

ACQUISIZIONE DI PARAMETRI MORFODINAMICI DI UNA SPIAGGIA

Maurizio DEMARTE, Piero DI VASTA, Roberta IVALDI,
Manuela MILLI, Luciano SURACE

Istituto Idrografico della Marina, Passo Osservatorio 4, 16100 Genova, tel +39 - 0102443363,
fax +39 - 0102443364, e-mail roberta.ivaldi@alice.it

Riassunto

Vengono presentati i risultati di una caratterizzazione morfodinamica di spiaggia secondo l'identificazione di alcuni parametri (ampiezza e pendenza di spiaggia, andamento della linea di costa, dimensione, composizione e consistenza del sedimento) ottenuti da un rilievo morfologico e sedimentologico per lo sviluppo di un processo REA (Rapid Environmental Assessment). Il settore individuato, situato tra Castiglione della Pescaia e Marina di Grosseto, è stato preliminarmente analizzato nel suo contesto geologico generale e poi in dettaglio secondo i parametri di interesse. Particolare attenzione si è rivolta alla determinazione della variabilità morfologica tridimensionale del settore emerso con l'impiego e il confronto di due approcci speditivi quali il metodo di Emery e quello eseguito con GPS-RTK (Global Positioning System - Real Time Kinematics) secondo quattro trasversali trasversali alla costa e la linea di riva. Il settore studiato è una porzione di costa bassa, omogenea, con limitate pressioni antropiche, costituita prevalentemente da sabbia medio-fine, caratterizzata da pendenza moderata, presenza di barre sottomarine, limitata ampiezza della porzione emersa e delimitata da uno o più cordoni dunari vegetati.

Abstract

This study introduces some beach morphodynamic parameters (beach slope and width, shoreline, grain size, composition and consistency of sediment) obtained from morphological and sedimentological surveys with aim developing a REA (Rapid Environmental Assessment) process. The study area is a littoral sector located between *Castiglione della Pescaia* and *Marina di Grosseto* (Tuscany - Italy). Particular attention was given to the three-dimensional morphological variability of the sub-aerial beach as determined by the field work, which involved the use of rapid techniques such as Emery's method and GPS-RTK (Global Positioning System - Real Time Kinematics). The data were collected along four beach cross sections and the shoreline. This site is characterized by a homogeneous coastline, moderate human pressure, a medium-fine sandy beach, gentle slope, narrow beach face, bars, a shore bounded by vegetated dune ridges.

Introduzione

La spiaggia microtidale rappresenta la porzione di costa più reattiva ai cambiamenti per il continuo movimento dei sedimenti per azione delle onde. Questo sistema risulta sensibile e vulnerabile non solo alle variazioni dei processi naturali ma anche alle crescenti pressioni antropiche (espansione del turismo e industrializzazione, occupazione e cambio di uso del suolo, riduzione delle risorse e destabilizzazione degli ecosistemi).

Diverse sono le tecniche presenti in letteratura per caratterizzare e monitorare la sua evoluzione. Questo vede la necessità di sviluppare strumenti conoscitivi di rapida valutazione ambientale (REA - Rapid Environmental Assessment) in particolari condizioni (Bush et al., 1999; Kairu, Nyandwi, 2000; Szlyk, Ciminello, 2002; Ozolcer, 2008). Il REA viene realizzato secondo una semplice analisi

di informazioni su un processo di valutazione semiquantitativa per identificare caratteri e problematiche ambientali a supporto di successive azioni di intervento. E' infatti stato concepito come strumento di valutazione e gestione di problematiche ambientali allo stadio iniziale: poco prima, durante e subito dopo eventi eccezionali. Il processo e la struttura del REA tengono conto del fatto che chi risponde alla calamità ha poco tempo per ricerche approfondite e non necessariamente è specialista (Asian Development Bank, 2003; Kelly, 2005).

Questo lavoro analizza una spiaggia nell'ambito di una più ampia ricerca in corso che riguarda la caratterizzazione ambientale del settore marino-costiero antistante questa porzione di litorale secondo il processo REA. Lo studio si propone di analizzare alcune caratteristiche ambientali della spiaggia emersa (parametri sedimentologici e morfodinamici) con l'obiettivo di risultare utili in una applicazione di modello REA all'ambiente "mare" nei termini più ampi. Nel particolare questo esperimento si inserisce in un progetto pluriennale, denominato M-REA (Maritime-REA), che l'Istituto Idrografico della Marina sta sviluppando in concorso con i maggiori centri di ricerca marina italiani (INGV e CNR) e NATO (NURC) per la caratterizzazione oceanografica rapida di un tratto di mare interessato da eventi calamitosi.

Per analizzare questi aspetti e le modalità di evoluzione di una spiaggia e dei relativi depositi sedimentari è stata scelta una porzione del settore di litorale compreso tra Castiglione della Pescaia e Marina di Grosseto (Fig. 1), che si inquadra nell'unità fisiografica compresa tra Punta Ala fino alle propaggini sud-orientali dei Monti dell'Uccellina (Aiello et al., 1975).

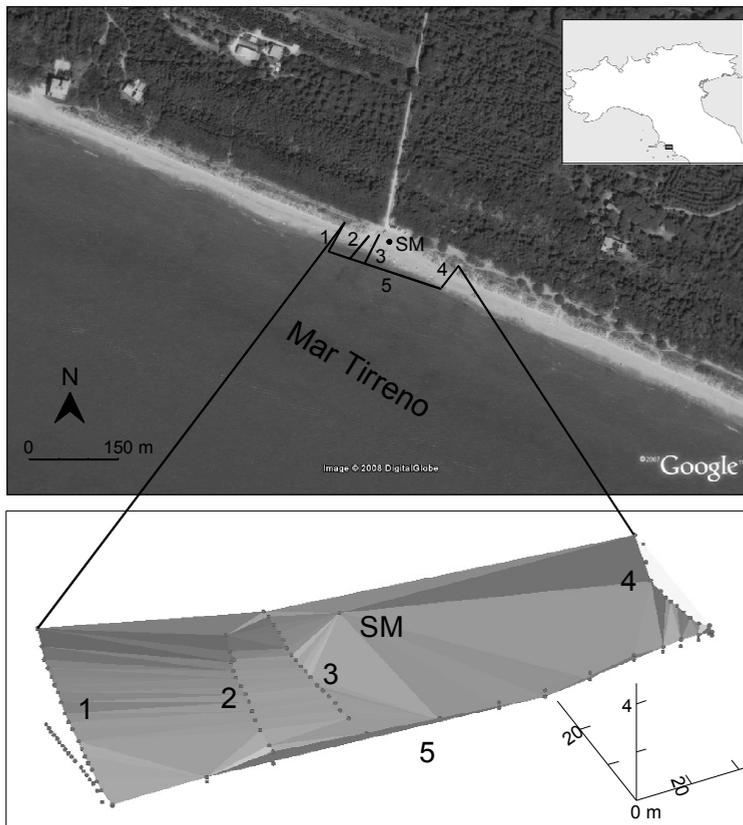


Figura 1 – Localizzazione dei profili di spiaggia analizzati (in alto) e modello tridimensionale dal rilievo GPS-RTK con indicati i punti di acquisizione (in basso). SM = stazione master.

Questo litorale si presenta caratterizzato da costa bassa e sabbiosa, con fondali a debole pendenza e conseguente scarsa profondità anche a notevole distanza dalla costa. I lineamenti morfologici e sedimentologici mettono in evidenza come il sistema deltizio del Fiume Ombrone rappresenti la principale fonte di sedimento ai litorali limitrofi e si inquadri in un modello ben sviluppato sul margine tirrenico. Composizionalmente le sabbie fini sono costituite prevalentemente da feldspati che spesso superano il 50% del totale seguiti da frammenti di rocce carbonatiche (fino a 30%), quarzo in cristalli raramente superiore al 10% e frazione biogenica mai superiore a 10% (Bellotti et al., 1999).

La linea di riva nel settore studiato ha assunto nel tempo un andamento parallelo ai treni d'onda dei mari prevalenti e i settori 200-242° sono quelli da cui provengono i mari con maggior efficacia ai fini della dinamica evolutiva di questo tratto di litorale che risulta essere stabile (Bartolini, 1982, GNRAC, 2006). Questo settore costiero presenta cordoni dunari paralleli alla costa che tendono a convergere verso Castiglione della Pescaia dove raggiungono la massima altezza. La presenza e la posizione di barre sottomarine è estremamente variabile nel tempo a seconda delle condizioni meteo-marine e della direzione di flusso lungo costa con situazioni di punti neutri proprio in corrispondenza del settore indagato.

I processi che originano il flusso di materiale lungo riva e le forme caratterizzanti questa spiaggia sono strettamente collegati alla dinamica del moto ondoso ed alle condizioni eoliche non particolarmente importanti in questo settore, raggiungendo i venti più intensi il 4° grado della scala di Beaufort (Bellotti et al., 1999).

Tecniche di acquisizione e risultati

E' stato eseguito un rilievo morfologico e sedimentologico della spiaggia emersa lungo 4 sezioni trasversali (profili 1-4) e una longitudinale (linea di riva – profilo 5) con inizio del profilo dal limite della vegetazione o, nel caso dei profili 1 e 4 dal culmine della duna fino al livello del mare. Le condizioni presenti al momento del rilievo erano di mare calmo per cui non è stato particolarmente difficile rilevare il livello del mare presente per restituire la linea di riva (Fig. 1).

I profili di spiaggia sono stati acquisiti con il sistema GPS-RTK (Global Positioning System - Real Time Kinematics), ad elevata precisione e doppia frequenza (GPS 5700 Trimble), e quello semplice e speditivo di Emery (1961). Il rilievo dei profili di spiaggia eseguito con le due tecniche ha visto acquisizione di informazioni lungo la stessa linea con stessa orientazione e inizio sezione rispetto a un rilievo eseguito l'anno precedente (M-REA07).

I profili realizzati con il GPS-RTK, sono stati eseguiti acquisendo la posizione plano-altimetrica con un passo di 2 m e un raffittimento sui punti di particolare interesse per la definizione della morfologia della spiaggia a partire dal limite della vegetazione sino a quello della battigia. Il tempo massimo di stazionamento del ricevitore GPS *rover* su ciascun punto è stato di 35". Lungo la linea di riva i punti sono stati acquisiti a intervalli variabili da 2 a 5 m. Il rilievo è stato riferito alla stazione *master* posizionata in un punto baricentrico dell'area studiata (Fig. 1).

I dati ottenuti con i due metodi prima di essere confrontati sono stati opportunamente corretti, portando tutte le misure alla stessa superficie di riferimento (livello medio mare) (IIM, 2007). Il vantaggio della procedura seguita con il GPS-RTK include l'uso di tutti i punti raccolti e fornisce un insieme di dati con caratteristiche tali da poter essere utilizzati come descrizione matematica del profilo e il calcolo dei volumi di spiaggia lungo il profilo (Huang et al., 2002).

Contestualmente al rilievo morfologico è stato eseguito quello sedimentologico sulla base del prelievo di 2 campioni per ogni profilo trasversale in corrispondenza della battigia e del limite superiore di spiaggia. Questi sono stati caratterizzati con un'analisi speditiva in campo per dimensione media tramite comparatori, composizione e consistenza dei soli sedimenti di battigia (penetrometro tascabile). Successivamente in laboratorio è stata eseguita un'analisi granulometrica di confronto con setacciatura a secco. Il processo descritto rientra nei parametri REA, con l'impegno di due operatori contenuto entro le 48 ore per tutte le diverse fasi, dall'acquisizione alla valorizzazione dei dati.

Il tipo di approccio allo studio morfodinamico di una spiaggia ha visto innanzitutto la verifica e l'applicabilità di diversi metodi per ottenere in modo rapido, secondo standard per poter aggiornare e confrontare i dati, alcuni indicatori quali il profilo di spiaggia e il sedimento costituente il deposito stesso.

In Figura 2 è riportata la differenza del dislivello acquisito con il metodo di Emery e GPS-RTK lungo le sezioni 1, 3 e 4. I profili 2 e 5 sono stati trascurati in quanto il primo non risultava rappresentativo per un rilievo speditivo e il secondo perché riferito alla linea di riva. I risultati evidenziano come vi sia una differenza limitata a poche decine di centimetri con valori più elevati nella parte superiore della spiaggia al limite della duna/vegetazione ed un massimo in corrispondenza della duna verso mare (36 cm), dato questo solo di raccordo al profilo di spiaggia, ma che non rientra in quelli considerati per la caratterizzazione morfologica. Risulta inoltre una sottostima del metodo speditivo rispetto al GPS-RTK. Questa differenza, seppure al di sopra della precisione degli strumenti utilizzati, risulta trascurabile per il tipo di processo in corso di acquisizione (REA), e pertanto i risultati dei due metodi sono da ritenersi confrontabili.

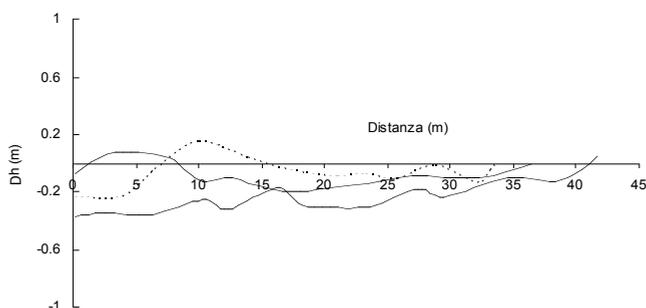


Figura 2 – Differenza tra i dislivelli misurati (Δh) con il metodo di Emery e il GPS-RTK lungo le sezioni di spiaggia di Figura 1. Curva sottile = profilo 1; curva spessa = profilo 3; curva tratteggiata = profilo 4.

In Tabella 1 sono riassunti i principali dati morfologici e sedimentologici rilevati nel settore di studio. La porzione di spiaggia emersa è caratterizzata da una pendenza moderata compresa tra 5 e 7 % e un'ampiezza media pari a circa 30 m. Da un punto di vista sedimentologico le misure di laboratorio eseguite sugli 8 campioni, a conferma di quanto riscontrato in campo, hanno fornito dei valori del diametro del granulo medio (D_{50}) e della media (M_z) pari a una sabbia fine/media, di media consistenza ($0.5-1 \text{ kg cm}^{-2}$) per il settore di battigia, mentre una certa variabilità risulta per i dati relativi ai campioni prelevati nel limite di spiaggia superiore (sabbia media/grossolana).

Tabella 1 – Dati morfologici e sedimentologici lungo i profili di Fig. 1. P = pendenza della spiaggia, A = ampiezza della spiaggia emersa, D_{50} = diametro mediano, M_z = dimensione media, Ba = battigia, Bt = berma di tempesta o limite superiore di spiaggia.

Profilo	P (%)	A (m)	$D_{50} Ba$ (mm)	$M_z Ba$ (mm)	$D_{50} Bt$ (mm)	$M_z Bt$ (mm)
1	6.5	33.5	0.23	0.25	1.44	1.60
2	7.2	31.9	0.25	0.26	0.35	0.42
3	5.0	31.4	0.22	0.23	0.30	0.31
4	6.7	30.0	0.26	0.29	0.30	0.31

Questa variabilità, con diminuzione delle dimensioni dei sedimenti da ponente verso levante, può dare indicazione di quanto generalmente avviene lungo la direzione di trasporto (decremento dimensioni e incremento della classazione) seppure possa anche verificarsi la presenza di un deposito grossolano sotto corrente per la perdita di sedimento fine (Gao e Collins, 1992). Questo aspetto deve pertanto essere supportato anche da parametri sedimentologici e morfodinamici della spiaggia sottomarina.

La correlazione tra la pendenza della battigia e il granulo medio mostra che il settore di spiaggia in studio ricade nei tipi morfodinamici a bassa energia (Fig. 3).

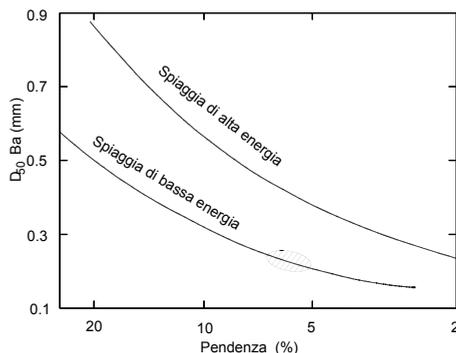


Figura 3 – Pendenza della battigia in funzione del granulo medio del sedimento (D_{50} Ba) del settore in studio (area tratteggiata). Le curve della spiaggia di alta e bassa energia da Komar (1998).

Integrando questi risultati con altri elementi rilevati quali, ad esempio, la presenza di dune costiere, barre nel settore sottomarino, la spiaggia rientra nel tipo morfodinamico intermedio (Short, 1999). Il fatto che vi siano dune e che queste non presentino particolari segni di erosione al piede o vegetazione con apparati radicali scoperti è un indicatore di stabilità della spiaggia.

Considerazioni conclusive

Per quanto le ricerche M-REA siano ancora in corso, i risultati esposti in questo lavoro possono fornire un contributo alle conoscenze in questo ambito e introdurre elementi di applicazione di uno strumento sviluppato soprattutto in emergenza o, in particolari casi, in siti remoti laddove le conoscenze sono limitate e di difficile acquisizione. Questo studio risulta pertanto di interesse non solo per la comunità scientifica, ma soprattutto in azioni di protezione civile e ambientale.

Le indagini svolte con metodi tradizionali e con osservazioni di terreno hanno risposto positivamente allo sviluppo di un processo REA. Il processo descritto nella presente relazione, dall'acquisizione dei dati alla valorizzazione, ha comportato una durata complessiva contenuta entro le 48 ore dall'intervento e un impegno di due operatori. In particolare l'applicazione del sistema GPS-RTK e della tecnica speditiva di Emery ha confermato la possibilità di impiego di entrambi i metodi con risultati confrontabili. Sicuramente la maggiore quantità di dati acquisiti con il GPS-RTK permette l'elaborazione di un modello tridimensionale più dettagliato. Nel programma di un monitoraggio di spiaggia la prestazione di alta risoluzione ed elevata ripetibilità del GPS-RTK permette la misura accurata sia di cambiamenti morfologici di ridotta entità che di conseguenti variazioni volumetriche dei sedimenti, nonché di georeferenziare i risultati in un sistema di riferimento unificato.

L'interpretazione dei dati raccolti ha evidenziato che il settore studiato è un litorale sabbioso (sabbia fine/media a media consistenza) omogeneo, a bassa pendenza e limitata ampiezza, con uno o più

cordoni dunari vegetati e limitate pressioni antropiche. Questi parametri sono indicatori di una spiaggia stabile, di bassa energia con tipiche caratteristiche morfodinamiche intermedie.

Al fine di ottenere un quadro esaustivo dell'evoluzione recente del litorale e giungere ad una più incisiva interpretazione degli effetti dell'intervento umano il presente studio potrebbe avere successive applicazioni oltre che su rilievi annuali anche come dati di campo a calibrazione di modelli idrodinamici, fotogrammetria e immagini satellitari per la valutazione, ad esempio, delle variazioni della linea di riva. Questo tipo di analisi ed elaborazione non vuole risolvere alcun problema specifico, ma essere un'utile indicazione per chi deve caratterizzare velocemente un settore di spiaggia emersa a supporto di un altrettanto rapido intervento.

