilievo manuale

Le immagini digitali prodotte sono state quindi trasmesse alla sede ITC per una attenta valutazione della qualità delle immagini, del metodo di ripresa utilizzato e una verifica dell'applicazione delle norme applicate. Attraverso la costante collaborazione a distanza con i tecnici che operavano sul campo, è stata indicata di volta in volta la metodologia più corretta per proseguire nelle varie fasi di lavoro, segnalando le difficoltà e i problemi che nelle varie fasi di elaborazione venivano evidenziate e fornendo le indicazioni necessarie per la risoluzione.

Dopo aver ricevuto la documentazione necessaria è stato possibile iniziare la fase di elaborazione e restituzione digitale delle immagini; per questa operazione è stato utilizzato il software di fotoraddrizzamento Archis 2D vers. 5.0 che, operando su immagini digitali, permette di eseguire il raddrizzamento delle immagini, la scalatura delle stesse e la mosaicatura di due o più immagini fotografiche, ottenendo i fotopiani digitali finali.

Una volta ottenuti i prospetti nella loro totalità si è passati alla fase finale di elaborazione dei fotopiani digitali che ha richiesto ulteriori interventi sull'immagine, eseguiti con programmi di fotoritocco.

Si è proceduto, pertanto, all'eliminazione mediante cancellazione del contesto urbano circostante; alla integrazione delle parti mancanti; al miglioramento della qualità dell'immagine modificando la luminosità, il contrasto, l'intensità, la brillantezza, la saturazione e la tonalità delle immagini, equalizzando i livelli d'ombra ed infine eliminando le linee di discontinuità prodotte dal software a seguito dell'unione delle immagini (figura 7,8).



Figura 7,8 – rilievo digitale prospetti sud e nord

Problematiche del rilievo digitale nel caso di studio

Il rilievo della chiesa di San Nicola, pur nella sua semplicità tipologica ed ambientale, ha evidenziato alcuni limiti, seppur superabili, che hanno reso difficoltosa la fase di elaborazione e restituzione finale.

L'edificio difatti, nonostante sia situato lontano dal centro abitato e in una situazione ambientale favorevole, presenta alcune caratteristiche che hanno complicato il lavoro di ripresa. Il primo problema è legato alla posizione del manufatto, su una piattaforma sopraelevata rispetto al terreno circostante, che ha costretto gli operatori a dover effettuare le riprese da una posizione inferiore rispetto al livello di pavimentazione dell'edificio, escludendo nelle immagini la visione completa delle coperture (figura 9,10)

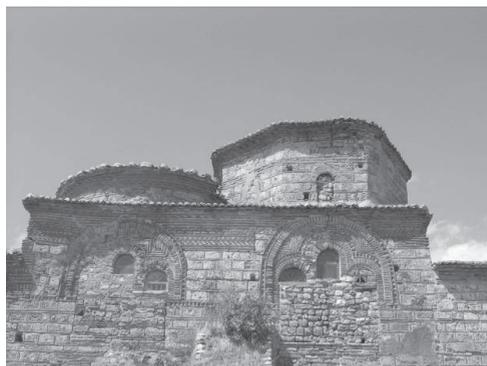


Figure 9,10 – riprese fotografiche dei prospetti est e sud

Un'altra difficoltà è legata all'articolazione dei prospetti, caratterizzati dalla giacitura su piani differenti degli elementi costitutivi, come le quattro cupole che sormontano la Chiesa impostate sui volumi centrali, quindi fortemente arretrati rispetto al piano di giacitura dei quattro prospetti.

Inoltre le cupole presentando superfici curve hanno richiesto interventi specifici nelle operazioni di raddrizzamento, in alcuni casi non risolte pienamente (figura 11).