Riferimenti bibliografici

- Aiello E., Bartolini C., Caputo C., D'alessandro L., Fanucci F., Fierro G., Gnaccolini M., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Piccazzo M., Pranzini E. (1975), "Il trasporto solido litoraneo lungo la costa toscana tra la foce del Fiume Magra ed i Monti dell'Uccellina", *Boll. Soc. Geol. It.*, 94: 1519-1571.
- Asian Development Bank (2003), *Environmental Assessment Guidelines*, 165 pp.
- Bartolini C. (1982), "Studi di geomorfologia costiera: VIII – Dinamica evolutiva del litorale di Castiglione della Pescaia", *Boll. Soc. Geol. It.*, 101: 173-210.
- Bellotti P., Caputo C., Davoli L., Evangelista S., Valeri P. (1999), "Lineamenti morfologici e sedimentologici della piana deltizia del Fiume Ombrone (Toscana meridionale)", *Boll. Soc. Geol. It.*, 118: 141-147.
- Bush D.M., Neal W.J., Young R.S., Pilkey O.H. (1999), "Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard and mitigation", *Ocean & Coastal Management*, 42: 647-670.
- Emery K.O. (1961), "A simple method of measuring beach profiles", *Limnology and Oceanography*, 6(1): 90-93.
- Gao S., Collins M. (1992), "Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of transport vectors", *Sedimentary Geology*, 80: 47-60.
- GNRAC – Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'Ambiente Costiero (2006), "Le spiagge della Toscana", *Studi Costieri*, 10: 15-20.
- Huang J.D., Jackson D.W.T., Cooper J.A. (2002), "Morphological monitoring of high energy beach system using GPS and total station techniques, Runkerry, Co. Antrim, Northern Ireland", *J. of Coastal Research*, 36: 390-398.
- IIM - Istituto Idrografico della Marina (2007), *Tavole di Marea e delle Correnti di Marea 2008*, Istituto Idrografico della Marina, Genova, 130 pp.
- Kairu K., Nyandwi N. (2000), *Guidelines for the study of shoreline change in the Western Indian Ocean region*, Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides, 40, UNESCO, 56 pp.
- Kelly C. (2005), *Guidelines for rapid environmental impact assessment in disaster*, CARE International Benfield Hazard Research Centre, University College London e Cooperative for Assistance and Relief Everywhere, Inc. (CARE), v4.4, 99 pp.
- Komar P.D. (1998), *Beach Processes and Sedimentation*, Prentice Hall, New Jersey, 545 pp.
- Ozolcer I.H. (2008), "An experimental study on geometric characteristics of beach erosion profiles", *Ocean Engineering*, 35: 17-27.
- Short A.D. (1999), *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*, Wiley & Sons LTD, New York, 379 pp.
- Szlyk T.K., Ciminello M.D. (2002), "Rapid Environmental Assessment Methodology (REAM) of coral reef ecosystems at the Atlantic Undersea Test and Evaluation Center (AUTEC) on Andros Island, Bahamas", *Naval Undersea Warfare Center Division Newport, Rhode Island (NUWC-NPT) Technical Document*, 11 378: 1-14.

IL NUOVO PIANO TERRITORIALE PAESISTICO DELLA REGIONE LAZIO (PTPR)

Giuliana DE VITO (*), Pietro PANNONE (**), Emiliana ALBERTARIO (**)

(*) Regione Lazio, Direzione Territorio e Urbanistica, Area Pianificazione Paesistica e Territoriale
Via del Giorgione, 129 - 00147 Roma. Tel. 06.5168.5820 Fax 06.5168.5907 – e-mail: gdevito@regione.lazio.it
(**) Lazioservice S.p.A. – e-mail: pietro.pannone@lazioservice.com, emiliana.albertario@lazioservice.com

Riassunto

Il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) recentemente adottato dalla Giunta Regionale, è un unico piano esteso a tutto il territorio regionale ed è il contributo della Regione Lazio alla conoscenza, alla tutela e alla valorizzazione dei beni del paesaggio e del territorio: è lo strumento di pianificazione attraverso cui, nel Lazio, la Pubblica Amministrazione disciplina le modalità di tutela e di uso del paesaggio, indicando le relative azioni volte alla conservazione, al ripristino o alla creazione di paesaggi.

Il PTPR che assume come propri ed applica i principi, i criteri, le modalità ed i contenuti del Codice dei beni culturali e del paesaggio, accoglie e trasferisce in ambito regionale le azioni e gli obiettivi politici per il territorio europeo relativi ai beni del patrimonio paesaggistico, naturale e culturale, come definiti nella Convenzione Europea del Paesaggio.

Il Piano Territoriale Paesistico Regionale è redatto interamente in forma numerica e l'architettura dell'ambiente di produzione può essere schematizzata in quattro layer distinti:

- *Database layer* (MS SQL Server): ha la funzione di archiviare e distribuire i dati geografici ed alfanumerici utilizzati dal sistema.
- *Application Server layer*: è composto da due componenti:
 - ArcSDE*: permette la memorizzazione dei dati geografici in un database relazionale in modo da velocizzare l'accesso ed i privilegi agli stessi
 - ArcGIS Server*: ha la responsabilità di gestire le richieste dal front-end applicativo elaborando i dati ricevuti e permettendone la pubblicazione in ambito internet/intranet
- *Web Application layer*: ha la funzione di front-end consentendo agli utenti l'accesso e la navigazione dei dati geografici ed alfanumerici.

Tale architettura permette di condividere all'interno dell'Amministrazione Regionale il patrimonio informativo (in completa compatibilità ed apertura verso gli altri progetti in essere) e sono previsti la costituzione di servizi dati che consentano di accedere al SIT, cercare le informazioni di interesse ed usufruire di servizi cartografici interattivi arricchendo in questo modo i servizi già messi a disposizione.

L'obiettivo è di predisporre servizi applicativi dedicati ad utenza esterna pubblica e privata sia di tipo professionale che di tipo generico, in un'ottica di servizio ad alto valore aggiunto.

Abstract

The Spatial Planning for Regional Landscape (Piano Territoriale Paesaggistico Regionale - PTPR) recently adopted by regional government is an unique plan extended all over the region's territory, it signifies the contribution of Region Lazio to the studies about landscape and to the defence, care and improvement of single valuable objects : it is the planning instrument through

which the Region Lazio Public Administration disciplines how to take care and use landscape, recommending the relatives actions such as the defence, restoring and creation of new landscape.

The PTPR that owns the “Cultural Patrimony and landscape Code” (Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio) principles, criterions and contents. It applies and transfers in regional environment the actions and the political purposes for European territory about natural and cultural patrimony as they are defined in European Convention about Landscape.

The Spatial Planning for Regional Landscape is entirely produced in numerical form and production architecture may be represented into four distinct layers:

- *Database layer (MS SQL Server)*: it allows to record and allocate geographic and alphanumeric data used by the system;
- *Application Server layer* that consists of two components:
 - ArcSDE*: it allows to store geographic data in a relational database in order to speed up access and privileges to the same ones, as well;
 - ArcGIS Server*: it provides to handle requests from front-end application processing the received data and allowing their publication through the internet/intranet;
- *Web Application layer*: front-end application that allows the access to the geographic and alphanumeric data.

This architecture allows the sharing within the Administration Regional the information assets (in complete compatibility and openness towards other projects in place) and are provided for the establishment of data services that allow access to SIT, to try the interest information and to have use of interactive cartographic services enriching in this way the services already made available.

The goal to achieve is to predispose high quality services dedicated to external customer, both private and public, professional or generic profile.

Introduzione

Tenendo conto dell'evoluzione del sistema normativo e legislativo intervenuta negli anni successivi all'emanazione della legge Galasso, la Regione Lazio ha redatto e adottato il Nuovo Piano Territoriale Paesistico Regionale.

Il PTPR assume come propri ed applica i principi, i criteri, le modalità e i contenuti del Codice dei beni culturali e del paesaggio; accoglie e trasferisce in ambito regionale le azioni e gli obiettivi politici per il territorio europeo relativi ai beni del patrimonio paesaggistico naturale e culturale come definiti nella Convenzione Europea del Paesaggio, e contenuti nello schema di Sviluppo dello Spazio Europeo (1999) e nell'Accordo Stato/Regioni del 2001.

Ai sensi dell'art. 143 del D.lvo 42/2004 “*in base alle caratteristiche naturali e storiche ed in relazione al livello di rilevanza e integrità dei valori paesaggistici*”, il nuovo piano territoriale paesistico “*ripartisce il territorio in ambiti omogenei, da quelli di elevato pregio paesaggistico fino a quelli significativamente compromessi o degradati*”. Il nuovo PTPR i cui contenuti sono di carattere descrittivo e prescrittivo, si propone di superare l'attuale frammentazione normativa e cartografica dei 29 Piani Paesistici vigenti.

Il PTPR è stato redatto su base cartografica CTR in scala 1:10.000, formato raster, composta di 537 sezioni; per le verifiche e l'aggiornamento sono state utilizzate le ortofoto (scala 1:10000 – formato digitale) dei voli AIMA (anno1996) e della Compagnia Generali Riprese Aeree di Parma IT 2000 (anno1998-99) a colori. Sono state inoltre utilizzate le informazioni in possesso del SIRA della Direzione Ambiente.

Il nuovo piano territoriale paesistico regionale entrato in vigore in data 14.02.2008, ha l'obiettivo di identificare, conservare e valorizzare l'insieme dei beni paesaggistici, naturali e culturali,

individuando ambiti geografici di paesaggio che si configurano omogenei per caratteristiche orografiche, geomorfologiche, storiche e culturali.

Raccogliendo ed attuando una delle innovazioni introdotte dal Codice, Il PTPR ha tipizzato, individuato e sottoposto a tutela altri beni, immobili ed aree, ritenute connotative ed identitarie del territorio e della comunità laziale e tali da essere assunte a qualificazione del paesaggio.

Tra gli obiettivi principali del piano vi è anche la possibilità di offrire occasioni per praticare forme di tutela attiva” individuando azioni come il recupero di ambiti di paesaggio degradati, o la valorizzazione di ambiti di pregio quali i parchi archeologici e culturali, o la valorizzazione dei contesti rurali da attuare attraverso gli specifici strumenti previsti dalla legge regionale per la pianificazione paesaggistica.

Il processo di informatizzazione del piano paesistico

La prima fase di informatizzazione si è concentrata nel costituire le “basi” dell’ufficio in termini di strutture, know-how, patrimonio informativo, provvedendo nel contempo ad ottenere una serie di risultati concreti ed ad erogare alcuni servizi prioritari.

E’ stata definita l’infrastruttura del servizio attraverso la costituzione di un gruppo di lavoro qualificato, organizzato, avvalendosi di strumenti di analisi ESRI ArcGIS

La costituzione delle banche dati relative ai vincoli è stata effettuata attraverso la lettura e l’analisi e la digitalizzazione dei documenti cartacei le cui informazioni sono state trasposte su Carta Tecnica Regionale 1:10.000, costituendo i vari strati informativi relativi a vincoli di tipo dichiarativo e ricognitivo.

Parallelamente è stata realizzata la Carta di Uso del Suolo che rappresenta lo stato attuale di utilizzo del territorio e che si inquadra nell’ambito del progetto CORINE Land Cover. La CUS articola la lettura dell’intero territorio della Regione Lazio al IV° livello di dettaglio, per un totale di 72 classi di uso del suolo, con una unità minima cartografata di un ettaro. L’attuale CUS della Regione Lazio, costituisce un naturale prodotto di approfondimento dell’originario rilievo eseguito dall’UE, ed è stata realizzata nell’ambito della redazione del Piano Territoriale Paesaggistico Regionale stesso. Inoltre è stato predisposto un servizio di pubblicazione della Carta dell’Uso del Suolo su rete tramite un servizio di consultazione avanzata e di analisi realizzato su base ArcIMS.

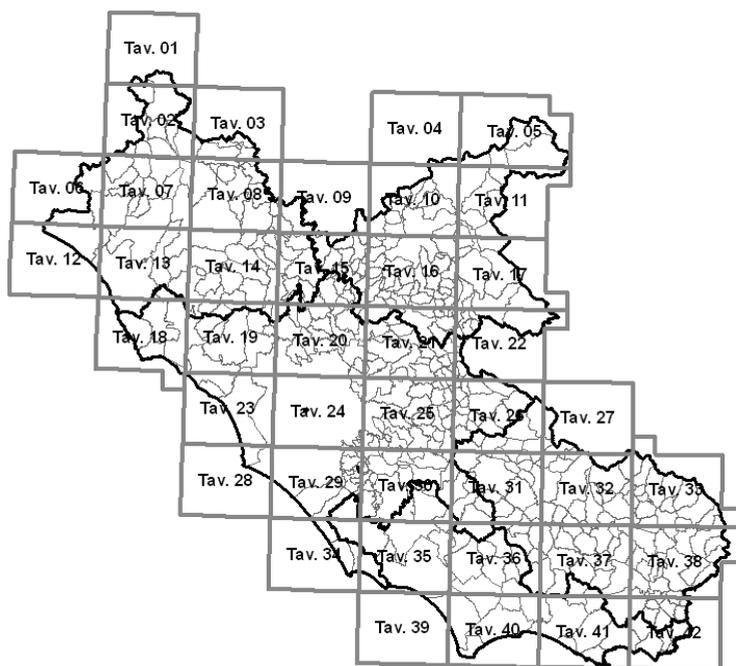
La seconda fase ha riguardato la strutturazione del S.I.T. e gestione dei dati attraverso la gestione del patrimonio acquisito durante la fase precedente e la predisposizione dei servizi di diffusione di tale patrimonio rivolti agli utenti interni qualificati. In particolare sono stati pianificati ed avviati una serie di interventi rivolti alla messa in esercizio di un GIS Data Server centralizzato basato su DBMS in modo da gestire in maniera ottimale il patrimonio informativo prevedendo gestione dei diritti di accesso, politiche di aggiornamento dati, possibilità di condividere i dati con altri operatori.

In questa fase sono stati affinati gli aspetti legati alla gestione di un sistema evoluto e centralizzato con particolare riferimento alla realizzazione e manutenzione di un geodatabase ad oggetti:

- creazione delle banche dati relative ai vincoli paesaggistici ricognitivi, dichiarativi e tipizzati;
- progettazione ed implementazione del Geodatabase relativo alle informazioni dei beni del paesaggio.

In tale contesto sono state stabilite regole, relazioni e proprietà degli elementi geografici delle banche dati acquisite, e associate le informazioni principali agli elementi geografici caratteristici.

L’analisi ha condotto alla realizzazione di un primo *geodatabase* di lavoro che, attraverso le funzionalità offerte dall’ambiente di *geoprocessing di arcgis*, ha consentito le operazioni di correzione ed omogeneizzazione ove necessarie. Tali operazioni hanno portato alla realizzazione della banca dati finale attualmente organizzata in 42 strutture separate (corrispondenti al numero delle tavole), successivamente confluite in un unico geodatabase realizzando in tal modo un *continuum* geografico.



L'architettura dell'ambiente di produzione può essere così schematizzata:

- *Data layer (MS SQL Server)*: ha la funzione di archiviare e distribuire i dati geografici ed alfanumerici utilizzati dal sistema.
- *GIS Server layer*: è composto da due componenti:
 - *ArcSDE*: permette la memorizzazione dei dati geografici in un database relazionale in modo da velocizzare l'accesso ed i privilegi agli stessi
 - *ArcGIS Server*: ha la responsabilità di gestire le richieste dal front-end applicativo elaborando i dati ricevuti e permettendone la pubblicazione in ambito internet/intranet
- *ArcCatalog Administrator*: ha la funzione di gestione dei dati attraverso l'applicazione ESRI ArcCatalog., che avrà accesso completo ai dati presenti nella banca dati e permetterà di aggiornare e gestire nel migliore dei modi tutte le informazioni.
- *Manager Administrator*: ha la funzione di gestione dei servizi attraverso una web application standard sviluppata da ESRI. L'accesso a questa interfaccia di gestione sarà effettuata via browser.
- *Web layer*: ha la funzione di distribuzione del servizio su reti intranet, extranet o internet attraverso l'applicazione di web server Internet information Service.
- *Clients layer*: rappresenta i vari client su cui sono distribuibili i servizi pubblicati tramite ArcGIS server. Sarà possibile consultare questi servizi da un browser grazie a web application personalizzate o tramite ArcGIS Desktop.

La terza fase ha riguardato Servizi applicativi su WEB GIS dedicati ad un'utenza esterna sia di tipo professionale che di tipo generico, in un'ottica di servizio pubblico ad alto valore aggiunto. In particolare i servizi WEB GIS realizzati e da implementare riguardano applicazioni per la consultazione, ricerca, accesso ai documenti correlati, da parte degli Enti Locali (Comuni, Comunità Montane,...) alle informazioni sui beni Paesistici, Ambientali, Naturali e Culturali di loro interesse.

Inoltre è prevista un'applicazione per l'accesso a servizi applicativi semplificati, dedicati principalmente alla consultazione da parte di utenza generica (Università ed istituti di ricerca, studi professionali, cittadini)

L'interfaccia applicativa realizzata è un client di tipo HTML/JavaScript con l'uso di metodologia AJAX, connessa ad un servizio (Map Service) di ArcGIS Server.

Include una serie di funzionalità di base di navigazione, tipiche delle applicazioni Web GIS ed alcune funzionalità di analisi legate alla tematica specifica.

Non sono richiesti particolari requisiti all'utente se non la disponibilità di un browser di ultima generazione (Internet Explorer 6.x o superiori) con l'abilitazione all'apertura di popup.

Per consultare la documentazione associata è necessario il plug-in Adobe reader.

E' infine necessario disporre di una risoluzione grafica adeguata (almeno 1024x768), date le caratteristiche grafiche dell'applicazione.

Interfaccia grafica e le funzionalità presenti nelle applicazioni Web-GIS

Per operare tale pubblicazione sono state definite due applicazioni simili che consentono all'utente di navigare sulla Tavola A e sulla Tavola B del piano con un' interfaccia grafica che privilegia la navigazione geografica.

La Tavola A riporta la individuazione degli ambiti di paesaggio, l'applicazione inoltre consente di verificare per ogni punto della mappa la effettiva presenza di vincoli e la informazione sulla cogenza delle relative modalità di tutela o disciplina d'uso. Inoltre sono visualizzabili i perimetri delle osservazioni dei Comuni e consente di osservare il dettaglio mediante l'apertura di schede PDF allegate.



osservazioni



normativa

La Tavola B invece riporta il dettaglio dei beni del paesaggio presenti e consente di sapere quali vincoli operano in una determinata locazione.

Risultati	
Soprintendenza	SAR
Nota Soprintendenza	
Comune	Roma
Nome	Crustumerum, Marcigliana
Nome area	15/8
Vincolo	Aree Archeologiche
allegati	PTPR_art41
Area (mq)	22,787,601.52
Perimetro (m)	40,570.74
Beni d'insieme (c,d)	
Cod. vincolo	



Tali applicazioni sono implementate nell'ambito delle attività di supporto tecnico operato da ESRI Italia spa per conto di Lait su indicazione dei tecnici della Regione Lazio.