Nel dettaglio, le soluzioni adottate o da adottare per la risoluzione dei suddetti problemi sono state così individuate:

- per poter eseguire riprese fotografiche corrette e permettere una ripresa completa di tutte le superfici risulta necessario l'utilizzo di uno stativo, strumentazione che permette di portare la fotocamera in quota e realizzare le immagini fotografiche perfettamente ortogonali. La mancanza di tale strumentazione ha impedito ai tecnici di completare il lavoro di ripresa dei particolari delle coperture che risultano pertanto in parte mancanti (figura 12);
- la parte comunque visibile della zona di copertura ha richiesto, in fase di elaborazione, un lavoro supplementare di raddrizzamento, dovendo, per ogni prospetto estrapolare i singoli elementi di fabbrica, lavorare su ognuno separatamente e unire successivamente le singole parti con software di fotoritocco



Figura 11 – zona superiore prospetto ovest



Figura 12 - Stativo Manfrotto

Un problema che necessita di ulteriori approfondimenti riguarda invece il raddrizzamento delle superfici curve, già poco visibili, trattate con l'ausilio di software aggiuntivi e plugin specifici. La fase finale, eseguita con il software Corel Photopaint, ha riguardato il montaggio dei singoli fotopiani; per il controllo e la verifica delle misurazioni è stata infine utilizzata una rappresentazione vettoriale dell'edificio che ha permesso la verifica delle misurazioni effettuate.

Conclusioni

Nonostante i numerosi limiti esposti abbiano reso difficoltose le varie fasi dell'attività, l'esperienza ha dimostrato la possibilità di effettuare operazioni corrette di rilievo di edifici monumentali anche attraverso la collaborazione a distanza tra tecnici professionisti operanti su territori differenti, consentendo di utilizzare al meglio le competenze specifiche di ognuno raggiungendo risultati soddisfacenti; il tutoring a distanza, in particolare, è risultato fondamentale per la riduzione drastica dei tempi di rilievo e restituzione basata sulla risoluzione dei problemi in tempo reale, con ovvie conseguenze in termini di ottimizzazione dei tempi e del personale impiegato in missioni, senza tralasciare il fattore relativo ai costi di rilievo, solitamente rilevante, affidato in questo caso al personale locale.

Riferimenti bibliografici

UNESCO, Monastère Saint-Nicolas, in “ Le patrimoine culturel dans le Sud-Est européen ALBANIE - Rapport de mission 26 avril – 7mai 2004 Série «Le patrimoine culturel dans le Sud-Est européen» N° 3”

THE MONASTERY OF ST NICHOLAS, Mesopotam, Delvine, Albania, in PRELIMINARY TECHNICAL ASSESSMENT OF THE ARCHITECTURAL AND ARCHAEOLOGICAL HERITAGE IN SOUTH EAST EUROPE, Regional Programme for Cultural and Natural Heritage in South East Europe 2003 – 2006, IRPP/SAAH

UTILIZZO DI QGIS PER LA VISUALIZZAZIONE DEI DATI CONTENUTI NEL CATASTO DEGLI ELETTRODOTTI DELLA REGIONE TOSCANA

N. ZOPPETTI (*), D. ANDREUCETTI (*), M. COMELLI (*), C. LICCIARDELLO (**)

(*) IFAC-CNR (Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” del Consiglio Nazionale delle Ricerche),
via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI),
n.zoppetti@ifac.cnr.it, m.comelli@ifac.cnr.it, d.andreuccetti@ifac.cnr.it
(**) ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana),
Sistema Informativo Ambientale della Regione Toscana - SIRA, via Nicola Porpora 22
50144 Firenze, c.licciardello@arpat.toscana.it

Riassunto

Nell'ambito di una convenzione stipulata tra ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana) ed IFAC (Istituto di Fisica Applicata “Nello Carrara” del Consiglio Nazionale delle Ricerche), è stato sviluppato ed è tuttora in via di popolamento il Catasto degli Elettrodotti della Regione Toscana (CERT), in base a quanto previsto dalla legge n. 36 del 2001 [5]. In questo lavoro si illustrano le tecnologie utilizzate per generare e visualizzare gli elementi geometrici (sostegni, campate, linee, officine) a partire dal contenuto dell'archivio come ausilio all'utilizzo delle applicazioni di calcolo del campo magnetico sviluppate nell'ambito della stessa convenzione (sistema PLEIA-EMF [2][3][4]).

Per garantire una semplice integrazione con gli strumenti GIS si è resa necessaria la scelta di un sistema RDBMS che consentisse l'archiviazione di entità geometriche con modalità di accesso standard. La scelta è caduta su PostgreSQL, un motore di database rilasciato con licenza open source e dotato di un'estensione per l'archiviazione e la gestione dei dati geometrici (PostGIS). L'accesso ai dati in ambiente GIS può avvenire utilizzando il programma QuantumGIS (QGIS), tramite una connessione diretta al database.

Un'ulteriore possibilità è offerta da un *plugin* per QGIS sviluppato in linguaggio *Python*, il cui utilizzo in luogo del C++ risulta più semplice e rapido, e permette di ottenere strumenti indipendenti dalla piattaforma di sviluppo.

Il *plugin* effettua una connessione all'archivio CERT attraverso un *application server* sviluppato in linguaggio php, e permette di esportare sia il contenuto dell'archivio sia i risultati del calcolo del campo magnetico in formato ESRI shapefile.

È stata sviluppata una versione del *plugin* che consente:

- l'esportazione come shapefile 3D dei dataset archiviati (linee elettriche, sostegni, conduttori, officine) sulla base di relazioni di prossimità (elementi geometrici che ricadono in una regione determinata)
- la generazione dei file di progetto per il programma PLEIA per il calcolo delle fasce di rispetto e su grigliato;
- la determinazione delle sorgenti di induzione magnetica in prossimità delle abitazioni, una volta che queste siano state individuate sulla cartografia numerica.

Abstract

The Power Lines Archive of Region Tuscany (CERT) has been developed as expected by Italian law n. 36/2001 [5], in agreement between ARPAT (Environmental Protection Regional Agency of Tuscany) and IFAC (“Nello Carrara” Applied Physics Institute of National Research Council).

The technologies used to generate and view geometrical elements (pylons, spans, power lines, power stations) from the stored data are shown here. These are intended as a support to use the software developed in the same convention (PLEIA-EMF system [1], [4]), to evaluate the magnetic field.

An RDBMS system with geometrical entities storage in standard access modalities guarantees an easy integration with GIS tools. In particular PostgreSQL, an open source database engine with PostGIS extension, allows to store and manage geometrical data; the data access in GIS environment can be obtained using QuantumGIS software (QGIS), through direct connection to database.

A further possibility is offered by a QGIS plugin, developed in Python language, which is easier and faster to use than C++, and allows obtaining OS independent tools.

The plugin connects to the CERT archive through a php developed application server, and allows to export both stored data and the magnetic field calculations as ESRI shape files.

The developed plugin version allows:

- exporting stored datasets (power lines, pylons, wires, power stations) as 3D shapefile using proximity relations (geometrical elements falling in a determined region);
- generating a project file for PLEIA software for evaluating respect bands and magnetic field in grid points;
- determining magnetic induction sources closer to buildings, after these are located in the digital cartography.

Introduzione

Il catasto degli elettrodotti della Regione Toscana (CERT) costituisce il supporto alle attività di controllo di ARPAT nel campo dell'esposizione al campo magnetico a bassa frequenza (ELF); gli operatori possono utilizzare il programma PLEIA per selezionare le linee sulle quali effettuare il calcolo tridimensionale del campo magnetico o delle fasce di rispetto e ottenere un'informazione georeferenziata utilizzabile in ambiente GIS per la stima della popolazione esposta.

Al crescere delle dimensioni e della complessità dell'archivio CERT si è resa necessaria la predisposizione di strumenti di semplice utilizzo da parte degli operatori ARPAT per automatizzare il più possibile il *workflow* del calcolo dell'esposizione della popolazione.