In essa possono distinguersi le diverse aree (evidenziate in grassetto):



- **Toolbar:** area dell'interfaccia in cui sono presenti una serie di pulsanti ai quali sono associate le funzioni di navigazione e di interrogazione sulla Map area:
 - Ingrandimento della mappa (Zoom in);
 - Riduzione della mappa (Zoom out);
 - Spostamenti della mappa (Pan);
 - Estensione massima (Lazio)
 - Misura distanza (measure)
 - lente di ingrandimento (magnifier)
 - interrogazione standard (identify)
 - report vincoli
 - legenda paesaggio
- sono inoltre presenti l'indicazione del livello di scala corrente ed il link per l'apertura della tavola B (o della tavola A)
- **Map area:** area di visualizzazione della mappa costituita dai layer informativi opportunamente tematizzati e classificati per l'analisi. La figura precedente mostra una mappa di start-up relativa alla Tavola A;
- **Contents area:** presenta alcuni elementi che si aprono dinamicamente:
 - Contenuti: riporta gli strati presenti
 - Funzionalità: consente l'accesso alla funzionalità di ricerca del Comune
 - Risultati: contiene i risultati delle interrogazioni
 - Navigazione: contiene i comandi per operare il cambio di livello di scala e per muoversi secondo l'orientamento prescelto
 - Overview: contiene un riferimento per individuare la zona in esame

GISST: GEO WEB SERVICE E INTEROPERABILITÀ PER IL TURISMO SOSTENIBILE NEI PARCHI

Alessio DI LORENZO (*), Elena LIBERATOSCIOLI (**)

(*) Collaboratore Ente Parco Nazionale della Majella, Piazza Duval n. 1, 67030 Campo di Giove (AQ),
Tel. 086440851, Fax 08644085350, e-mail: alessio.dl@gmail.com

(**) Responsabile Ufficio Sistemi Informativi Territoriali dell'Ente Parco Nazionale della Majella,
Piazza Duval n. 1, 67030 Campo di Giove (AQ), Tel. 086440851, Fax 08644085350,
e-mail: elena.liberatoscioli@parcomajella.it

Riassunto

GISST (WebGIS for Sustainable Tourism) è un progetto del Parco Nazionale della Majella all'interno di una più ampia iniziativa europea di Geomatica chiamata GRISI (Geomatics Regional Information Society Initiative – <http://www.grisi.org>), finanziata con fondi INTERREG. L'obiettivo principale è quello di fornire ai visitatori del Parco un mezzo di consultazione delle informazioni turistiche nella veste efficace e moderna delle mappe online, in modo semplice, disponendo unicamente della connessione ad internet e di un comune browser. Il progetto ha visto la partecipazione, oltre alla Majella (Italia), il leader, di due partner europei, uno francese e l'altro spagnolo. Fra i risultati del progetto, il più significativo è sicuramente la creazione di un geoportale turistico (<http://www.gisst.eu>) interamente realizzato con tecnologie open-source. Questa scelta, oltre che dalla validità e flessibilità dei prodotti, è stata dettata, da un lato, dalla volontà di andare incontro alla normativa che incoraggia gli enti pubblici ad adottare soluzioni informatiche aperte e, dall'altro, dal perseguimento di obiettivi quali interoperabilità ed accessibilità. Oltre ad un modulo di WebGIS, il geoportale GISST mette a disposizione dell'utente il servizio WMS che consente, fra l'altro, a terzi (come altre PA) di "agganciarsi" ed utilizzare/ridistribuire le informazioni rese pubbliche dal Parco, come fa già la stessa Regione Abruzzo, partner di GRISI. Nell'ambito del progetto è stato messo a punto anche un catalogo di metadati geografici secondo lo standard ISO 19115 e i dettami di INSPIRE, disponibile in consultazione sul portale regionale (<http://grisi.regione.abruzzo.it>), ma raggiungibile anche dal geoportale GISST.

Abstract

GISST (WebGIS for Sustainable Tourism) is a Majella National Park's project inside a larger european initiative called GRISI (Geomatics Regional Information Society Initiative – <http://www.grisi.org>), co-funded by INTERREG. Its main goal is to supply Park's visitors with an instrument for browsing tourist information looking effective and modern, but simple: it's enough to have a browser and the internet connection to use it. Two european partners, a french and a spanish one, besides Majella which is the project leader, took part to the initiative. Among the results, the most remarkable one is surely the tourist geoportal (<http://www.gisst.eu>), completely realized using open source technologies. Besides the high performances and flexibility, this choice was due to a strong will on the part of the Park to follow the law which encourage public administration in using open solutions, and, in the same time, to achieve interoperability and accessibility goals. More than a WebGIS module, the GISST geoportal offers to the users the WMS service; this one permits them (especially public administrations) to use and serve (redistribute) the geographical information which the Park makes public. For example, the Region Abruzzi uses Park's WMS layers inside the regional GRISI geoportal (<http://grisi.regione.abruzzo.it>). Within the initiative, it was also realized a metadata catalog by the Region, following the ISO 19115 standard and INSPIRE rules. It was also implemented with GRISI subproject metadata, including GISST ones.

Il progetto GRISI e il sottoprogetto GISST

GISST, acronimo che sta per "WebGIS for Sustainable Tourism", è il nome di un progetto del Parco Nazionale della Majella messo a punto all'interno di una più ampia iniziativa europea di geomatica denominata GRISI (Geomatics Regional Information Society Initiative - Progetto INTERREG - <http://www.grisi.org>).

L'idea progettuale nasce dall'esigenza di offrire al turista moderno, sempre più consapevole, le informazioni già disponibili nelle forme più classiche (mappe cartacee, depliant, guide, etc.) attraverso un nuovo mezzo di consultazione dalla veste efficace e attuale delle mappe online, un mezzo al tempo stesso di largo uso in quanto per accedervi occorre disporre unicamente di un browser per la navigazione in internet e della connessione. L'intero sistema è stato realizzato integrando in un geodatabase i dati geografici a contenuto turistico già in possesso dei partner di progetto. GISST, il cui valore economico totale è di 114mila euro (utilizzati dai tre partner per acquisti hw/sw, consulenze, azioni di promozione, viaggi di studio, organizzazione di eventi, etc.) è stato proposto dal Parco Nazionale della Majella, che ne è il leader, ed è stato cofinanziato con fondi INTERREG III C Zona Sud. Fra gli obiettivi vi è quello di creare una rete di cooperazione fra i partner, la Majella (Abruzzo - Italia), il Comitato Regionale del Turismo dei Midi-Pyrénées (Francia) e il Parco Naturale del Bértiz (Navarra - Spagna), per la diffusione e l'uso delle nuove tecnologie a supporto della gestione sostenibile del turismo. Il progetto costituisce, inoltre, un buon esempio per altre pubbliche amministrazioni in fatto di adozione di soluzioni open source anche nel settore GIS, qui utilizzate in modo massiccio, e ne dimostra l'applicabilità all'interno di enti medio-piccoli. L'Ente Parco è infatti un'amministrazione con 24 dipendenti e una sola unità espressamente dedicata ai Sistemi Informativi Territoriali; nonostante questo, il progetto GISST è nato da un'idea elaborata internamente all'Ente con proprie risorse umane e finanziarie.

GIS e open source per la valorizzazione del Parco Nazionale della Majella

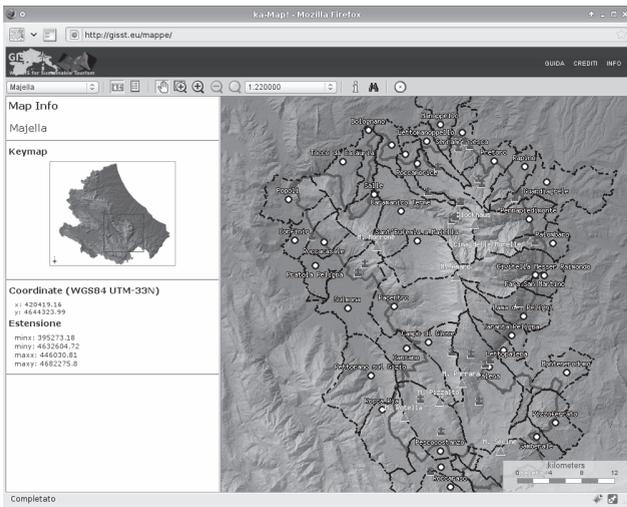
Con GISST il Parco Nazionale della Majella si è dotato di una piattaforma funzionale alla diffusione dell'informazione geografica di interesse turistico relativa al proprio territorio e all'erogazione di *geoweb services* rispettosi degli standard OGC.

Attualmente la piattaforma consiste di tre elementi: il geoportale, il servizio WMS e il modulo di cartografia tematica online (WebGIS).

Il **geoportale**, progettato seguendo le indicazioni contenute nel documento *Geospatial Portal Reference Architecture* di OGC, costituisce il punto di accesso a tutte le risorse geospaziali che il Parco mette a disposizione. Da qui è possibile lanciare le applicazioni WebGIS, scaricare materiale e visualizzare in anteprima i layer WMS messi a disposizione.

Il **servizio WMS (Web Map Service)** è aderente agli standard OGC per la versione 1.1.1. Il server WMS può essere interrogato mediante richieste GetCapabilities, GetMap e GetFeatureInfo. Oltre ai layer relativi al Parco Nazionale della Majella sono presenti i layer del Parco Naturale del Bertiz (Navarra, Spagna), uno dei partner del sottoprogetto GISST. Il Parco Naturale del Bertiz ha scelto di sfruttare la possibilità offerta dalla Majella che ha messo a disposizione dello spazio su disco e l'infrastruttura software, per condividere informazioni geografiche relative al proprio territorio secondo lo standard WMS 1.1.1.

Il server WMS del Parco Nazionale della Majella espone i layer in sei sistemi di riferimento diversi, i cui codici EPSG sono: 4326, 32633, 23033, 3004, 32630, 23030. Oltre al WGS84, valido in tutto il mondo, sono stati inseriti i sistemi di riferimento più usati in Italia e in Spagna.



Il **WebGIS** consente di navigare in maniera intuitiva i dati, di memorizzare delle viste specifiche a cui accedere direttamente la volta successiva, di effettuare ricerche all'interno della banca dati e di compiere tutte le più comuni operazioni che queste applicazioni normalmente permettono (zoom, interrogazione, visualizzare o nascondere i layer, ecc.).

L'applicazione **WebGIS** è utilizzabile tramite un semplice browser e funziona perfettamente con tutti quelli più diffusi (Internet Explorer 6/7, Mozilla Firefox, Opera, Safari).

Figura 1- L'applicazione WebGIS come si presenta all'utente

L'applicazione, appena aperta, non visualizza immediatamente tutti i dati: le informazioni presenti in mappa si raffittiscono man mano che aumenta la scala di visualizzazione e, giunti ad una scala pari a 1:25.000, vengono visualizzati tutti i layer anche se in alcune zone (es. Caramanico Terme) è necessario un maggior dettaglio (1:5.000) per distinguere gli elementi puntuali ed interrogarli agevolmente, vista la loro vicinanza.

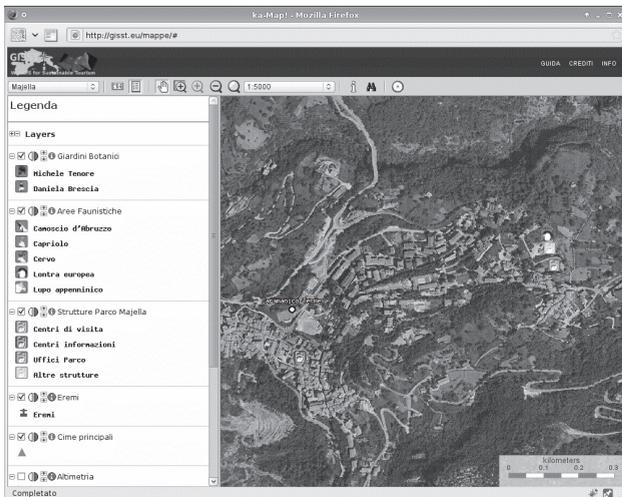


Figura 2 – Vista di dettaglio con l'ortofoto e i layer turistici

Si tratta infatti di una zona del Parco ricca di elementi interessanti da un punto di vista turistico. Questo approccio (zoom selettivo) consente una visione d'insieme più pulita e facilita la consultazione dei dati anche da parte dell'utente meno esperto.

Le basi sulle quali le informazioni vengono visualizzate sono due: inizialmente compare solo uno sfumo orografico ottenuto dall'elaborazione del DTM a 20 metri acquisita dall'IGMI, poi, a partire dalla scala 1:100.000, a questo si sovrappone l'ortofoto digitale a colori Terraitaly 2000, acquisita in sublicenza dalla CGR di Parma.

Le soluzioni informatiche adottate sono tutte open source. Il server che ospita il geoportale, l'applicazione WebGIS ed eroga il servizio WMS, è equipaggiato con sistema operativo GNU/Linux (nella fattispecie Ubuntu LTS), PostgreSQL/PostGIS per lo storage dei dati geografici vettoriali, UMN-Mapserver per la generazione delle mappe e Ka-Map per la loro presentazione all'utente finale.

La scelta di adottare questi prodotti, oltre che alla loro validità e flessibilità, è stata dettata, da un lato, dalla volontà di andare incontro alla normativa che incoraggia gli Enti pubblici ad adottare soluzioni informatiche aperte (direttiva del 19 Dicembre 2003 - Sviluppo ed utilizzazione dei programmi informatici da parte delle pubbliche amministrazioni) e, dall'altro, dal perseguimento di obiettivi quali interoperabilità ed accessibilità.

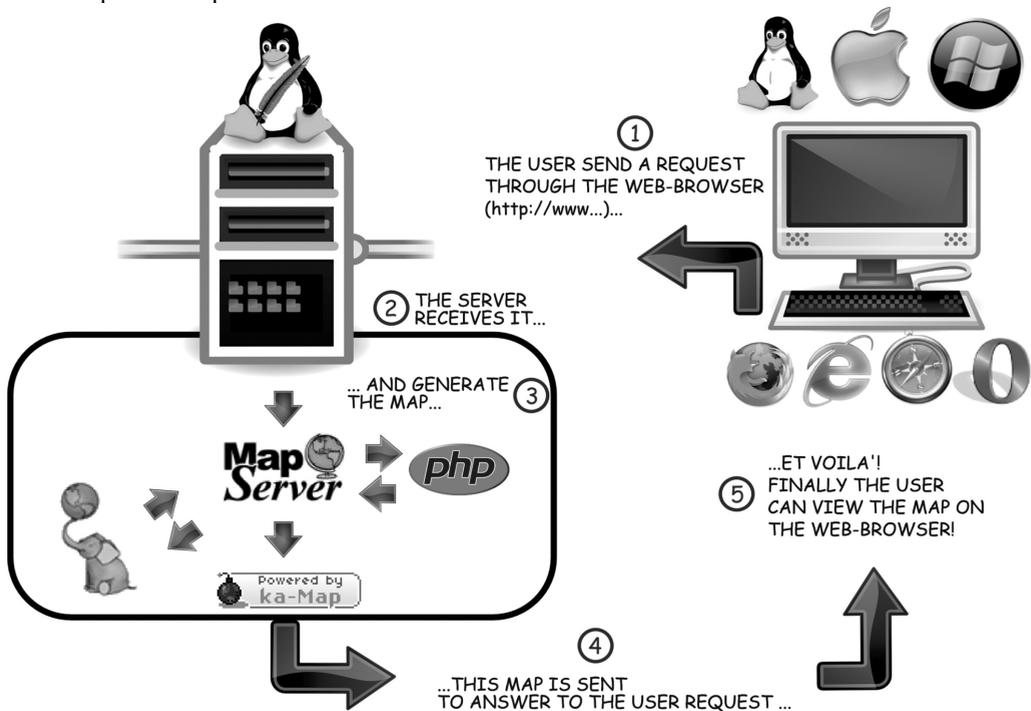


Figura 3 – Architettura client/server del sistema

Sul fronte dell'interoperabilità, il servizio WMS esposto consente a terzi (come altre PPAA) di "agganciarsi" ed utilizzare/ridistribuire le informazioni rese pubbliche dal Parco. La Regione Abruzzo, attualmente, tramite il suo visualizzatore di mappe (<http://grisi.regione.abruzzo.it>), può mostrare le informazioni relative al Parco Nazionale della Majella proprio grazie al servizio esposto dal Parco che, essendo rispettoso di standard aperti, documentati e largamente condivisi, risulta accessibile senza l'ausilio di tecnologie proprietarie (che comporterebbero, fra l'altro, dei costi aggiuntivi).

Restando in tema di interoperabilità, quanto detto sopra vale anche in senso opposto: il Parco Nazionale della Majella può mostrare nella propria applicazione informazioni rese pubbliche ed accessibili da altri soggetti secondo gli stessi standard, e questo in virtù della compatibilità della soluzione informatica adottata, che può ricevere ed utilizzare servizi oltre che erogarli verso l'esterno.

Sul piano dell'accessibilità si è giocata la partita considerando e cercando, per quanto possibile, di prevedere le necessità degli utenti finali.

E' fondamentale infatti creare uno strumento semplice, tenendo conto del fatto che un potenziale visitatore, interessato a conoscere ciò che il territorio del Parco ha da offrirgli prima di mettersi in viaggio, non è necessariamente dotato della consapevolezza della miriade di tecnologie di cui il web moderno è composto. In questo senso, disporre di uno strumento che funzioni indipendentemente

dal software che l'utente ha installato sulla propria macchina significa rendere il servizio davvero accessibile. Oggi chiunque navighi in internet usa un browser che è l'unico elemento necessario per poter accedere alle informazioni che il WebGIS di GISST espone: non occorre infatti scaricarsi e installare sul proprio computer alcun plugin o altre componenti per poter visualizzare le mappe.

I metadati di GISST

Nell'ambito del progetto GRISI Abruzzo è stato realizzato, dalla Regione, anche un catalogo di metadati geografici secondo lo standard ISO 19115 e i dettami di INSPIRE, disponibile in consultazione sul portale della Regione Abruzzo (<http://grisi.regione.abruzzo.it>). In qualità di sottoprogetto di GRISI, anche i dati e i servizi offerti sul geoportale GISST sono stati metadati, seguendo le stesse specifiche, e di conseguenza inseriti nel catalogo. Gli strumenti messi a disposizione nell'interfaccia di consultazione della banca dati sono una ricerca per categorie e una ricerca di tipo avanzato. La prima permette di effettuare uno screening veloce dei metadati disponibili, semplicemente cliccando su una delle voci elencate, ossia sulle "categorie", in numero di 19 (per es. acque interne, agricoltura, ambiente, biologia...) e conformi allo standard in modo da assicurare omogeneità a livello internazionale. Se si vuole effettuare una ricerca per parola chiave, ente proprietario, tipo o formato di dato, è possibile invece utilizzare la ricerca avanzata. Il catalogo è anche raggiungibile dagli utenti attraverso il geoportale GISST.

L'importanza del progetto per il territorio e i possibili sviluppi futuri

Le soluzioni adottate hanno rappresentato la migliore via da percorrere per venire incontro a chi decide di visitare un territorio montano come quello del Parco Nazionale della Majella, dove le distanze fra i classici punti informativi appaiono quasi insormontabili. Inoltre, la larga audience offerta dal web mette in nuova luce questi territori, un tempo considerati marginali, ma che preservano peculiarità naturalistiche, culturali ed enogastronomiche di pregio e un potenziale turistico pronto ad esprimersi grazie alla recente nascita di numerose strutture per il turismo sostenibile (agriturismi, B&B, vendite di prodotti tipici, etc.): attraverso una mappa con immagini aeree le distanze sembrano accorciarsi e questi territori possono mostrarsi in tutta la loro bellezza per uscire dalla marginalità. Tutto ciò è già una realtà, se si considera che, a fronte di soli dieci mesi di attività, nel corso dei quali il geoportale è già stato completamente rinnovato per prepararlo alle nuove prospettive aperte dal progetto stesso, i servizi offerti sul web grazie a GISST richiamano mediamente intorno ai 90 utenti al giorno.

Da qui si sta cercando di ripartire ed entrare in una fase successiva basata sui feedback degli utenti sia per quanto riguarda l'usabilità dell'applicazione, sia per quanto concerne il suo contenuto:

- L'interfaccia può essere resa più semplice o più "intrigante"?
- Le informazioni messe a disposizione sono facilmente reperibili?
- Se sì, sono quelle che l'utente che ci si è posti come "target" si aspetta di trovare?