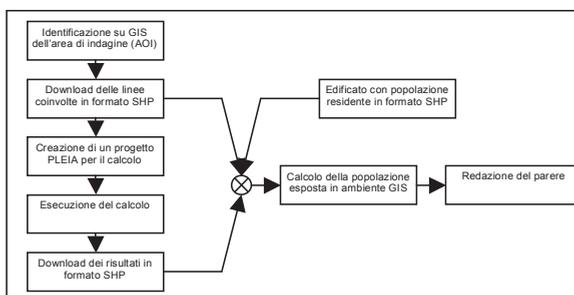


Figura 1 - Workflow per la determinazione della popolazione esposta.

La semplificazione delle procedure operative passa attraverso una stretta integrazione degli strumenti GIS con il programma di calcolo PLEIA, in modo da utilizzare l'ambiente GIS per preparare i dati di input per il calcolo del campo, avviare il programma di calcolo e infine visualizzare e analizzare i risultati.

Lo strumento GIS utilizzato per l'integrazione con il programma di calcolo è il programma Quantum GIS, che presenta un'architettura modulare e risulta di conseguenza facilmente estendibile tramite moduli aggiuntivi (*plugins*).

Particolare cura è stata posta nella progettazione di un'interfaccia di semplice utilizzo che consentisse anche a personale senza particolari competenze GIS di utilizzare il programma per la localizzazione dell'area di indagine e la redazione di mappe da allegare ai pareri.

L'ambiente di lavoro

PostgreSQL è il sistema per la gestione di database relazionali scelto per memorizzare i dati di CERT in quanto dispone di un'estensione (PostGIS) per archiviare i dati geometrici.

Il software PLEIA è in grado di eseguire il calcolo del campo in diverse modalità, nonché la generazione di file di tipo shape rappresentanti la fascia di rispetto per ciascuna delle linee di interesse a partire da file di dati configurati ed opportunamente formattati tramite l'interfaccia utente [2]. L'interfaccia grafica di PLEIA non permette di visualizzare direttamente la cartografia numerica e gli elettrodotti rappresentati in CERT. Si è scelto infatti di creare un'applicazione dedicata al calcolo del campo magnetico che si potesse facilmente interfacciare con i programmi dedicati alla gestione di dati geografici. Lo strumento che meglio si presta a supportare operazioni di tal genere è un GIS che si interfacci direttamente con il database, permetta di eseguire varie operazioni sui dati spaziali e di creare come output dei file che il programma possa ricevere direttamente in input, prima di passare all'elaborazione definitiva.

Per raggiungere tali obiettivi, sono state innanzitutto create delle tabelle spaziali tramite PostGIS, che contenessero i dati relativi a tralicci, campate e stazioni elettriche.



Figura 2 - Barra del *plugin* creata per la connessione al catasto CERT e l'interfacciamento con PLEIA.

È stato quindi realizzato un *plugin* per QGIS utilizzando il linguaggio *Python* per avere una connessione diretta agli elementi spaziali del database sopra descritti. È stata creata un'apposita barra degli strumenti (v. Figura 2) per caricare i dati relativi alle entità geometriche e, una volta selezionate le campate di interesse, esportare un file per la modalità di calcolo desiderata.

I risultati: il calcolo delle fasce e la valutazione dell'esposizione

Con il file ottenuto direttamente lavorando in QGIS, come descritto precedentemente, è stato possibile lanciare il calcolo delle fasce di rispetto per l'intero territorio regionale (Figura 3).



Figura 3 - Calcolo su grigliato (a sinistra), sovrapposizione all'edificato delle fasce di rispetto (al centro) e distribuzione dell'esposizione (a destra).

L'integrazione *database - GIS - software di calcolo* riduce notevolmente sia i tempi di elaborazione da parte dell'utente che di calcolo da parte della macchina (una sola connessione al database per immagazzinare tutti i dati necessari), e si rivela un utile strumento di supporto alle pubbliche amministrazioni in ambito di pianificazione territoriale.