Per iniziare a rispondere a queste domande, dopo la conclusione del sottoprogetto GISST (31 dicembre 2007) si è deciso di non abbandonare il lavoro intrapreso, andando oltre la semplice manutenzione e cercando di tenere costantemente al passo coi tempi i contenuti relativi all'offerta turistica e le tecnologie sulle quali si basano il geoportale, le applicazioni ed i geoweb services messi in opera. Con la ripresa dei lavori, avvenuta nel mese di Aprile 2008, il geoportale è stato sicuramente l'elemento che ha subito i cambiamenti più vistosi. Nato inizialmente come portale specifico del sottoprogetto GISST, questo è stato ripensato per diventare il portale cartografico dell'Ente Parco, attraverso cui dare spazio a tutte le iniziative in campo geomatico che il Parco Nazionale della Majella intraprenderà da ora in avanti.

Rispetto alla prima versione del geoportale sono state già inserite due novità di rilievo: un visualizzatore dei layer WMS che, senza utilizzare un client web esterno o un client stand alone

installato sulla macchina dell'utente, consente di avere un'anteprima del materiale disponibile secondo la specifica WMS 1.1.1.

Inoltre è in costruzione anche un client per la ricerca delle informazioni turistiche utilizzabile senza aprire alcuna interfaccia di webmapping. Ovviamente la banca dati sfruttata dal client di ricerca è la stessa sulla quale poggia l'applicazione WebGIS turistica. Una volta individuata l'informazione di interesse, se l'utente vorrà, sarà possibile passare con un click alla visualizzazione sull'applicazione WebGIS, che partirà "centrata sull'obiettivo".

Riferimenti a siti web inerenti

<http://www.ubuntu-it.org>

<http://www.postgis.org>

<http://www.postgresql.org>

<http://mapserver.gis.umn.edu>

<http://www.joomla.it>

<http://www.openlayers.org>

<http://www.opengeospatial.org>

<http://inspire.jrc.ec.europa.eu>

<http://www.wikipedia.org>

LA CARTOGRAFIA CATASTALE NELLE RECENTI VARIAZIONI DELLA MORFOLOGIA FLUVIALE: UN CASO DI STUDIO

Angelo DI MATTEO (*), Manuela MILLI (**), Luciano SURACE (**)

(*) Riserva naturale regionale “Gole di San Venanzio”, Viale Tratturo, 3 – 66027 Raiano (AQ)
tel, fax +39 – 0864726058, e-mail info@golesanvenanzio.it

(**) Istituto Idrografico della Marina, Passo all’Osservatorio, 4 - 16100 Genova
tel, +39 – 0102443363, fax +39 – 0102443364, e-mail manuela_milli@marina.difesa.it, luciano.surace@libero.it

Riassunto

L’elaborato, dopo una descrizione dell’asta del fiume Aterno (Raiano - AQ), volge particolare attenzione al tratto che si snoda all’interno della Riserva Naturale Regionale Gole di San Venanzio, rappresentandone di fatto un elemento di peculiarità per aspetti morfologici, paesaggistici, ambientali e naturalistici.

Allo scopo di una più adeguata e corretta programmazione di attività di gestione e di pianificazione di interventi volti al recupero e alla valorizzazione di aree di particolare valenza naturalistica, è da tempo in atto un processo di informatizzazione dei diversi tematismi all’interno del sistema GIS dell’area protetta.

Gli autori mettono in evidenza alcune difficoltà nell’utilizzo della cartografia catastale che, pur essendo aggiornata per gli aspetti attinenti le aree edificate, necessita di controlli e verifiche nelle aree interessate da una morfologia fluviale in rapida evoluzione allo scopo di avere una più corretta e aggiornata situazione delle aree demaniali.

L’utilizzo della Cartografia Tecnica Regionale di recente realizzazione e della Cartografia catastale esistente associate alla realizzazione di rilievi topografici appositamente eseguiti allo scopo di avere un quadro reale dell’andamento del fiume Aterno, mostrano erosioni ed avulsioni di aree private e abbandono di alveo, con conseguenti mutazioni degli assetti particellari.

Le difficoltà riscontrate in fase di elaborazione del piano particellare delle proprietà confinanti con l’alveo del fiume Aterno, hanno evidenziato l’esigenza di un adeguato aggiornamento della cartografia catastale al fine di consentire la corretta definizione delle aree demaniali e dell’assetto proprietario privato.

I risultati conseguiti spingono gli autori ad approfondire le tematiche trattate con progetti e ricerche da estendere su scala di bacino, ad ambiti provinciali e quindi regionali.

Abstract

After a brief description of the whole course of the Aterno river (Abruzzo, Central Italy), this work focuses on the stretch that winds through the “Gole di S.Venanzio” Natural Regional Reserve (centered in Raiano, L’Aquila), because of its distinctive morphological, landscape, environmental and naturalistic features.

In order to plan the most suitable and operative managerial strategies directed to reclaim and improve such a naturalistically valued area, the different environmental topics are for a long time being implemented into a dedicated GIS.

The authors underline here some difficulties in the use of available cadastral maps, because while they are quite updated as regards the built-up areas, frequent controls and inspections are necessary in the natural areas, subject as they are to a continuously and rapidly modifying river morphology.

The comparison between the recently drawn up CTR (Regional Technical Cartography) maps and the existing cadastral maps, together with made-on-purpose topographic surveys of the Aterno course, reveals actually many modifications in the riverbed, even with cases of erosion and alluvion of privately owned land parcels.

The difficulties met in mapping the actual situation of the parcels bordering on the river highlighted the need for an update of cadastral cartography in order to determine correctly the present boundaries of public lands and private parcels.

The achieved results suggested the authors further develop the issues they dealt with in this work, with projects and researches planned on a growing scale, from basin to province to region.

Introduzione

La formazione del catasto terreni fu disposta con la Legge 1 marzo 1886 n. 3682 ed il suo completamento è avvenuto negli anni '40 dello scorso secolo, tranne per poche zone del territorio nazionale dove i lavori sono stati ultimati nel 1956. Il regolamento per la «conservazione del catasto dei terreni» è stato approvato con il R.D. 8 dicembre 1938 n. 2153.

La struttura adottata per il catasto dei terreni fu di tipo geometrico-particellare, in quanto recante informazioni sia sulla natura geometrica che sulle caratteristiche tecnico-economiche dei terreni.

Sino ad oggi è stata posta particolare attenzione allo studio delle modalità di trasformazione tra diversi sistemi geodetico-cartografici e al processo di unificazione dei sistemi di coordinate catastali. L'art. 3 comma II della legge istitutiva del Catasto prescrive tuttavia che le mappe catastali siano «... corrette e messe in corrente ...» ma l'analisi delle informazioni a disposizione mostra come siano ancora oggi presenti incongruenze e difformità tra cartografia catastale in vigore e situazione attuale ben più rilevanti della disuniforme qualità delle carte catastali o delle disomogeneità legate ai diversi sistemi di riferimento e al passaggio da una rappresentazione cartografica all'altra.

Un reale aggiornamento del catasto terreni è pertanto più che necessario, soprattutto in vista di una futura integrazione dei dati con i diversi DB topografici.

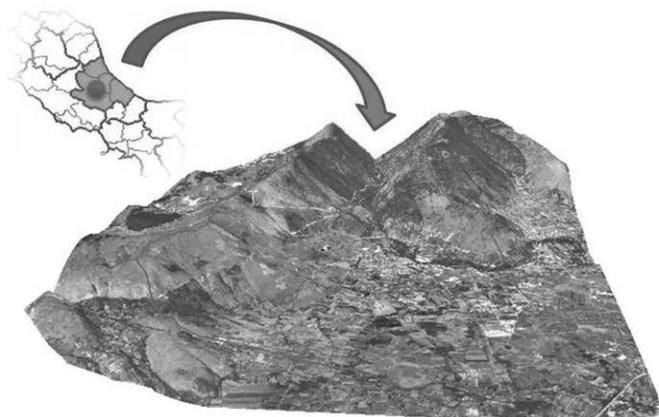
Il Fiume Aterno all'interno della Riserva Naturale Regionale Gole di San Venanzio

Il fiume Aterno è il corso d'acqua principale della provincia di L'Aquila e, dopo l'apporto delle sorgenti del Pescara, il principale della Regione Abruzzo.

Nello specifico, rappresenta l'elemento morfologico di maggior rilievo della Riserva Naturale Regionale Gole di San Venanzio, la cui conformazione si caratterizza per la presenza di due settori tra loro in forte contrasto, quello occidentale, aspro e montuoso, in cui rientrano le omonime gole, e quello orientale, dolce e pianeggiante, che comprende la pianura alluvionale del fiume Aterno ed una parte della Conca di Sulmona.

Le Gole di San Venanzio, estese per cinque chilometri e caratterizzate da versanti asimmetrici molto ripidi, spesso a formare pareti verticali o subverticali, sono il prodotto dell'erosione fluviale dell'Aterno lungo una discontinuità tettonica in un contesto litologico di natura calcarea.

All'uscita dalle gole, l'Aterno entra nella Piana di Sulmona, lambendola nel suo lato nord con una profonda valle scavata in depositi alluvionali e fluvioacustri. Verso sud per una lunghezza di circa due chilometri, una brusca diminuzione della pendenza del suo letto, costringe il corso d'acqua a divagare sulle proprie alluvioni, generando anse e meandri.



*Figura 1 – Valle Fiume Aterno
all'interno della Riserva Naturale Regionale Gole di San Venanzio (AQ)*

Cartografia catastale, Carta Tecnica Regionale e rilievi topografici: analisi dei dati

Per una corretta programmazione di attività di gestione e pianificazione territoriale a livello regionale e comunale, risulta fondamentale la disponibilità di un supporto cartografico attendibile dal punto di vista geometrico e sufficientemente aggiornato.

La cartografia tecnica regionale presenta molte caratteristiche che la rendono adeguata per tale funzione di supporto (Radicioni, Stoppini, 1999):

- realizzazione recente;
- rappresentazione completa del territorio;
- precisione omogenea derivante dall'impiego della tecnica aerofotogrammetrica;
- controllo della qualità con operazioni di collaudo;
- scala di realizzazione in grado di coprire le esigenze della pianificazione dal livello regionale a quello provinciale e comunale;
- formato vettoriale di facile utilizzo all'interno di sistemi informativi territoriali;
- facilità di aggiornamento.

Per contro, un problema evidente che ha di fatto limitato l'utilizzo della cartografia tecnica regionale nella pianificazione urbanistica e in ambiti progettuali, è costituito dalla mancanza di informazioni sui confini di proprietà, che risultano di fondamentale importanza in ogni attività concreta di gestione del territorio (Radicioni, Stoppini, 1999).

Ne consegue che la carta tecnica regionale, per le motivazioni sopra esposte, dovrebbe essere considerata fonte di una corretta geometria del territorio cui sovrapporre la carta catastale quale ulteriore livello informativo allo scopo di utilizzare una base cartografica comune sia per problemi in cui si fa prevalente riferimento alla struttura morfologica del territorio, sia per i casi in cui i limiti di proprietà risultano fondamentali.

Nella sovrapposizione della cartografia tecnica regionale con la cartografia catastale è necessario tener conto delle diverse caratteristiche dei due tipi di cartografia:

- datum geodetico;
- rete di inquadramento;
- rappresentazione cartografica;
- metodologie di rilievo;
- scala di rappresentazione;
- formato (vettoriale all'origine o derivato da digitalizzazione).

In fase di elaborazione del piano particellare delle proprietà confinanti con l'alveo del fiume Aterno, sono state evidenziate numerose difformità tra la cartografia catastale e l'attuale morfologia fluviale.

Questo, ha indotto gli autori sia alla realizzazione di nuovi rilievi topografici sia all'utilizzo e successiva elaborazione tramite sistemi GIS, di dati cartografici ufficiali di diversa provenienza.

In particolare sono stati utilizzati i fogli catastali forniti dall'Agenzia del Territorio e gli elementi della Carta Tecnica Regionale forniti dall'Ufficio Cartografia della Regione Abruzzo elencati nella Tab.1.

Foglio cartografia catastale	Scala
I	1:4000
II	1:4000 + 2 "sviluppi" 1:2000
III	1:4000
IV	1:2000
V	1:2000 + 2 "sviluppi" 1:1000
VI	1:2000
VII	1:2000
Elemento CTR	Scala
369062	1:5000
369063	1:5000
369064	1:5000

Tabella 1

Nell'area di studio, come nella maggioranza delle mappe catastali, la rappresentazione cartografica utilizzata è la rappresentazione di Cassini-Soldner; il centro di sviluppo è Monte Ocre con ellissoide di Bessel orientato a Genova.

Allo scopo di uniformare i sistemi geodetici-cartografici di riferimento delle cartografie utilizzate, i dati vettoriali relativi ai fogli catastali precedentemente elencati, sono stati convertiti in coordinate Gauss-Boaga tramite il software CartLab3 in modo tale da rendere la cartografia catastale congruente con la Cartografia Tecnica Regionale.

I rilievi topografici appositamente eseguiti al fine di avere un quadro reale dell'andamento del fiume Aterno sono stati realizzati utilizzando una stazione totale Topcon GTS6002 e realizzando delle poligonali aperte appoggiate su 4 punti fiduciali (PF n. 3 dei fogli n. 5 e 6 e PF n. 5 e n. 8 del foglio n. 6).

Le informazioni acquisite sono state introdotte nel GIS dell'area protetta e successivamente elaborate tramite il software ArcGis 9.2.

Una prima analisi dei risultati mostra che:

- il nuovo alveo fluviale subisce nel tratto pianiziale all'interno dell'area protetta una riduzione di superficie pari al 28%, passando da 44000 m² della cartografia catastale a 32000 m² della CTR;
- il quadro particellare confinante con il nuovo andamento del Fiume Aterno conferma per l'84% il quadro dell'alveo della cartografia catastale originaria ed interessa per un 16% nuove particelle catastali.

Larga parte delle particelle già confinanti con l'alveo del fiume ai tempi della costruzione della cartografia catastale presentano, per via del nuovo corso dell'Aterno, riduzioni areali che, in alcuni casi, raggiungono l'89,5% della superficie originaria. Le riduzioni areali interessano altresì, con percentuali variabili tra lo 0,2% e il 39,8%, le particelle attraversate ex-novo dall'attuale alveo fluviale.

Nelle Fig. 2 sono riportati i casi più significativi dello scostamento dell'alveo fluviale dell'Aterno riportato in CTR ed in cartografia catastale.

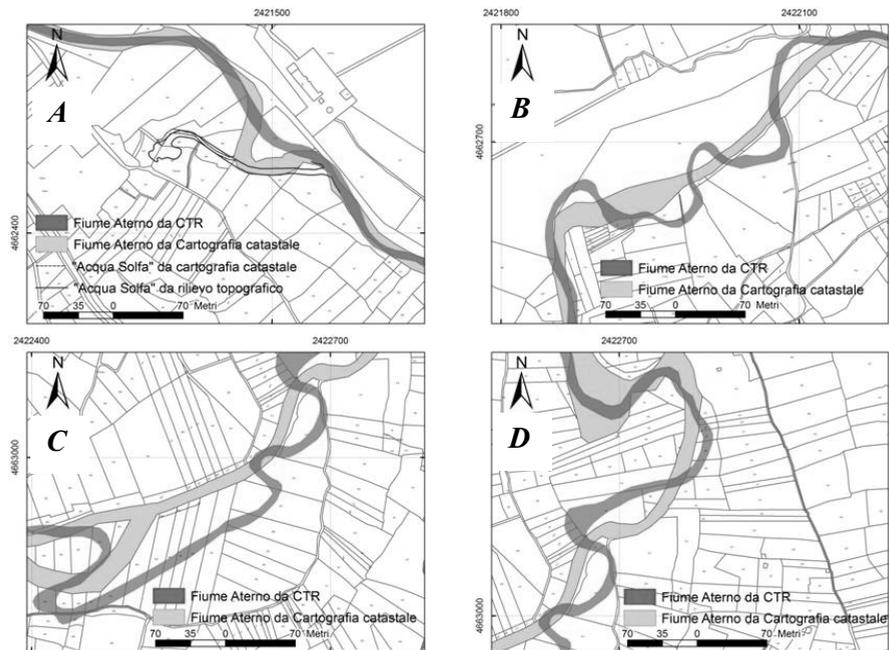


Figura 2 – Variazioni dell'andamento del Fiume Aterno

Caso A - Nei pressi dell'Acqua Solfa, l'Aterno ha effettuato un taglio di meandro, riallineando sensibilmente il suo corso;

Caso B - A monte di Deontra, l'Aterno ha variato sensibilmente il suo corso passando da un andamento lineare ad un andamento meandriforme;

Caso C - A Deontra, l'Aterno ha variato il suo corso accentuando notevolmente l'andamento meandriforme con una traslazione laterale destra di oltre 50 m, che ha determinato l'attraversamento di nuove particelle catastali;

Caso D - L'Aterno ha accentuato complessivamente l'andamento meandriforme.

Gestione del territorio e questioni aperte

L'analisi dei dati contenuti nelle cartografie utilizzate hanno evidenziato una situazione sorprendente, caratterizzata da numerose linee di confine non più rappresentative della realtà e scaturita dalle consistenti modifiche morfologiche dell'alveo fluviale avvenute negli ultimi decenni. Tali variazioni determinano, per l'Ente Gestore della riserva naturale, rilevanti ed inattesi problemi inerenti normative comunali, regionali, nazionali e comunitarie.

Tra i principali risultano:

- la definizione del vincolo paesaggistico;
- la difficoltà di redazione dei piani particellari di esproprio;
- la definizione degli accorpamenti dei suoli agricoli a fini edificatori;
- la determinazione dei risarcimenti dei danni provocati da fauna selvatica alle produzioni agroforestali;
- la determinazione degli indennizzi per mancato taglio boschivo;
- la quantificazione dei contributi agricoli comunitari, nazionali e regionali previsti dalle normative di settore.

Da queste sommarie indicazioni emerge la necessità di risolvere questioni complesse di carattere sia topografico che giuridico.

Considerazioni conclusive

L'attuale possibilità di reperire ortofoto digitali, cartografia tecnica e mappe catastali in formato numerico ed il loro utilizzo congiunto all'interno di sistemi GIS permette una più agile programmazione, pianificazione e gestione del territorio da parte degli enti preposti.

Se la cartografia tecnica regionale, per le modalità di realizzazione può essere considerata fonte di una corretta geometria del territorio, la cartografia catastale, pur con le limitazioni proprie dovute ai processi di vettorializzazione e georeferenziazione dei dati, rappresenta comunque la sola cartografia a grande scala contenente informazioni sui limiti di proprietà.

Solo informazioni catastali adeguatamente aggiornate possono contribuire positivamente alla messa a punto di qualsiasi intervento territoriale volto ad una visione più completa della sua incidenza qualitativa e quantitativa sul tessuto sociale ed economico preesistente.

Le rilevanti incongruenze tra le cartografie utilizzate, non riconducibili né al processo di digitalizzazione dei dati né al processo di georeferenziazione delle informazioni, potranno essere sanate solo tramite scelte di carattere tecnico-amministrativo capaci di definire correttamente le aree demaniali e l'assetto particellare.

Allo stato attuale risulta, pertanto, indispensabile ed urgente l'integrazione tra i due supporti cartografici con conseguente aggiornamento della cartografia catastale, allo scopo di utilizzare al meglio ed al massimo le potenzialità informative di ciascuna cartografia e di aumentarne complessivamente la somma delle singole potenzialità.