Al fine di valutare l'esposizione della popolazione in prossimità delle linee elettriche, è stata utilizzata la modalità "Calcolo su grigliato". Gli edifici ricadenti all'interno delle fasce calcolate nel modo visto precedentemente sono stati quotati, avvalendosi del modello digitale del terreno (DTM) regionale. In corrispondenza ai punti così ottenuti è stato calcolato il valore medio dell'esposizione della popolazione a partire dai dati storici delle correnti.

Si sono quindi sovrapposti i risultati delle simulazioni alla cartografia regionale, evidenziando i siti in cui può rendersi necessaria un'analisi più approfondita, anche di carattere sperimentale, nonché la distribuzione dei valori di induzione calcolata.

Generazione e visualizzazione in QGIS di shapefile che rappresentano il contenuto di CERT

Per visualizzare in QGIS i dati di CERT è possibile un approccio, alternativo a quello precedentemente descritto, che consta di tre distinti passi:

- accesso al contenuto di CERT attraverso un *application server* dedicato;
- generazione di shape file che rappresentano gli elementi di CERT da visualizzare;
- visualizzazione dei layer in QGIS.

Nel seguito si descrivono con maggiore dettaglio i tre passaggi ed il modo con cui questi sono integrati in uno strumento facilmente utilizzabile anche ad utenti non esperti.

Il catasto CERT è stato implementato come database relazionale la cui struttura è già stata oggetto di precedenti pubblicazioni [3]. Per accedere a database attraverso la rete, come è necessario nel caso in cui i possibili utenti siano distribuiti su un'intera regione e si voglia gestire una sola versione centralizzata della base di dati, sono possibili molti tipi di approccio. Nel caso del sistema qui descritto si è scelto di utilizzare un *application server* implementato su *web server Apache* utilizzando i linguaggi HTML e php.

Nel seguito sono elencati i principali vantaggi che si ottengono grazie all'utilizzo di *application server*, che ne hanno ispirato l'adozione:

- isolamento del DBMS dalla rete Internet, ottimizzando sicurezza ed affidabilità dell'intero sistema;
- disponibilità di servizi standardizzati sia ai programmi di calcolo dei campi sia a quelli di popolamento e manutenzione del database, anche in modo da permettere una equilibrata ripartizione del carico computazionale tra client e server;
- agevolazione di un'eventuale migrazione da una soluzione DBMS ad un'altra.

La scelta della particolare tecnologia, basata su web-server, php e HTML può essere invece fatta discendere dai seguenti fattori:

- sviluppo più rapido, grazie alle caratteristiche RAD del linguaggio PHP;
- manutenzione più agevole, grazie alla possibilità di frammentare l'*application server* in una serie di script corrispondenti alle varie funzionalità elementari, che possono essere collaudate e modificate individualmente;
- buon supporto alle differenti soluzioni DBMS, grazie al *database abstraction layer* "ADOdb" messo a disposizione dal linguaggio PHP;
- semplificazione dei problemi di sicurezza, che vengono di fatto delegati al Web Server;
- semplificazione dei problemi di accessibilità, grazie all'utilizzo di una porta (80) e di un protocollo di trasporto (HTTP) normalmente disponibili anche nelle reti più "vigilate".