Riferimenti bibliografici

Artioli G.P., Canella P. (1991), "Rapporto tra cartografia regionale e cartografia catastale nella formazione dei sistemi informativi territoriali locali (S.I.T.L.)", *Bollettino Società Italiana Fotogrammetria e Topografia*, n.1.

AA.VV. (2000), "Piano di Assetto Naturalistico della Riserva Naturale Regionale Gole di San Venanzio", Comune di Raiano – Legambiente.

Bezoari G., Monti C., Selvini A. (2005), "La cartografia numerica della città di Milano: interventi per il collaudo", *Rivista dell'Agenzia del Territorio* n.2.

Cina A. (2008), "La carta catastale in un sistema globale", *Rivista dell'Agenzia del Territorio* n.1.

Di Filippo S. (2002), "Il nuovo sistema di gestione della cartografia catastale", *Rivista dell'Agenzia del Territorio*, n.1.

Di Filippo S., Ferrante F., Gnesivo P.R (2003), "L'evoluzione del nuovo sistema cartografico del catasto", Atti VII Conferenza nazionale ASITA.

Di Filippo S., Ferrante F., Garnero G., Gnesivo P.R., Rao S. (2005), "Unificazione dei sistemi di coordinate catastali di piccola estensione", Atti XI Conferenza nazionale ASITA.

Di Matteo A., Milli M., Ruggieri L. (2004), "Il fiume Aterno nella Riserva Naturale Regionale "Gole di San Venanzio" (Raiano-AQ): caratteristiche dell'ecosistema fluviale e sua rappresentazione cartografica", *Bollettino Associazione Italiana Cartografia*, n.121-122.

Galetto R., Cannafoglia C. (1991), "Catasto geometrico, cartografia numerica e sistemi informativi territoriali", *Bollettino Società Italiana Fotogrammetria e Topografia*, n.1.

Maraffi C. (1991), "Un catasto moderno ed una promessa italiana che si sta attuando", *Bollettino Società Italiana Fotogrammetria e Topografia*, n. 1.

Monti C., Selvini A. (1991), "Il Catasto nella Storia", *Bollettino Società Italiana Fotogrammetria e Topografia*, n.1.

Radicioni F., Stoppini A. (1999), "Utilizzo di metodologie geodetiche per il coordinamento della cartografia catastale con le carte tecniche regionali", *Bollettino Società Italiana Fotogrammetria e Topografia*, n.4.

Selvini A. (2003): La conservazione del Catasto ed i Comuni. *Bollettino Società Italiana Fotogrammetria e Topografia*, n.3.

Stoppini A., Surace L. (1991), "L'integrazione tra sistemi cartografici locali e sistema cartografico nazionale per la georeferenziazione delle informazioni territoriali", *Bollettino Associazione Italiana Cartografia*, n. 81 - 82.

Surace L. (1998), "La georeferenziazione delle informazioni territoriali", *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, n. 2.

LE ATTIVITÀ GEOGRAFICHE A SUPPORTO DELLE AZIONI DI CONTROLLO IN AGRICOLTURA

Riccardo DIOFEBI (*)

(*) AGEA, Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura, Via Palestro 81 00185 ROMA
Tel.: 06.494991 Fax: 06.4453940

Abstract

Le attività di controllo previste dai regolamenti comunitari sull'erogazione dei contributi in agricoltura hanno portato nel corso degli anni all'adozione di metodologie basate sul telerilevamento e su tecnologie GIS sempre più evolute ed integrate nei sistemi informativi a supporto dei procedimenti amministrativi dei diversi soggetti coinvolti tali da configurare il comparto agricolo-forestale quale uno dei principali fruitori di informazioni geografiche ed al contempo di produttore di basi dati cartografiche. Ad oggi il Sistema Informativo Agricolo Nazionale rappresenta una delle banche dati geografica di maggior valore disponibile nel contesto nazionale dell'informazione geografica.

Abstract

Control activities as required by EU regulations regarding support schemes on agriculture have led over the years to the adoption of methodologies based on remote sensing and GIS technologies increasingly advanced and integrated within the information systems that support administrative proceedings of the various parties involved so that the agriculture-forestry can now be considered as one of the major users of geographic information and at the same time a producer of cartographic databases. To date, the National Agricultural Information System (SIAN) is one of the most valuable geographic databases available at national level.

La Politica Agricola Comune costituita a partire dagli anni '60, è lo strumento mediante il quale l'Unione Europea ha garantito la disponibilità di prodotti alimentari stabili e accessibili ai cittadini dell'Unione fornendo al contempo capacità di sostentamento e di redditività degli operatori del settore agricolo. La Politica Agricola Comune si compone una serie di misure di sostegno alle quali corrispondono dei regolamenti attuativi nell'ambito dei quali sono definite le modalità di erogazione dei contributi e gli obblighi dei Paesi Membri dal punto di vista del controllo sulla ammissibilità delle richieste di contributo presentate dalle aziende agricole. Un'approfondita e puntuale conoscenza del territorio, sia dal punto di vista della tipologia di copertura del suolo, sia in taluni casi dell'effettivo utilizzo che ne viene fatto, rappresenta un elemento fondamentale del sistema di conoscenza che i Paesi Membri devono mettere in campo al fine di garantire la corretta erogazione dei fondi comunitari.

Tale componente di conoscenza del territorio, che ha sempre rappresentato un elemento di grande importanza nei sistemi di controllo messi in campo dai diversi paesi della comunità, con le normative introdotte dall'ultima riforma della PAC è divenuto un elemento strutturale e obbligatorio del Sistema Integrato di Gestione e Controllo.

I regolamenti comunitari emanati a partire dalla fine degli anni 90, ha introdotto l'obbligatorietà di costituzione di un sistema di identificazione territoriale basato su tecnologie GIS il cui elemento cardine è il sistema di identificazione delle parcelle agricole (*LPIS Land Parcel Identification System*). Lo scopo di tale innovazione è il miglioramento della qualità delle dichiarazioni dei

produttori mediante l'uso di informazioni adeguate/aggiornate e il miglioramento dei controlli grazie alla disponibilità di riferimenti geografici digitali: viene di fatto sancito, nell'ambito dei procedimenti amministrativi delle agenzie di erogazione dei contributi, il passaggio all'utilizzo di tecniche informatizzate GIS, di materiali foto-cartografici a supporto della fase di richiesta dei contributi e all'utilizzo degli stessi per l'esecuzione dei controlli e per l'esecuzione delle verifiche in campo.

L'emanazione di tali norme ha rappresentato quindi un formidabile volano per l'innovazione dell'intero comparto agricolo relativamente all'utilizzo delle tecnologie di supporto alla conoscenza e alla rappresentazione del territorio con ricadute sia come costituzione di basi informative geografiche che come metodologie di trattamento ed utilizzo dei dati.

Nel contesto italiano l'AGEA (Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura) fin dalla metà degli anni '80 ha scelto di utilizzare tecnologie basate sul telerilevamento per la gestione di taluni specifici controlli sulle colture agricole come quelli collegati alla costituzione degli schedari oleicolo e viticolo. Nelle fasi iniziali le metodologie adottate furono manuali, con la predisposizione di ingrandimenti fotografici cartacei, copia su lucidi delle mappe catastali e sovrapposizione manuale. Nella prima metà degli anni '90 furono realizzate le prime applicazioni digitali che utilizzavano immagini da ripresa aerea e per le quali fu realizzata la digitalizzazione e il georiferimento delle mappe catastali cartacee su tutto il territorio nazionale. Contestualmente per la gestione dei controlli sulle colture seminabili fu realizzato un censimento e rilievo cartografico di tutte le superfici incompatibili (non eleggibili) con tali colture nell'ambito delle particelle catastali richieste a contributo. Tale insieme di informazioni fu quindi fatto confluire nelle prime applicazioni GIS basate su un'unica banca dati nazionale e rendendole disponibili su rete geografica a tutti i soggetti partecipanti al servizio di controllo ed erogazione dei contributi comunitari.



Figura 1 – Controllo delle colture agricole mediante telerilevamento

Con la realizzazione del nuovo Sistema Informativo Agricolo Nazionale, che costituisce una infrastruttura di servizi diffusa sul territorio basata su un modello tecnico-organizzativo federato e cooperativo, le informazioni del GIS sono state rese disponibili a tutti i soggetti del comparto agricolo e forestale fornendo la base di riferimento geografica a supporto di una più estesa molteplicità di attività e procedimenti quali la prevenzione, monitoraggio e perimetrazione degli incendi boschivi effettuata dal Corpo Forestale dello Stato, l'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi di Carbonio (INFC), realizzato dallo stesso CFS, o la produzione di statistiche annuali sulle superfici coltivate basata sulla integrazione tra dati campionari rilevati al suolo, secondo uno specifico schema di campionamento, e dati satellitari.

La costante necessità di disporre di informazioni sempre aggiornate sul territorio insieme con la capacità nella generazione di valore su tali dati ha portato con la legge 268/03 alla attribuzione ad AGEA dei beni acquistati o prodotti nell'ambito del progetto TELAER, comprendenti, tra l'altro, velivoli attrezzati per la fotografia del territorio a bassa quota ed alta risoluzione. TELAER è un progetto per la realizzazione di un sistema integrato per il telerilevamento aereo a suo tempo finanziato dal Dipartimento dei Servizi Tecnici Nazionali (DSTN), attuato dall'Istituto Programmazione Industriale (IPI) e realizzato da un consorzio formato da Alenia Spazio e Telespazio. Attraverso tale sistema è stato assicurato ad AGEA un potente strumento di acquisizione e processamento di informazioni geografiche e territoriali, ma anche la responsabilità di garantirne la piena operatività, funzionalità, anche tramite il necessario livello di adeguamento tecnologico.

Il grande impegno dell'AGEA nel contesto appena rappresentato ha portato nel corso degli ultimi anni al raggiungimento di importanti risultati anche nei confronti di Amministrazioni esterne al comparto agricolo e forestale. A titolo di esempio possono essere citate l'attività realizzata in convenzione con l'Agenzia del Territorio per l'identificazione dei fabbricati non dichiarati al catasto, o quella per il supporto ai comuni nella realizzazione del catasto incendi boschivi ai sensi dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 agosto 2007.

The screenshot shows the 'Temotismi' GIS application. On the left is a sidebar with various filters under 'Temotismi' and 'Scheda incendio'. The main area displays a grayscale aerial photograph of a rural landscape. On the right, a window titled 'Elenco Particelle' (Parcel List) is open, showing a table of land parcels with columns for 'C.A.D.', 'C.A.S.', 'S.M.', 'S.M.', 'S.M.', and 'TER. INCENDIO'. Below the table, there is a small note about the data source.

Temotismi

- Ortofoto
- Siti Importanza Comunitaria (Aggiornam...
- Zone Protezione Speciale (Aggiorname...
- Comuni
- Fogli
- Mappa
- Particelle
- Centroidi
- Incendi (Uso suolo)
 - Sup. boscate
 - Sup. non boscate
 - Pascolo
 - Non attribuito
 - Tavolette IOM
 - Toponimi

Scheda incendio

Comune: **FRANCOFONTE (SR)**
 Località: **NON DISPONIBILE 1**
 Data incendio: **01/01/2007**
 Data rilievo: **30/09/2007**
 Metodo di rilievo: **Mista**
 Strumenti GPS: **Altro**
 Sup. ha. are. ca: **67.40.31**

Elenco Particelle

REGIONE: SICILIA ID INCENDIO: 25191
 COBBINE: FRANCOFONTE DATA: 04/02/2007
 PROVVISIA: SIRACUSA LOCALITÀ: MONDISOPHOLE 1

C.A.D.	C.A.S.	S.M.	S.M.	S.M.	TER. INCENDIO
22	8043	0	0	430	F 19020
22	8012	0	0	140	F 7663
22	8014	0	0	807	F 52149
22	8017	0	0	1508	F 7663
22	8020	0	0	4282	F 50514
22	8026	0	0	3429	F 39827
22	8028	0	0	856	F 5012
22	8029	0	0	8419	F 5069
22	8029	0	0	1039	F 1039
22	8028	0	0	1873	F 2224
22	8026	0	0	5788	F 10237
22	8029	0	0	790	F 2480
22	8020	0	0	128	F 2081
22	8021	0	0	4887	F 52482
22	8023	0	0	6271	F 19476
22	8023	0	0	2419	F 2419
22	8024	0	0	3857	F 3857
22	8025	0	0	107	F 107
22	8026	0	0	150	F 126
22	8027	0	0	6808	F 7036
22	8028	0	0	1309	F 1009
22	8047	0	0	1407	F 4208
22	8047	0	0	1367	F 2018
22	8043	0	0	3294	F 5294
22	8044	0	0	90	F 90
22	8045	0	0	150	F 150
22	8046	0	0	260	F 260
22	8047	0	0	70	F 80

Ta. superficie di superficie in Ha
 La base di riferimento per la determinazione dell'area delle particelle, viene riferita all'angolo del vertice, nella sua
 estensione di riferimento, rispetto al punto di partenza dell'angolo del vertice, nella sua estensione di riferimento.

Figura 2 – Supporto ai comuni per la predisposizione del catasto incendi

Aggiornamento delle informazioni di copertura del suolo

A partire dall'anno 2007 l'AGEA ha avviato una azione massiva di aggiornamento di tutte le informazioni di copertura ed uso del suolo agricolo necessarie a garantire la corretta erogazione dei contributi comunitari. Le motivazioni di tale intervento risiedono sia nella necessità di disporre di una base informativa coerente con la nuova impostazione della Politica Agricola Comune e con le linee guida del SIAN (Sistema Informativo Agricolo Nazionale) che mettono una visione integrata dell'azienda agricola al centro del sistema informativo, sia nella necessaria azione di aggiornamento dei dati di base che risentono di oltre 10 anni di esercizio nel corso dei quali sono state effettuate molteplici operazioni di integrazione con livelli informativi diversificati quali gli schedari oleicolo e viticolo.

Il complessivo cambiamento di strategia che l'AGEA sta portando avanti, oltre agli elementi di contesto precedentemente descritti deriva anche dalle opportunità offerte da informazioni di base di maggiore qualità e più elevato contenuto informativo quali le ortofoto digitali multispettrali con bande RGB e infrarosso e modello di elevazione (DSM) integrato..

Obiettivo dell'intervento è quindi l'aggiornamento completo delle informazioni di uso del suolo nell'arco temporale di 3 anni, con una copertura completa nel continuo territoriale di tutte le aree agricolo-forestali con una legenda specifica del contesto dell'erogazione dei contributi comunitari ma coerente con le classificazioni standard per tale tipologia di informazioni.



Fig 3 - esempio di aggiornamento delle informazioni di copertura del suolo AGEA

Le attività di sperimentazione del sistema AGEA-TELAER

Un ulteriore importante ambito di azione dell'AGEA, tramite la disponibilità della piattaforma TELAEER e di particolari sensori aviotrasportati, è quello della sperimentazione di nuove soluzioni in collaborazione con Enti ed Istituti di ricerca sia in ambito nazionale che comunitario.

Il Sistema AGEA Telaar, oltre alla camera fotogrammetrica digitale Ultracam vewel, possiede ulteriori sensori che vengono utilizzati per diverse esigenze dell'Amministrazione, quali il SAR in banda X, con risoluzione fino a 0,5 m, l'iperspettrale di Galileo Sim.Ga con 700 bande e risoluzione fino 1,5m al suolo, oltre ai consolidati sensori multispettrali come Daedalus a 12 bande, molto utili

soprattutto per l'acquisizione nell'infrarosso termico. Le applicazioni, oltre all'uso del suolo agricolo, variano dal monitoraggio agro-ambientale (erosione, frane, superfici alluvionate, ecc), alla perimetrazione e agli indici di danno per le superfici attraversate dal fuoco, fino al monitoraggio delle discariche, autorizzate o meno. Attività in tale ambito sono in corso in collaborazione con il Centro di Ricerche Comunitario di Ispra (JRC) o con il Consiglio Nazionale delle Ricerche.

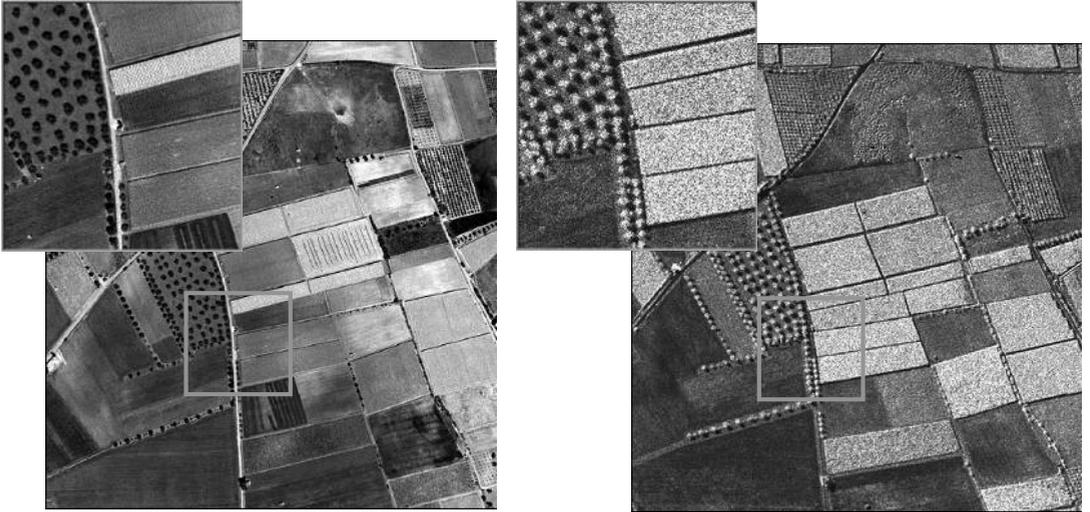


Fig 4 - esempio di confronto tra ortofoto tradizionale e SAR Telaar ad alta risoluzione (0,5m) per l'identificazione delle tematiche agricole, anche in caso di copertura nuvolosa o assenza di luce

CLASSIFICAZIONE AUTOMATICA DI AREE ALLUVIONATE

Franca DISABATO

DITAG - Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10135 Torino,
Tel. 011.1975.1872, franca.disabato@polito.it

Riassunto

Questo articolo intende illustrare una procedura di classificazione automatica di immagini satellitari creata all'interno di ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action), un centro di ricerca, che tra le sue attività si occupa di fornire supporto tecnologico nel caso di emergenze ambientali al WFP (World Food Programme), la maggiore Agenzia operativa delle Nazioni Unite. In particolare la procedura presentata potrà creare un archivio storico a piccola scala di aree alluvionate per un sistema di pre-allerta per alluvioni, il quale, una volta individuata una possibile alluvione in un'area, potrà fornire degli scenari di aree storicamente esondate agli utenti delle Nazioni Unite. Viene infine riportato un esempio di applicazione di tale procedura per il caso dell'alluvione in Mozambico tra dicembre 2007 e febbraio 2008.

Abstract

This paper aims to introduce an automated procedure for the classification of satellite images. This procedure has been created inside the centre of research ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action), which, among its activities, is involved in the technological support to the WFP (World Food Programme), the bigger Agency of the United Nations, in case of environmental emergencies. In particular this procedure will be able to create a small scale historical archive for an early warning system for flood events. This system, after detecting a flood event in an area, will be able to provide the sceneries of historical flooded areas to the United Nation users. The application of this procedure for Mozambique flood event (December 2007-February 2008) is described as example.

Introduzione

All'interno del centro di ricerca ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance Cooperation and Action) è stato sviluppato un sistema globale di pre-allerta per eventi alluvionali. La funzione di questo sistema è di indicare agli utenti del WFP (World Food Programme), con anticipo sull'evento alluvionale, dove e quando sono previste le alluvioni e inoltre fornire in prima approssimazione le aree che potrebbero essere allagate (vedi Albanese et al., 2008).

La procedura che verrà illustrata in questo articolo intende produrre quest'ultima informazione, creando un archivio di aree storicamente alluvionate con estensione globale. In particolare, per essere cautelativi, è stato deciso di individuare la maggiore area che in eventi passati è risultata allagata in conseguenza di un evento alluvionale.

Metodologia

Per provvedere un'informazione sull'estensione maggiore di aree alluvionate, è stato deciso di elaborare una procedura il più automatica possibile, che, ricevendo come dati di base dati satellitari MODIS, li elabori, classifichi e restituisca i vettoriali delle aree esondate per ciascun evento di interesse.

Dal momento che la presenza di nubi costituisce un forte limite per la determinazione delle aree alluvionate, è stato deciso di prendere in considerazione un arco temporale piuttosto ampio, il quale

permetta di ottenere un'informazione libera dalla presenza di nubi per ogni pixel dell'area di interesse. A seconda della durata delle precipitazioni si scelgono archi temporali differenti, in genere si parte dall'inizio delle forti precipitazioni per arrivare ad almeno 7 giorni dopo la fine delle precipitazioni stesse. Il vettoriale dell'area alluvionata di massima estensione deriva dall'elaborazione di una sintesi dell'informazione ricavata dalle immagini appartenenti all'arco temporale prestabilito. Per ottenere questa sintesi si svolge una fase di pre-elaborazione dei dati di base, in cui i dati vengono portati al sistema di riferimento prescelto e mascherati dalle coperture nuvolose. Nella seconda fase avviene la classificazione delle immagini mascherate e la composizione di sintesi vera e propria, in cui vengono combinati i dati ottenuti ed estratti i vettoriali delle aree alluvionate (vedi Figura 1).

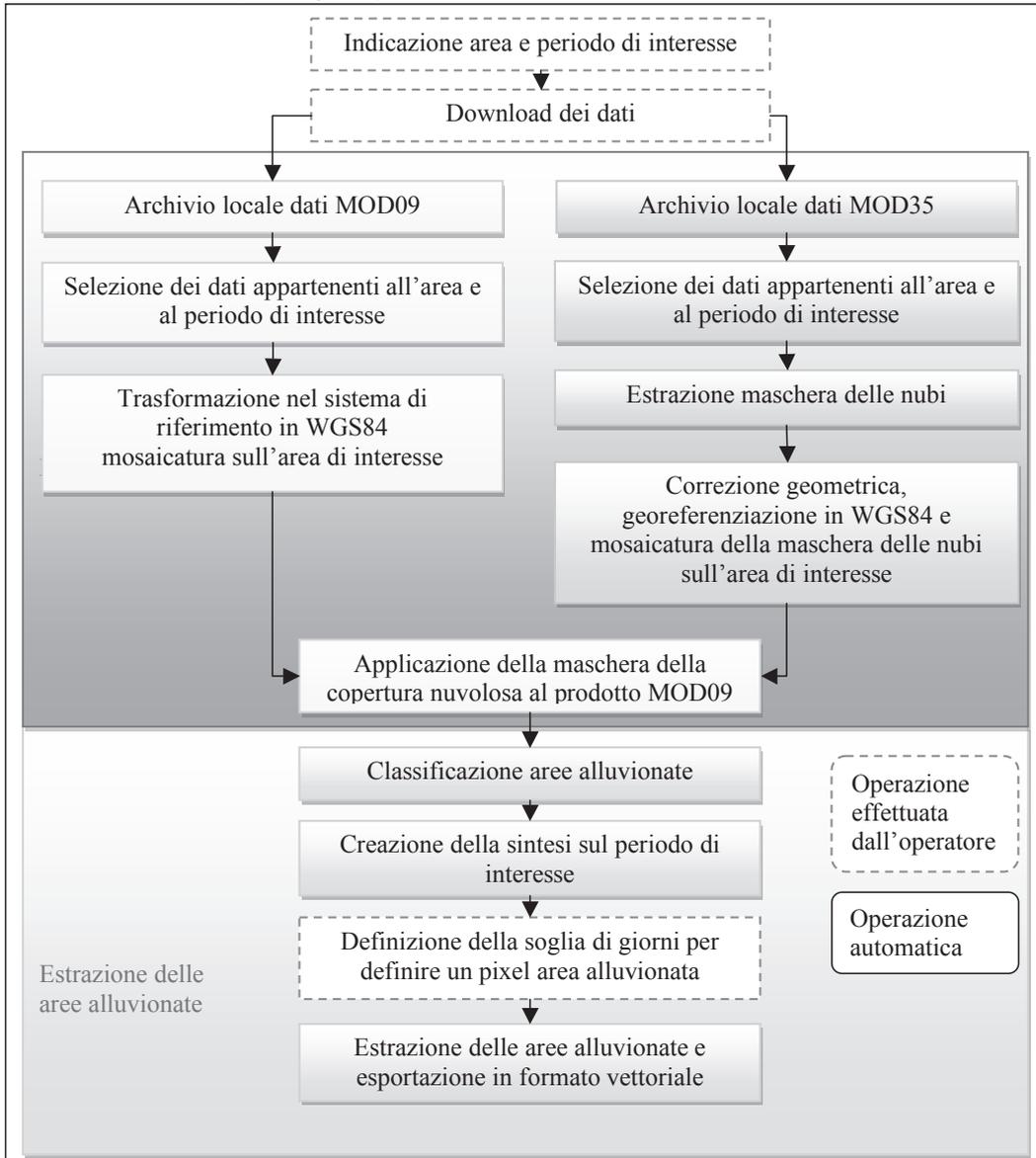


Figura 1 - Schema della metodologia applicata per l'estrazione delle aree alluvionate

La procedura è stata sviluppata in ambiente IDL (Interactive Data Language), che consente un buon grado di automazione ed una facile gestione dei dati satellitari grazie alla presenza di opportune routine scritte in IDL e disponibili all'interno del *software* ENVI.

Dati utilizzati

Per la determinazione delle aree si è scelto di utilizzare immagini e prodotti provenienti dal sensore MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), i quali garantiscono giornalmente una copertura globale con una risoluzione geometrica che permette di effettuare analisi a scala regionale.

In particolare per la procedura di classificazione si è scelto di utilizzare dati di riflettività che fossero corretti dagli effetti dell'atmosfera (i prodotti MOD09GQK e MOD09GQ - MODIS/Terra Surface Reflectance Daily L2G Global 250m SIN Grid) e un prodotto che permettesse di individuare le aree coperte da nubi, consentendo di ovviare al problema dovuto alla presenza di coperture nuvolose in corrispondenza di eventi alluvionali (prodotto MOD35, MODIS Cloud Mask product).

I dati MOD09GQK (dal 2000 al 2004) e MOD09GQ (dal 2004 ad oggi) forniscono una stima della riflettanza corretta dagli effetti di assorbimento e diffusione dell'atmosfera terrestre su due bande (infrarosso e rosso) con una risoluzione geometrica di 250 m. Tali proprietà permettono di creare un primo archivio su scala regionale.

Il dato è disponibile nel formato *grid* (vedi Figura 2). a partire dal 24/02/2000. Il vantaggio di questo formato è la facile individuazione del file corrispondente all'area di interesse: questa caratteristica consente infatti la ricerca automatica sul sito ftp (<ftp://e4ftl01u.ecs.nasa.gov/MOLT/>) dove sono conservati i dati più recenti. I dati meno aggiornati devono essere richiesti tramite il portale WIST (Warehouse Inventory Search Tool), che permette di effettuare una ricerca del prodotto MODIS desiderato per area e periodo di interesse

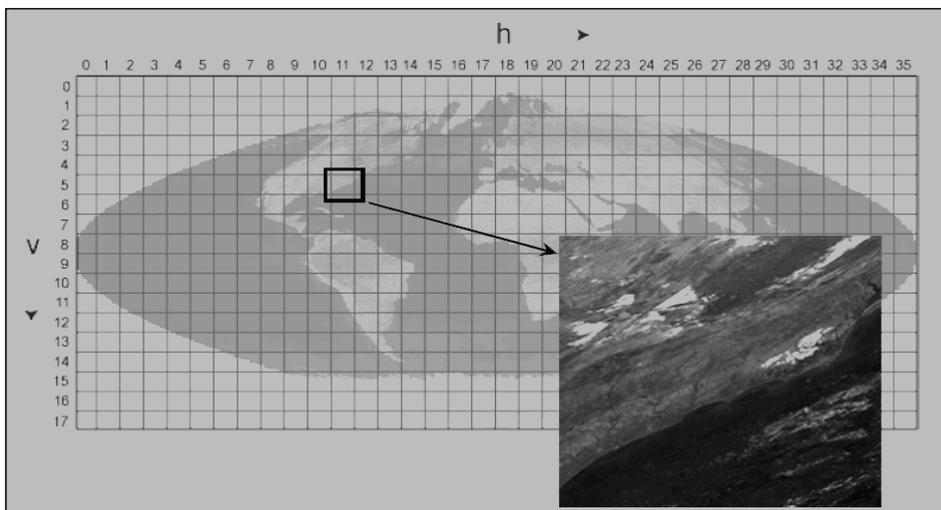


Figura 2 – Il formato GRID del prodotto MOD09

Il prodotto MOD35 fornisce un'indicazione sullo stato delle nubi e del suolo con una risoluzione geometrica che va da 250 m a 1 km. Questo dato presenta il vantaggio di indicare, a parte le aree della superficie terrestre ricoperte da nubi, la presenza di cirri, difficilmente individuabili nelle bande del rosso e nell'infrarosso presenti nel prodotto mod09. Il prodotto è fornito in un formato detto *swath*, il quale corrisponde a 5 minuti di acquisizione del sensore e non è corretto dalle distorsioni dovute alle geometria di acquisizione.

Il prodotto MOD35 contiene sei bande, in ciascuna di esse i bit (singolarmente o a gruppi), le cui combinazioni definiscono il *Digital Number (DN)* di ogni pixel, forniscono un'informazione differente sulle condizioni delle nubi e sulle caratteristiche del pixel a terra (vedi esempio in Figura 2).

Da questo prodotto si possono quindi estrarre differenti informazioni riguardo le coperture nuvolose a seconda delle esigenze. In Figura 4 è mostrata una possibile maschera derivata dalla tabella esposta in Figura 3. In particolare, per la procedura qui descritta, è stato considerato nube tutto ciò che risultasse certamente o probabilmente nuvoloso (questa indicazione include anche la presenza di cirri, vedi Ackerman et al., 2006), in modo da ottenere una maschera cautelativa delle coperture nuvolose.

Cloud_Mask Bit-Field Interpretation		
Byte #0 (1km Cloud Mask & Processing Path Flags)		
Bits	Field Description	Bit Interpretation Key
0	Cloud Mask Flag	0 = Not Determined 1 = Determined
1-2	Unobstructed FOV Quality Flag	0 = Confident Cloudy 1 = Probably Cloudy 2 = Probably Clear 3 = Confident Clear
3	Day/Night Flag	0 = Night 1 = Day
4	Sunglint Flag	0 = Yes 1 = No
5	Snow/Ice Background Flag	0 = Yes 1 = No
6-7	Land/Water Background Flag	0=Water 1=Coastal 2=Desert 3=Land

Figura 3 - tabella di interpretazione della prima banda del prodotto MOD35

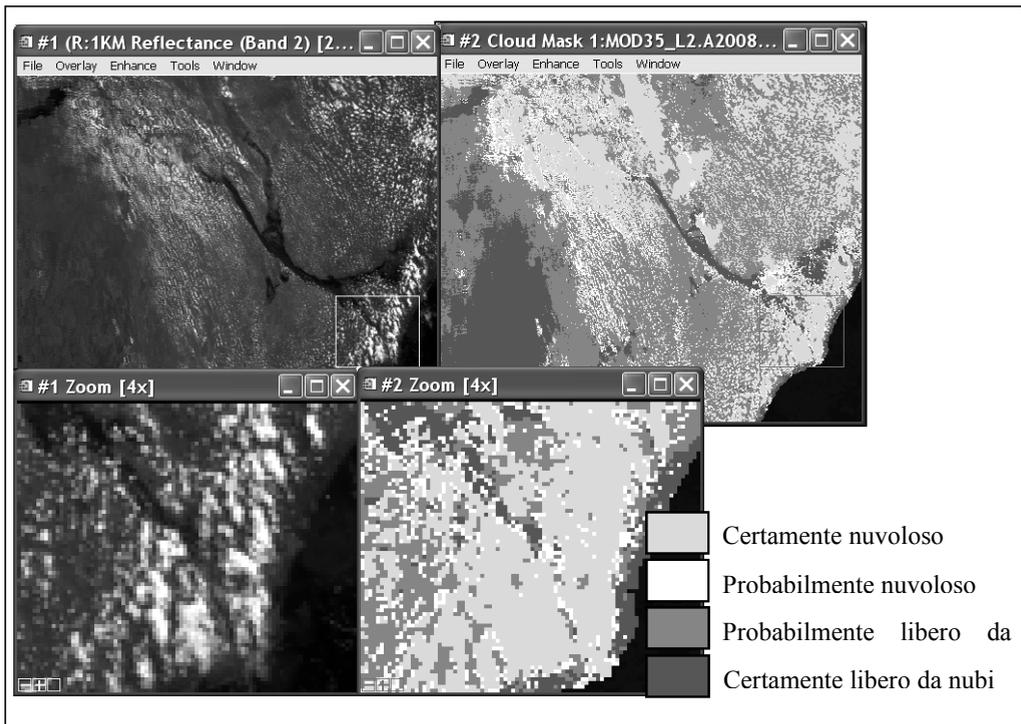


Figura 4 – Esempio di maschera delle nubi estraibile dal prodotto MOD35. Sulla sinistra una sintesi in falsi colori (IR,RED, RED) del prodotto MOD09 con risoluzione 1 km, sulla destra la corrispondente maschera estratta dal prodotto MOD35

Pre-elaborazione dei dati

Prima di procedere al mascheramento delle aree nuvolose è necessario riportare i dati MOD09 e la maschera delle nubi ricavata dal prodotto MOD35 allo stesso sistema di riferimento e alla stessa risoluzione spaziale per mezzo di opportune correzioni geometriche. Entrambi i file sono trasformati nel sistema di riferimento geografico WGS84, che risulta ottimale per la necessità di un archivio a copertura globale.

Per mosaicare più immagini MODIS MOD09 appartenenti all'area di interesse e per riportare il MOD09 al sistema WGS84 viene richiamata all'interno della procedura globale la versione batch del software MRT Tool, prodotto proposto dal distributore dei dati MODIS (Land Processes Distributed Active Archive Center-DAAC) per mosaicare e riproiettare i dati in formato *grid*.

Dal momento che gli strumenti disponibili per la correzione geometrica del file MOD35 effettuano medie dei valori nella fase di correzione geometrica, si avrebbe una perdita consistente dell'informazione contenuta nel file. Per questo motivo è stato deciso di utilizzare una routine completamente automatica già testata (Boccardo P. et al., 2006) che consente di non perdere alcuna componente informativa, grazie al tipo di ricampionamento *Nearest Neighbour* sia nella fase di correzione dall'effetto di *bow-tie* (una distorsione geometrica dovuta alla geometria di acquisizione del sensore) che nella fase di georeferenziazione. Per ogni giorno dell'arco di tempo considerato, questa routine seleziona i dati MOD35 che sono compresi nell'area di interesse in un archivio locale (creato o per scaricamento dei dati dal sito ftp o per richiesta al portale WIST), li corregge geometricamente uno alla volta ed infine compone il mosaico sull'area di interesse. Una volta riportati i due prodotti allo stesso sistema di riferimento, è possibile mascherare i dati di riflettività dalle coperture nuvolose. Questa operazione viene effettuata tramite un'apposita routine disponibile in ENVI.

Determinazione delle aree alluvionate

In questa fase le immagini giornaliere mascherate dall'effetto delle nubi sono classificate e vengono estratte le aree esondate durante l'alluvione in modo quasi totalmente automatico.

La classificazione delle immagini giornaliere avviene per mezzo di una soglia nella banda dell'infrarosso (si può utilizzare una che spazia tra il 15% e il 20%). Il problema di questo tipo di classificazione è che valori di riflettività inferiori alla soglia massima potrebbero corrispondere, a parte alla presenza di acqua sul pixel in analisi, anche alla presenza di ombre dovute alle nubi.

Si è quindi deciso di produrre una sintesi contando il numero di volte che un pixel risulta coperto da acqua secondo i criteri prima citati. Dal momento che la probabilità che un pixel ricada sotto l'ombra di una nube per più giorni è molto limitata, viene classificato come alluvionato tutto ciò che risulta coperto da acqua per una soglia minima di giorni definita in base alla durata dell'arco temporale prestabilito (questa parte non è stata ancora completamente automatizzata).

Le aree alluvionate così individuate sono esportate in formato vettoriale tramite un'apposita routine disponibile in ENVI.

Risultati: il caso dell'alluvione in Mozambico

La procedura è stata testata per il caso della seconda parte dell'alluvione in Mozambico avvenuta tra dicembre 2007 e febbraio 2008 (la fine delle forti precipitazioni è stata registrata intorno al 20/02/08). In questo caso è stato preso in considerazione un periodo di tempo di 43 giorni, che va dal 15 gennaio al 28 febbraio 2008. I dati MOD09 e MOD35 relativi all'arco temporale di interesse sono stati scaricati attraverso il portale WIST dall'operatore, il quale ha successivamente definito quante volte un pixel dovesse risultare coperto da acqua per poter essere definito area alluvionata (2 giorni). Eseguite queste operazioni, la procedura è stata in grado di produrre i vettoriali delle aree alluvionate. I risultati di questo tipo di classificazione sono stati confrontati con i risultati di una classificazione supervisionata Maximum Likelihood corretta poi per fotointerpretazione su un'immagine che nel periodo considerato risultava abbastanza sgombra da nubi (6 febbraio 2008).

In Figura 5 sono riportati a confronto i risultati delle due diverse classificazioni. Dalla tabella riportata si può notare come le due classificazioni operino in modo simile. Si può notare come procedura automatica sovrastimi rispetto a quella assistita le aree alluvionate: questo effetto è in parte dovuto alla presenza di nubi sull'immagine classificata in modo assistito e in parte alla presenza di ombre nelle immagini classificate in modo automatico. La sottostima è invece dovuta al mascheramento delle immagini e all'imposizione della soglia di 2 giorni per ritenere un'area alluvionata, in quanto qualche area alluvionata può risultare non coperta da nubi per meno di 2 giorni sull'arco temporale prestabilito. Considerando il grado di automazione, si può comunque ritenere la procedura proposta un buono strumento per una determinazione di massima delle aree alluvionate, richiesta per la generazione dell'archivio storico.



Confronto dei risultati di classificazione ottenuti con i 2 metodi

(classificazione assistita=A, classificazione automatica=B)

% delle aree classificate come alluvionate in B che sono state classificate come alluvionate anche in A	85%
Sovrastima delle aree alluvionate in B rispetto ad A	20%
Sottostima delle aree alluvionate in B rispetto ad A	13%

Conclusioni e sviluppi futuri

La procedura automatica si è rivelata essere un buono strumento per la creazione di un archivio storico di aree alluvionate in modo speditivo.

La procedura può essere migliorata rendendo automatici le fasi di scaricamento dati e di definizione delle soglie dei giorni per cui considerare un'area come alluvionata.