Tra i servizi standardizzati messi a disposizione dall'*application server* ai programmi *client* vi sono una serie di comandi che permettono di consultare l'archivio, prescindendo dalla necessità di generare complicate query, utilizzando il linguaggio SQL. In altre parole è stato definito un protocollo di comunicazione dedicato secondo il quale le applicazioni client fanno una richiesta al server che si incarica di eseguire le query sul database e restituire le informazioni richieste secondo un formato stabilito. A fronte di un singolo comando invocato dalle applicazioni client il server può eseguire anche centinaia di query; lo scambio di dati tra i client e server avviene utilizzando il protocollo HTTP.

```

+REY 40700 307 72 407 59.00 0.00 0.00 0.00 382.00 +1 0 0.0 1000.00 2132 ← Dati-linea
100083 159 1676482.00 4850263.00 39.54 32.10 S -79.0 407-13 D
100084 185 1676123.00 4850336.00 40.00 27.00 S -42.0 407-14 D
100085 159 1676092.00 4850664.00 38.57 24.00 S 18.0 407-15 D
40700 12 100083 100084 AA 366.35 -79 3 67.00 1812.00 0 F 0.032 1.000
1676482.68 4850266.20 71.64 1676128.28 4850340.75 67.00 1812.00 120 F 0.032 1.000
1676482.50 4850265.35 76.44 1676123.00 4850336.00 67.00 1812.00 120 F 0.032 1.000
1676481.25 4850259.45 74.04 1676117.72 4850331.25 67.00 1812.00 240 F 0.032 1.000
40700 13 100084 100085 AA 329.46 -5 3 67.00 1812.00 0 F 0.032 1.000
1676128.28 4850340.75 67.00 1676094.28 4850663.26 67.37 1812.00 0 F 0.032 1.000
1676123.00 4850336.00 67.00 1676095.11 4850662.99 62.57 1812.00 120 F 0.032 1.000
1676117.72 4850331.25 67.00 1676088.55 4850665.12 64.97 1812.00 240 F 0.032 1.000
+OK CERT PHP-ADOdb Server [MySQL]
    
```

Figura 4 - Esempio di risposta ad un comando.

In Figura 4 è riportata la risposta fornita dal server a fronte della richiesta dei dati relativi a due campate di un elettrodotto rappresentato in CERT. Il comando invocato richiede che vengano specificati tre soli parametri: l'ID univoco della linea ed i progressivi iniziale e finale delle campate che delimitano il tratto di linea di interesse.

I dati contenuti nella risposta sono stati ricavati dal server attraverso una serie di *query* che ha richiesto la consultazione di almeno cinque diverse tabelle (considerando solo quelle che contengono dati fondamentali per la definizione del modello di elettrodotto). L'invocazione di un unico comando e la conseguente trasmissione dei dati richiesti in un'unica soluzione fa sì che la comunicazione risulti ottimizzata in termini di quantità di dati trasmessi e quindi di velocità.

Oltre che mediante un browser web, l'invocazione dei comandi per la consultazione dell'archivio può essere integrata in applicazioni *client*, grazie allo sviluppo di apposite librerie, disponibili al momento per i linguaggi C/C++, Python e Visual Basic.

Si è scelto di rappresentare il contenuto dell'archivio utilizzando file con formati che fossero supportati dalla maggior parte degli applicativi GIS disponibili. A tal fine si è scelto di implementare delle applicazioni in C/C++ che utilizzano le librerie *open source* OGR (<http://www.gdal.org/ogr/>), che di fatto costituiscono uno standard. Tali librerie supportano i principali formati vettoriali per dati geografici, tra i quali ad esempio *GML* (<http://www.opengis.net/gml/>) ed *ESRI Shapefile*, al quale ci riferiremo nel seguito.

L'applicazione C++ sviluppata è stata denominata CERT2SHP ed è nata con lo scopo di rappresentare in formato shape i risultati del calcolo del campo magnetico eseguito mediante PLEIA-EMF. In seguito è stata adattata in modo da generare sotto forma di file shape i vari elementi che compongono gli elettrodotti, cioè il tracciato ed i punti che rappresentano i sostegni in pianta (elementi bidimensionali), oltre alla struttura dei sostegni e le catenarie che rappresentano i conduttori (elementi tridimensionali). Nella vista tridimensionale di Figura 5 compaiono due elettrodotti, un edificio e la superficie che costituisce la cosiddetta fascia di rispetto definita dalla normativa attualmente in vigore.