Inoltre c'è la possibilità di ripresentare il sistema elaborato in versione semplificata (senza il mascheramento delle nubi, che richiede una lunga elaborazione), in modo da fornire un'informazione immediata delle aree nel caso di emergenze alluvioni. In questo caso, essendo l'arco temporale più ridotto, saranno acquisite immagini prima dell'evento in modo da avere a disposizione delle aree già ricoperte d'acqua in precedenza (fiumi, laghi già esistenti).

Bibliografia

- Ackerman S., Strabala K., P. Menzel P., Frey R., C.Moeller C., Gumley L., B. Baum B., Wetzel Seemann S., H. Zhang H. ,Discriminating clear-sky from cloud with modis algorithm theoretical basis document (MOD35), Versione 5.0. Ottobre 2006
- Albanese A., Disabato F., Terzo O., Vigna R., in stampa."Approccio preliminare alla creazione di un sistema di pre-allerta per gli eventi alluvionali", XII Conferenza Nazionale ASITA. L'Aquila. 2008
- Boccardo P., Borgogno Mondino E., Disabato F., Giulio Tonolo F., Perez F., Sartori G. "Utilizzo di dati MODIS per la gestione di emergenze." X Conferenza Nazionale ASITA. Bolzano. 2006

RILIEVO NETWORK- RTK CON LA RETE DI STAZIONI PERMANENTI GPS DELLA REGIONE ABRUZZO: VERIFICHE SU VERTICI IGM95

Donatella DOMINICI (*), Filippo DEL GUZZO (*), Roberta VALERIO (**)

(*) DAU- Dipartimento di Architettura e Urbanistica- Facoltà di Ingegneria dell'Università dell'Aquila- Monteluco
Poggio Roiodominici@dau.ing.univaq.it, delguzzo@dau.ing.univaq.it, robevalerio@yahoo.it

Riassunto

Il rilievo Network-RTK, come è noto, impiega le correzioni differenziali della rete di stazioni permanenti a cui viene collegato il ricevitore rover e permette di determinare la posizione dei vertici rilevati con una precisione centimetrica.

Il rilievo NRTK diventa un rilievo veloce e di precisione in quanto si evita l'uso della "base", potendo disporre di un solo kit-rover (risparmio nell'acquisto degli strumenti) ed un solo operatore per il rilievo; permettendo il rilevamento in tutta la regione superando il problema della distanza dalla stazione di riferimento mantenendo una precisione attendibile nel posizionamento. Le stesse precisioni diventano maggiori rispetto alla modalità tradizionale garantite da una maggiore affidabilità dovuta alla presenza della rete ed il fissaggio delle ambiguità diventa più veloce rispetto al semplice RTK.

Un ruolo importante riveste la rete di stazioni permanenti GPS in quanto, con la correzione differenziale, diventa un "dispensatore" di "datum" e garantisce la buona operabilità del sistema.

Con questo lavoro si è voluto, appunto, verificare l'affidabilità di tale sistema effettuando una serie di misure su alcuni punti noti della rete IGM95 e della rete di raffittimento della Regione Abruzzo. In particolare si sono misurate le coordinate di circa cinque punti (2 IGM95 e 3 della Regione Abruzzo), tale verifica è stata condotta effettuando misure comparative utilizzando tre distinte reti: Regione Abruzzo, Regione Umbria e la RESNAP-GPS dell'università di Roma.

Abstract

In the last year Regione Abruzzo activated new GPS regional network which allows to obtain the differential corrections with VRS technique. With a single rover-kit and a single operator the NRTK survey becomes fast and precise. This paper describe the survey done on 2 points of IGM95 network and 3 points from Regione Abruzzo's regional geodetic network to verify the reliability of this system. This work also includes some comparative measures done using the regional Umbria's and university "La Sapienza"'s RESNAP-GPS networks.

Introduzione

Nel posizionamento relative RTK e NRTK si opera con due ricevitori, di cui uno (detto base) mantenuto fisso (Fig.1) su un punto di posizione nota, mentre il secondo (rover) va ad occupare i punti da rilevare. Il ricevitore base trasmette al rover i dati di correzione di codice e di fase, mediante i quali la posizione del rover viene calcolata immediatamente, in tempo reale. La trasmissione dei dati può avvenire via radio, con modem GSM o via internet, a condizione che il flusso dei dati sia continuo. L'accuratezza delle coordinate ottenute è mediamente dell'ordine di alcuni centimetri. Se i dati "grezzi" (raw data) acquisiti da base e rover vengono conservati, è possibile effettuare un'elaborazione di controllo in post processamento. I problemi legati ad un

corretto utilizzo di tale tecnica possono essere: il tempo di latenza (tempo di viaggio delle correzioni), il corretto posizionamento della stazione base e la distanza base rover (10-30 km). Per ovviare a quest'ultime problematiche si richiede la disponibilità di una RETE di stazioni permanenti di posizione nota (tecnica Network RTK). Il rover invia al centro di controllo della rete la propria posizione approssimata ed il software NRTK calcola in base a tale posizione una correzione RTK, si può dire personalizzata per "quel" rover. Esistono diversi algoritmi (VRS, FKP,MAC) che forniscono risultati sostanzialmente simili. L'accuratezza resta dell'ordine di alcuni centimetri ma la tecnica NRTK risulta vantaggiosa rispetto alla semplice RTK proprio in termini di integrità (affidabilità) della soluzione ottenuta.

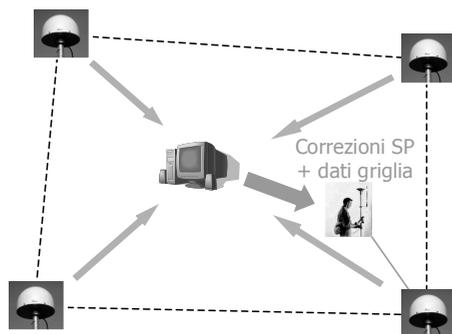


Figura 1 - NRTK

Le tecniche RTK e NRTK sono estremamente vantaggiose nei rilievi di dettaglio, dove deve essere determinato un numero elevato di punti, ma anche in tracciamento di opere di ingegneria civile dove il tempo reale consente di operare con grande rapidità rispetto alle tecniche classiche. Possono essere anche utilizzate in modo cinematico per la determinazione del tracciato di veicoli in movimento.

La rete di stazioni permanenti della Regione Abruzzo

La regione Abruzzo si estende su di una superficie di circa 10794 km². La rete di Stazioni Permanenti GPS della regione Abruzzo nasce con l'intento di fornire a tutta l'utenza regionale (professionisti, Pubbliche Amministrazioni, ecc.), quindi anche ad utenti privi di formazione specifica sul trattamento dei dati GPS, un posizionamento con precisione subdecimetrica il più possibile omogenea su tutto il territorio regionale e con tempi di posizionamento (per l'acquisizione del dato) il più possibile limitati.

In fase di progettazione sono state analizzate alcune configurazioni di reti per RTK, con diversa densità sul territorio, al fine di massimizzare le possibilità di trovare idonea struttura e collocazione per le stazioni. In tale configurazione il Centro di Controllo che gestisce il sistema della rete di stazioni permanenti GPS doveva essere totalmente svincolato dalla posizione per essere installato in una struttura idonea che avesse i necessari collegamenti di rete e telefonia, come, ad esempio, nella sede del Giunta Regionale, a L'Aquila. In una prima configurazione si considera la situazione relativa alle stazioni ritenute "prioritarie", ovvero quelle stazioni che pur mantenendo elevate interdistanze, comunque al massimo 64 km, possono rappresentare una prima ipotesi di geometria nell'ottica di servire le zone più densamente abitate. Queste stazioni coprono quasi uniformemente il territorio abruzzese e sono dislocate cercando di uniformare l'interdistanza tra i punti da circa 40 a 70 km, con i limiti sopra citati. Questa configurazione, che ha una interdistanza media tra le stazioni di circa 45 km, può essere realizzata considerando 12 stazioni permanenti.

La configurazione della rete di stazioni ritenute "prioritarie" è rappresentata in figura 2a.

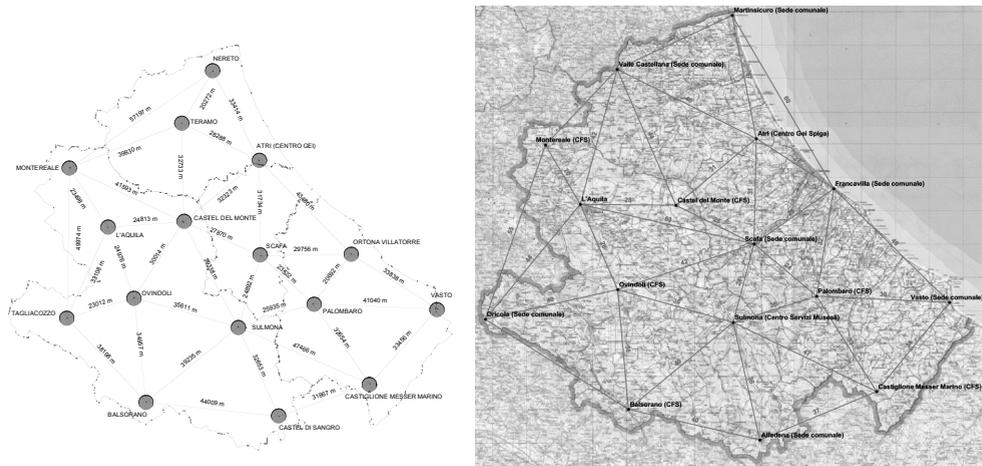


Figura 2 - a) Rete di Stazioni con configurazione ottimale; b) Rete di stazioni realizzate

Nella fase progettazione esecutiva, è stata scelta una configurazione in cui le stazioni GPS sono 16; esse contribuiscono a diminuire l'interdistanza dei lati più lunghi. In fase di realizzazione la configurazione ottimale è stata parzialmente modificata senza però stravolgere la geometria di base. La massima interdistanza risulta ora di 57 km sul lato nord della regione sulla zona di confine. La distanza media è invece di circa 34 km: detta distanza può garantire già un buon funzionamento dei sistemi VRS/MRS.

Questa configurazione si ritiene ottimale e cautelativa per una rete di stazioni permanenti GPS per RTK, senza arrivare al limite delle prestazioni dei sistemi di gestione *Multi* o *Virtual Reference Station*.

I siti finali che costituiscono la rete sono:

<i>COSTA</i>	<i>INTERNO</i>	<i>SUD-OVEST</i>	<i>SUD-EST</i>	<i>NORD-OVEST</i>
Martinsicuro	L'Aquila	Oricola	Castiglione Messer Marino	Valle Castellana
Francavilla	Castel del Monte	Balsorano	Alfedena	Montereale
Atri	Scafa			
Vasto	Ovindoli			
	Sulmona			
	Palombaro			

La materializzazione di questi punti è stata realizzata con la massima attenzione a riguardo della stabilità ed alla presenza della rete dati ComNet-RA tramite segnale ISDN o ADSL. La materializzazione è stata effettuata dalla ditte TRIMBLE

L'intera infrastruttura, tramite il centro di controllo, è in grado di fornire due tipologie di servizi che sono completamente gratuiti: fornitura dei dati registrati dalle singole stazioni per il post-processing nel formato Rinx e le correzioni per il posizionamento in tempo reale con il metodo VRS (Virtual Reference Station).

Lo stesso Centro di Controllo gestisce la pubblicazione delle monografie dei siti e le informazioni relative alle caratteristiche del ricevitore e dell'antenna utilizzata, e tutti i metadati necessari per ricostruire l'eventuale dinamica della strumentazione del sito.

Agli utenti registrati vengono fornite le credenziali di accesso, username e password, e l'indirizzo ip del server per configurare la strumentazione per usufruire delle correzioni in tempo reale.

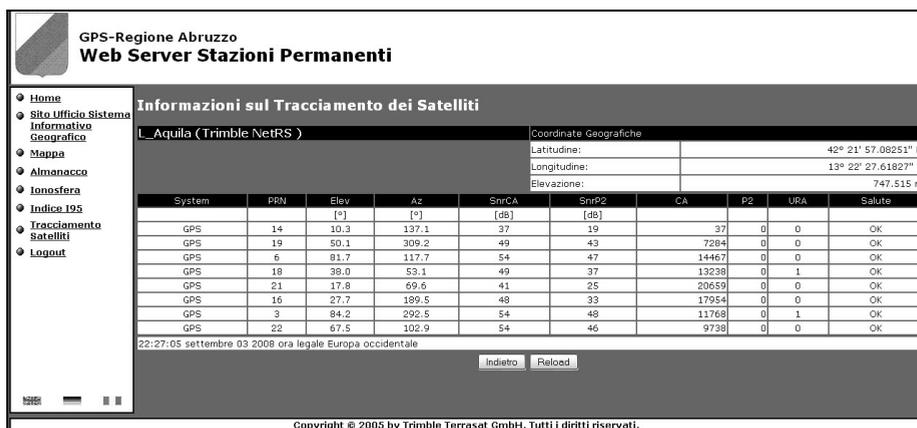


Figura 3 – Monografia della stazione di L'Aquila

Verifica modalità RTK sui vertici IGM95

La sperimentazione condotta ha lo scopo di verificare il funzionamento dell'intera infrastruttura e la qualità del dato fornito dalla rete.

A tale scopo si è pensato di eseguire una serie di misure su punti con coordinate note al fine di valutare le differenze tra le coordinate misurate con un sistema RTK e quelle indicate nelle rispettive monografie. I punti utilizzati sono quelli della rete IGM95 e quelli istituiti dalla stessa Regione Abruzzo per il raffittimento della rete stessa in modo da disporre di un set di coordinate note con le quali eseguire i relativi confronti. Gli stessi punti sono stati controllati utilizzando sia la rete di stazioni permanenti della regione Umbria che la rete RESNAP-GPS gestita dall'università "La Sapienza" di Roma.

Prima di procedere all'esecuzione dei rilievi si è proceduto nella scelta dei punti individuati in base alla vicinanza alla città di L'Aquila ed alla facilità di raggiungimento. In base ai criteri detti sono stati individuati 2 punti IGM95, il 139701 ed il 139902 ricadenti rispettivamente nelle frazioni di Sella di Corno (comune di Scoppito) e San Vittorino (comune di L'Aquila), e tre punti della rete regionale ricadenti nel territorio della zona di Roio del comune di L'Aquila. Di quest'ultimo gruppo di punti è stato possibile utilizzarne solamente uno poiché i restanti due erano stati rimossi forse a seguito di interventi di ristrutturazione che hanno interessato i manufatti su cui erano stati fissati i centrini.

Per il rilievo RTK si è utilizzato un rover *Topcon* HIPER-PRO dotato di un controller FC-100 con sistema operativo Windows Mobile CE[®] ed un telefono cellulare che è stato utilizzato come interfaccia per il collegamento GPRS alla rete internet.

Tutte le operazioni di rilievo sono state gestite tramite il software Meridiana pocket PC preinstallato nel controller.

Prima di procedere all'esecuzione delle misure si è provveduto ad eseguire tutti i setting necessari al collegamento alle tre reti utilizzate e sono state testate le connessioni per verificare che l'intero apparato fosse pienamente funzionante. In tale fase è stato possibile riscontrare una certa instabilità del collegamento GPRS che di fatto compromette l'uso delle correzioni differenziali.

Avendo a disposizione le rispettive monografie si è proceduto nell'esecuzione delle misure in modalità RTK utilizzando le tre reti di stazioni permanenti ricordate.

Risultati

La modalità di rilievo RTK consente di effettuare direttamente un primo controllo di massima circa la correttezza delle coordinate appena determinate confrontandole con quelle "ufficiali" riportate in monografia. In questo lavoro si è cercato di accettare soluzioni "fixed" per meglio controllare il

funzionamento del sistema. Il rilievo si è sviluppato in più giornate dato che si sono presentati dei problemi di ricezione.

Nel primo controllo, sul vertice di Sella di Corno (N.139701), è stata rilevata un'immediata corrispondenza tra le coordinate planimetriche fornite dalla monografia IGM e quelle fornite dalla stazione rover.

Terminata questa prima acquisizione, è stata avviata la connessione alla rete di stazioni permanenti della Regione Umbria con la quale non si è riusciti ad ottenere una soluzione di tipo "fixed" a causa della distanza eccessiva del punto alle stazioni prossime al confine con l'Abruzzo e si è tentata la connessione alla rete RESNAP-GPS.

Il secondo controllo sul vertice San Vittorino (N. 139902) ha nuovamente portato ad un riscontro nelle coordinate planimetriche, l'acquisizione dei dati è stata effettuata con la rete della Regione Abruzzo con soluzione "fixed" e con la rete della Regione Umbria con soluzione "float" ed anche in questo caso si è tentato l'aggancio alla rete RESNAP-GPS.

In una nuova sessione di misura è stato effettuato il controllo sul vertice di Poggio di Roio (N.6717) che, come gli altri, è stato soddisfacente per quanto riguarda le coordinate planimetriche; a differenza dei casi precedenti per questo punto si è utilizzata anche la rete RESNAP-GPS con soluzione di tipo "fixed". A differenza dei precedenti casi per la comparazione delle coordinate è stato necessario eseguire una trasformazione di datum poiché la suddetta rete è stata inquadrata nel sistema di riferimento Igb00, mentre le coordinate dei centrini sono espresse nel sistema ETRF89. La conversione è stata effettuata usando il file Excell messo a disposizione dall'università "La Sapienza". In tabella 1 sono riportate le differenze tra le coordinate piane nel sistema UTM WGS84 misurate utilizzando la rete regionale e quelle riportate in monografia: si nota che sono comprese tra 0cm e 3cm.

	Coordinate MONOGRAFIA UTM WGS-84		Coordinate RETE ABRUZZO UTM WGS-84		ΔN	ΔE
	N	E	N	E		
IGM 139701	4691825,96	350256,38	4691825,95	350256,41	0,01	-0,03
IGM 139902	4695620,48	361375,88	4695620,46	361375,88	0,02	0,00
6717	4687946,26	366518,86	4687946,25	366518,87	0,01	-0,01

Tabella 1 – Differenze delle coordinate rilevate con la rete regionale

Per quanto riguarda la quota ellissoidica non è stato possibile avere una veloce comparazione in quanto era presente un sistematismo sul software di non veloce identificazione. Superato il problema si è presentata una buona corrispondenza tra la quota IGM95 ed RTK.

Queste prove hanno messo in evidenza che il software di gestione del rilievo non corregge in modo automatico la misura della quota del valore dell'altezza strumentale producendo così un errore sistematico anche metrico.

Conclusioni

La sperimentazione condotta permette di fare importanti considerazioni riguardo l'utilizzo di una rete di stazioni permanenti GPS come quella realizzata dalla Regione Abruzzo. Il sistema presenta indubbiamente elevata stabilità ed affidabilità: le misure effettuate hanno confermato che si ottengono le coordinate planimetriche dei punti con precisione centimetrica in pochissimi secondi e con una strumentazione molto più economica. Allo stato attuale le precisioni delle quote ellissoidiche ancora non hanno raggiunto valori soddisfacenti.

Il presente lavoro ha messo in evidenza, però, quelle che da parte degli autori sono considerati aspetti che potenzialmente possono vanificare i grandi vantaggi offerti da questo servizio. Infatti la funzionalità del sistema VRS si basa sulla disponibilità di una connessione GPRS che sia stabile e che assicuri un minimo di velocità di trasmissione dati almeno sufficiente per ottenere le correzioni differenziali. Questo aspetto è sicuramente da imputare agli operatori di telefonia mobile che forse ancora non sono in grado di garantire uno standard sulla qualità del servizio. Indubbiamente la prossima disponibilità di nuovi servizi per la connessione senza fili wireless o wi-fi permetterà di superare i limiti detti e quindi consentirà di sfruttare a pieno gli innumerevoli vantaggi delle reti di stazioni permanenti.