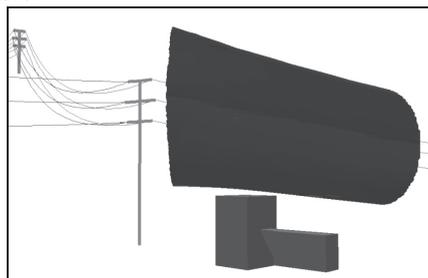


Figura 5 - Vista tridimensionale.

L'applicazione CERT2SHP nasce come programma privo di interfaccia grafica in quanto l'utilizzo originario era quello di essere invocato al termine di ciascuna sessione di calcolo di PLEIA-EMF in modo da rappresentare come shape i risultati del calcolo e le sorgenti di campo coinvolte. Risultando uno strumento utile e versatile è nata poi l'esigenza di permetterne un utilizzo immediato anche ad utenti non esperti. A tal fine è stata creato un *plugin* per QGIS, scritto in

linguaggio *Python*, che implementa un'interfaccia grafica a CERT2SHP. La possibilità di scrivere *plugin* per QGIS utilizzando *Python* è stata introdotta solo recentemente. Se da un lato il linguaggio C++, essendo il linguaggio nativo di QGIS, permette maggiori possibilità di interazione con il programma, l'utilizzo di *Python* è molto più immediato e quindi più adatto per strumenti abbastanza semplici come quello al quale ci si riferisce in questo lavoro. Il *plugin*, la cui struttura è stata ispirata da quella di uno strumento precedentemente sviluppato per ARPAT [1], permette di generare shape file che descrivono sia il contenuto di CERT sia i risultati del calcolo del campo magnetico. In Figura 6 è rappresentato il pannello principale dei comandi mediante il quale l'utente decide quali elementi vuole rappresentare come shape. Oltre a permettere la generazione di elementi selezionabili direttamente dall'utente (ad esempio il tracciato di una linea presente in archivio) il *plugin* permette di eseguire la ricerca delle linee o dei tralicci presenti in CERT che ricadono nella vista corrente di QGIS. Ciò è possibile grazie a specifici comandi implementati lato server, al quale è demandato l'onere della ricerca in archivio.

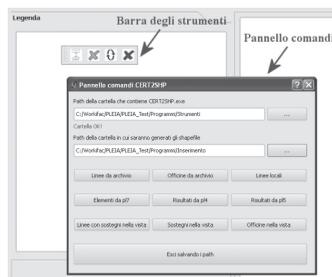


Figura 6 - Pannello comandi del *plugin*.

Bibliografia

- [1] Dobias et al. (2008) Il binding con Python di QGIS: un'applicazione geoidrologica. IX Meeting degli utenti italiani di GRASS e GFOSS, 21-22 Febbraio 2008 Perugia.
- [2] Andreuccetti et al (2006): "Campo magnetico disperso da elettrodotti ad alta tensione: validazione di una metodologia avanzata di valutazione basata su modelli 3D di linee elettriche e territorio", Atti del terzo convegno nazionale "Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento e bonifica", Biella, 7-9 giugno 2006, vol.2, pp.704-709.
- [3] Andreuccetti et al. (2003): "Il catasto delle sorgenti di campi magnetici", Atti del convegno "Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale", Torino, 29-31 ottobre 2003, pp.17-20.
- [4] Andreuccetti e Zoppetti (2003): "Campo magnetico disperso da elettrodotti ad alta tensione: una metodologia avanzata di valutazione basata su modelli 3D di linee elettriche e territorio", Atti del convegno "Dal monitoraggio degli agenti fisici sul territorio alla valutazione dell'esposizione ambientale", Torino, 29-31 ottobre 2003, pp.17-20.
- [5] Legge 22 febbraio 2001, n.36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 07/03/2001 n.55.
- [6] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003, Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti. (GU n. 200 del 29-8-2003).
- [7] M. Comelli, C. Licciardello, "Integrazione di GIS e database nel monitoraggio dell'esposizione a campi ELF", AIRP 2007 - Convegno Nazionale di Radioprotezione - Vasto, 1-3 settembre 2007.
- [8] C. Licciardello, R. Fossi, N. Zoppetti, N. Colonna, "Monitoraggio dell'inquinamento elettromagnetico a bassa frequenza in Toscana: classificazione del territorio e stima della popolazione esposta", Atti della VIII Conferenza ASITA, Roma, 17-14 dicembre 2004, pp. 1373-1378.

UTILIZZO DI TECNICHE INNOVATIVE DI TELERILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DELL'ATTIVITÀ FOTOSINTETICA DELLA VEGETAZIONE

Sergio COGLIATI

Vincitore del 4° Premio Nazionale di Laurea "Eugenio Zilioli", IREA-CNR/AIT

Abstract della Tesi di Laurea

Questo lavoro di tesi ha come obiettivo l'impiego di tecniche innovative di telerilevamento ottico volte all'osservazione remota del processo fotosintetico della vegetazione, attraverso la stima della fluorescenza della clorofilla indotta dal sole (Fs) e dell'indice iperspettrale Photochemical Reflectance Index (PRI) collegato al meccanismo fotoprotettivo del ciclo delle xantofille. L'attività ha previsto una fase iniziale di messa a punto di un apposito sistema spettrometrico di campo, in grado di misurare Fs e PRI della vegetazione negli ambienti naturali. Tale sistema è composto da due spettrometri indipendenti dei quali uno, caratterizzato da una elevatissima risoluzione spettrale (subnanometrica), è dedicato alla quantificazione della fluorescenza in corrispondenza della linea di Fraunhofer a 760 nm utilizzando il metodo Fraunhofer Line Depth (FLD), mentre il secondo, con caratteristiche tipiche degli spettrometri VIS-NIR tradizionali da campo, è stato impiegato per la stima del PRI e di indici di vegetazione tradizionali (VI).

La tecnica proposta e il sistema di misura sviluppato sono stati testati nell'ambito di un esperimento di esposizione cronica di piante in vaso (*Trifolium repens* L. cv. Regal) ad aria arricchita con ozono. L'attività di campo ha previsto l'acquisizione di cicli giornalieri delle proprietà ottiche. Dalle osservazioni spettrali sono stati calcolati Fs, PRI e gli indici ottici tradizionali (e.g. NDVI). Contestualmente alle misure radiometriche a livello di canopy, sono state condotte misure fisiologiche tradizionali di fluorescenza attiva e di scambi gassosi fogliari.

I risultati ottenuti mostrano che i VI si prestano solo parzialmente ad essere impiegati come indicatori dell'esposizione della vegetazione all'ozono, in quanto riescono ad evidenziare la situazione di "stress" solo dopo la comparsa di danni visibili. Al contrario l'impiego di tecniche innovative basate sul monitoraggio della Fs e del PRI, sono in grado di evidenziare la perturbazione dell'attività fotosintetica prima della comparsa dei sintomi visibili.

L'ultima parte di questo lavoro ha riguardato l'analisi delle proprietà anisotropiche del campo radiativo di Fs e della riflettanza, con particolare riferimento alle lunghezze d'onda coinvolte nel calcolo del PRI e degli indici spettrali tradizionali. Osservazioni multiangolari di un tipico prato per impianti sportivi, sono state effettuate mediante l'ausilio di un goniometro da campo e utilizzando il sistema spettrometrico ad elevata risoluzione spettrale descritto in precedenza. I dati mostrano come la fluorescenza sia meno influenzata rispetto alla riflettanza dalla posizione reciproca di sorgente-target-sensore, in accordo con il fatto che Fs è un flusso radiante emesso. L'analisi del PRI richiede invece delle considerazioni ulteriori, in quanto essendo un indice normalizzato presenta un comportamento strettamente legato alla differente anisotropia delle lunghezze d'onda impiegate per calcolarlo.