Si sottolinea l'importanza della gestione della rete in quanto la Regione diventa un "dispensatore" di datum e quindi è importante un controllo di qualità.

Bibliografia

Cina, A., Manzino, A., Piras, M., Roggero, M. 2004. Rete test in Piemonte, impianto e risultati. *Bollettino della Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia*. vol. 2/04 pp. 77-94 ISSN: 1721-971X

Kaniuth, K., Stuber, K. 2002. *The Impact of Antenna Radomes on Height Estimates in regional GPS networks*. IAG Symposia, 101-106, Springer Verlag.

Roggero, M. 2004. *Reti di stazioni GPS permanenti per il posizionamento geodetico*, Ph. D. Thesis, Politecnico di Milano, 2004.

Bibliografia da Rapporti tecnici:

Radio Technical Commission for Maritime Services, Sixteenth Committee Draft: RTCM recommended standards for differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) service, future version 3.0 – Under development by RTCM special committee no. 104 – RTCM paper 74-2002/SC104-284, 30 maggio 2002.

Braun, J., Rocken, C., Johnson, J. 1994. Consistency of High Precision GPS Antenna. UNAVCO/UCAR Technical Report, July.

Bibliografia da siti web:

Schmitz, M., Wübbena, G. 2001. Remarks on Effects of SCIS Radome on Phase Centre Variation. Web Publication, <http://rincon.gps.caltech.edu/SCIGN/radomes/>, April.

Cina, A., Manzino, A. 2003. Studio di fattibilità per l'istituzione di una rete di stazioni permanenti GPS nella regione Piemonte, 2003. http://gis.csi.it/repertorio/v3/pia/SettCart_areadownload.htm

Bibliografia da atti di convegni:

Schwarz, K. P., Li, Z., El-Mowafy, A. 1993. GPS Multipath Detection and Reduction using Spectral Technique, IAG General Meeting, Beijing, China, 9-13 August.

Biagi, L., Sansò, F., Scuratti, M., Laffi, R., Novembre, C., 2003. Il Servizio Regionale di Posizionamento per la Lombardia, in 7° Convegno Nazionale ASITA, Verona, 28-31 ottobre 2003.

Cina, A., Manzino, A., Piras, M., Roggero, M. 2003. Stima di correzioni differenziali nel posizionamento GPS Multi Reference Station, in 7° Convegno Nazionale ASITA, pagg.761-770, Verona, 28-31 ottobre 2003.

Cina, A., Manzino, M., Roggero, M. 2004. Multistation estimating of GPS signal atmospheric delays by undifferenced observations. XXth International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Congress, 14-23 July 2004, Istanbul.

Sanna, G., Vacca, G. 2005. Field test of the GPS+GLONASS RTK at the Cagliari Permanent Station Via Internet. 6° Settimana Geomatica Barcellona. 8 - 11 Febbraio 2005 Deposito legale B-8737-2005.

Radicioni F., Stoppini A., Fastellini G. 2007 Reti di stazioni permanenti GNSS e servizi di posizionamento su scala regionale- Cartographica.

Barbarella M., Dominici D., Pinto L. 2006 Progetto di una rete di stazioni permanenti GPS nella regione Abruzzo- 10° Convegno Nazionale Asita Bolzano.

SISTEMA TERMINALE UTENTE/LOCAL ELEMENT PER IL POSIZIONAMENTO NRTK/EGNOS IN AMBIENTE URBANO

Fabrizio DOMINICI (*), Ambrogio M. MANZINO (**),
Gianluca MARUCCO (*), Chiara PORPORATO (**)

(*) NavSAS Group - Istituto superiore Mario Boella (ISMB) Via P. C. Boggio, 61 10138 Torino (Italy).
tel. +39 (011) 227.6417; fax. +39 (011) 227.6299; mail: dominici@ismb.it

(**) Politecnico di Torino, DITAG Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino (Italy),
tel. +39 (011) 564.7675; fax. +39 (011) 564.7699; mail (ambrogio.manzino; chiara.porporato)@polito.it

Abstract esteso

Oggigiorno esistono e si impiegano diversi sistemi di miglioramento (augmentation) per realizzare il posizionamento GNSS. Tali sistemi possono essere suddivisi in: sistemi di terra (Ground Based Augmentation Systems, GBAS) che distribuiscono localmente le correzioni differenziali come, per esempio, la rete di stazioni permanenti Piemontese gestita dal Politecnico di Torino e sistemi satellitari (Satellite Based Augmentation Systems, SBAS) che distribuiscono le correzioni su una vasta area: a livello europeo si può citare EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). In queste pagine si intende presentare il progetto, lo sviluppo ed i primi test di un sistema professionale per il posizionamento RTK/EGNOS in ambienti ostili, come quello urbano. La particolarità del sistema è di essere centralizzato e basato sul concetto di Local Element: un componente di terra che ha lo scopo di migliorare le prestazioni della tecnologia GNSS. La soluzione architettonica che viene proposta permette lo sfruttamento ed il test dei diversi sistemi di miglioramento della posizione in ambiente urbano basandosi sul Local Element che è collegato, tramite una rete di comunicazione, alle unità mobili, cioè i terminali utente. Nel caso specifico il terminale utente è stato realizzato con un computer portatile ed un ricevitore GPS professionale a singola frequenza il DG14 della Magellan.

La gestione del sensore è totalmente affidata ad un algoritmo di calcolo che viene eseguito sul personal computer. Questo software è stato completamente sviluppato dagli autori e premette una gestione estremamente flessibile del sensore e delle correzioni differenziali rese disponibili dal LE. Quest'ultimo costituisce l'interfaccia del sistema sia verso la rete DGPS/RTK che verso il sistema EGNOS. Il LE, infatti, è collegato via seriale al DG14, da cui riceve i dati grezzi d'osservazione e alla rete di stazioni permanenti dal cui attinge le correzioni differenziali. Il sistema implementato permette, quindi, di effettuare il calcolo della posizione presso il LE mediante algoritmi sviluppati dagli autori, utilizzando i dati grezzi forniti dal sensore e le correzioni differenziali. Questa caratteristica permette di testare differenti strategie di posizionamento in parallelo. Inoltre, il sistema permette di sfruttare diverse infrastrutture di comunicazione basate su diverse tecnologie come GPRS, mesh networks, TETRA e Digital Mobile Radio (DMR).

Di seguito si descrivono le prime prove eseguite e le analisi condotte per testare il sistema e definire eventuali possibili ampliamenti-modifiche della sua struttura

Le prove condotte in modalità diretta (l'applicazione della correzione differenziale avviene direttamente ad opera del ricevitore), effettuate in ambiente urbano ed extra-urbano, sono state realizzate impiegando il ricevitore singola frequenza DG14 ed un ricevitore geodetico, il 1200 della Leica, entrambi collegati alla stessa antenna mediante l'uso di uno splitter.

Il dato post-processato del ricevitore Leica ha fornito la traiettoria di riferimento con cui confrontare i dati acquisiti con il ricevitore DG14, valutarne la qualità e capire se è ipotizzabile l'impiego di

questo ricevitore in rilievi di precisione in sostituzione del doppia frequenza. La particolarità di detto ricevitore è duplice: riesce a fissare l'ambiguità, pur essendo uno strumento a singola frequenza e mantiene una buona precisione anche nel caso di ambiguità non intera. Nonostante ciò le prove mostrano che, quando il ricevitore è impiegato in ambiente urbano la precisione del dato RTK ottenuto peggiora. Le differenze calcolate rispetto al dato di riferimento si mantengono, comunque, inferiori al metro per ambiguità di tipo fix. Muovendosi in canyon urbani è molto più frequente si verificano posizionamenti RTK di tipo float rispetto a quelli di tipo fix. La precisione di questi dati registrati è peggiore, ma probabilmente per carenze di capacità di calcolo in tempo reale. In post processamento, infatti, si riscontra un considerevole incremento di precisione con gli stessi dati: gli scarti ottenuti sono contenuti. Inoltre, dal confronto fra le posizioni ottenute post-processando i dati dei due ricevitori si ha la conferma dell'elevata dipendenza della qualità del posizionamento dal parametro HDOP.

In rilievi cinematici realizzati in ambienti aperti (fuori dai centri urbani) e con velocità di crociera contenute (non superiori agli 70 km/h) impiegando il solo ricevitore DG14, adottando l'accorgimento di acquisire per qualche epoca (10-15 minuti) in modalità statica per permettere il fissaggio dell'ambiguità, si sono ottenute posizioni di tipo fix e raggiunte precisioni elevate che presentano scarti esigui rispetto al dato post-processato dello stesso Magellan. Le posizioni di tipo float registrate in questo caso e sempre in condizioni di open sky hanno precisione inferiore a quelle con ambiguità fissata ma comunque buona e adatta a impieghi di navigazione stradale.

La struttura dell'architettura impiegata per realizzare le prove in modalità inversa utilizza una componente software (splitter software) che funge da divisore per il flusso dati GPS proveniente dal solo ricevitore impiegato (il DG14) e invia, tramite collegamento IP/TCP, i dati a ciascun UT in modo che ciascuno possa realizzare una propria modalità di posizionamento.

I vantaggi principali che l'impiego di questa architettura nel posizionamento comporta, riguardano principalmente le applicazioni alla navigazione in canyon urbani. In città, infatti, spesso a causa degli ostacoli presenti è facile che il collegamento per la ricezione delle correzioni differenziali non sia così stabile. La continua interruzione della ricezione del messaggio di correzione comporta la registrazione di dati frammentati e determina un susseguirsi di dati di tipo Stand Alone (SA) e float. Inoltre, nel caso di correzioni SBAS, in ambiente urbano è quanto mai difficile essere in condizioni di visibilità tale per cui sia possibile realizzare un posizionamento EGNOS corretto.

Le prime prove eseguite in modalità inversa sono avvenute sia in ambiente urbano che in condizioni di *open-sky*. Per condurre le analisi, anche in questo caso, si è anche impiegato un ricevitore doppia frequenza per avere una traiettoria di riferimento. Dallo studio dei primi risultati ottenuti si possono già dedurre alcune considerazioni. In rilievi realizzati in tangenziale in modalità RTK, dove per la velocità di crociera è elevata la perdita di fissaggio di ambiguità di fase, dovuta alla presenza di viadotti, o della sola cartellonistica stradale, risulta quasi irrecuperabile e vengono, quindi, registrati dati SA, l'impiego della modalità inversa DGPS risulta essere vantaggiosa perché fornisce un dato più continuo, perché non condizionato dai problemi di perdita del segnale a cui si è fatto cenno, e con precisione maggiore di quella dei dati SA. Le applicazioni realizzate con il LE operante in modalità EGNOS hanno fornito una quantità di posizionamenti, sia in ambienti urbani che extra-urbani, soddisfacenti e, a volte, superiore a quella DGPS.

Ad oggi sono ancora in fase di progetto altre prove che hanno lo scopo di confrontare fra loro la qualità del posizionamento DGPS realizzato in modalità diretta e inversa e testare ulteriormente la struttura progettata.

Bibliografia

Manuela Gianola, Fabrizio Dominici, Antonio Defina, Paolo Mulassano (2007), "Performance of a GPS Mass Market Receiver in an Augmented Local Element Architecture", ENC-GNSS 2007, Geneva, Switzerland, 29 May - 1 June 2007.

Thales Magellan DG14 WebSite

B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, J. Collins, *GPS Theory and Practice*, Springer Wien New York, ISBN: 3-211-83534-2.

COSTRUZIONE DI UN'ONTOLOGIA PER LO SVILUPPO DI APPLICAZIONI SEMANTICHE IN CAMPO GEOGRAFICO

Gianni DORIA (*), Mauro VELLUTO (*)

(*) CSI-Piemonte-Direzione SIT, c.so Tazzoli 215/12B – 10137 Torino,
tel. +39-011-3169711, fax +30-011-316821

Sommario

L'interoperabilità tra SI richiede uno sforzo finalizzato alla condivisione del significato dei dati scambiati. Il presente articolo propone un percorso che, partendo dall'utilizzo dell'analisi ontologica per la costruzione di una base di conoscenza territoriale condivisibile, arriva a descrivere alcuni elementi utili per un suo utilizzo concreto attraverso una sperimentazione nell'ambito della protezione civile.

Abstract

Interoperability of Information Systems requires a commitment aimed at sharing the meaning of exchanged data. The proposed paper suggests a way that, starting from the use of ontological analysis aimed at sharing territorial knowledge bases, describes some elements suitable for concrete testing in a specific field: the Civil Protection.

Introduzione

Una delle maggiori criticità legate alla progettazione e alla gestione di Sistemi Informativi (SI) deriva dal fatto che spesso i processi di produzione di informazioni utili, richiedono in partenza l'utilizzo di dati eterogenei da diversi punti di vista. Vogliamo considerare un livello di eterogeneità insito nel fatto che ogni entità del mondo reale assume significati diversi a seconda dell'interesse o del punto di vista di chi la considera. Questo ovviamente vale anche per tutti gli attori di un SI dal gruppo di progettazione agli utenti, siano essi privilegiati, sporadici o potenziali. Tra questi significati, solo alcuni sono resi formalmente espliciti nelle informazioni del SI. Alcuni concetti di livello 'generale' appartengono al cosiddetto senso comune, e risultano noti a chiunque, anche se non formalizzati in alcun modo. Immaginiamo un SIT che rappresenti la base conoscitiva dello stato delle risorse idriche di un territorio: esso permette ad un utente, che faccia riferimento ad un proprio bagaglio di nozioni di senso comune di leggere come espliciti alcuni significati in realtà impliciti: l'incrocio di un tratto di fiume con una strada rivela la presenza di un attraversamento non esplicitamente rappresentato, così come la non inclusione di un terreno edificabile all'interno delle aree di rispetto può smascherare una *forzatura* amministrativa.

Ovviamente quello stesso tratto di fiume nella realtà è qualcos'altro e su di esso possiamo dire che ha alcune caratteristiche fisiche, una dimensione lineare, una larghezza media, una portata media, la sua superficie ha un certo colore, le sue acque hanno una determinata composizione chimica, ecc. Ognuna di queste caratteristiche non è statica, ma cambia nel tempo, ed esercita un'influenza biunivoca sugli altri elementi del territorio (pensiamo alla composizione chimica). Possiamo aggiungere che esso possiede caratteristiche non fisiche, di tipo emotivo: la sua vista può suscitare sentimenti in chi lo guarda, lo attraversa, o ne ricorda l'aspetto passato. Tutti questi sono significati di senso comune, né formalizzati, né resi in alcun modo espliciti dal nostro SI. Altri concetti

potrebbero non trovar formalizzazione perché troppo complessi. Cos'è la pressione antropica e come agisce sul fiume? Quale rapporto esiste tra lo sviluppo del territorio e l'azione politica? Quali sono i fattori *esterni* che influenzano quest'ultima?

Certo non è possibile formalizzare ed esplicitare tutti i significati collegabili ad un'entità del mondo reale in ogni possibile situazione. Ciò che invece può essere utile fare è cercare di definirne e rappresentarne formalmente quelli più generali, indipendentemente da ogni contesto specifico, in termini di concetti e relazioni primitive di livello talmente alto da essere universalmente espliciti. Da questa formalizzazione generale, se necessario, si possono far discendere descrizioni di significati di quella stessa entità in contesti particolari, attraverso specializzazioni di dominio, fino a costruire basi di conoscenza coerenti e condivisibili.

L'analisi ontologica

Una via possibile per ottenere questo risultato è un processo che partendo da un'analisi ontologica, porti ad una formalizzazione dei suoi risultati in una ontologia vera e propria.

In questo lavoro non entreremo nel dettaglio delle basi teoriche su cui poggiano le ontologie utilizzate nel ambito dei sistemi informativi. Rimandiamo gli approfondimenti di questi aspetti alla vasta letteratura scientifica di riferimento da cui prenderemo in prestito alcune definizioni utili per fissare alcuni concetti e chiarire meglio i passaggi successivi.

Analisi ontologica: un processo di individuazione e definizione delle distinzioni rilevanti e delle relazioni legate alla natura delle entità appartenenti ad un certo dominio, con l'obiettivo di eliminare l'ambiguità di termini che hanno diverse interpretazioni in diversi contesti. Un'analisi ontologica è prepedeutica alla definizione di un'ontologia

Ontologia: è uno specifico artefatto che esprime il significato inteso di un vocabolario in termini di categorie primitive e relazioni, che descrivono la natura e la struttura del dominio di un discorso. Essa è esprimibile in un linguaggio formale (dal punto di vista informatico).

Ontologia Top Level: descrive concetti molto generali, come lo spazio, il tempo, la materia, gli oggetti, ecc. che sono indipendenti da un particolare problema o contesto.

Ontologie di dominio: descrivono un vocabolario legato ad un certo dominio (la protezione civile, i trasporti, la medicina, ecc.) o ad un obiettivo (la ricerca di documenti sul web, la gestione di un magazzino, ecc.), specializzando gli elementi introdotti in un'ontologia *top level*.

Ontologie applicative: descrivono concetti che dipendono sia da un certo dominio, sia da un obiettivo particolare. (Guarino 1998).

Tutto questo comporta uno sforzo di analisi supplementare che può apparire non giustificabile rispetto ai benefici ottenibili nell'economia complessiva di un sistema informativo: perché allora sviluppare una ontologia (Noy,McGuinness 2001) e perché farlo all'interno del dominio geospaziale?

Per condividere i significati e la struttura delle informazioni fra fruitori:

Il panorama dei servizi informativi oggi disponibili varia da quelli basati su Web, come ad esempio i WFS definiti dalla OGC a quelli in cooperazione applicativa definiti da CNIPA. Se diverse fonti informative che trattano argomenti correlati condividono la stessa ontologia alla base dei termini che usano, sarà allora possibile realizzare nuovi servizi in grado di estrarre e aggregare informazioni da queste fonti eterogenee. Nuove applicazioni potranno utilizzare queste informazioni aggregate. La costruzione di basi di conoscenza condivisibili è il primo passo per costruire sistemi realmente interoperabili. In linea generale l'interazione tra sistemi implica problemi di tipo sintattico e semantico. Le questioni sintattiche sono risolvibili tecnologicamente anche grazie a molti standard a supporto; ma per quanto riguarda la condivisione del significato delle informazioni soffriamo la mancanza di standardizzazione. Su questo filone di attività CNIPA intende promuovere la definizione di ontologie alla base dei servizi in cooperazione applicativa erogati dalle PA centrali e locali.

Per consentire il riutilizzo delle conoscenze di dominio

Il riutilizzo della conoscenza di dominio è una delle motivazioni principali della attuale ricerca sulle ontologie. Rispetto a questa esigenze molte sono le iniziative di definire in modo formale e coerente gli aspetti più generali in modo da poter essere quindi riutilizzati in ambiti più specifici: diversi domini necessitano di rappresentare il concetto di tempo comprendendo le nozioni di intervalli di tempo, i punti in tempo, misure di tempo, e così via, analogamente per il concetto di spazio con le relative nozioni geometriche e topologiche. Nella progettazione della ontologia intendiamo integrare diverse ontologie pre-esistenti che descrivono porzioni del dominio: se queste ontologie sono fondate su una visione coerente dei concetti comuni, il pericolo di introdurre incongruenze nella base di conoscenza è mitigato. Purtroppo il filone di progetti orientato a definire ontologie di alto livello è così ricco da rendere dispersivo anche il mero elenco dei progetti più significativi.

Per rendere esplicite le assunzioni di dominio

Rendere esplicite le assunzioni di dominio che sottostanno una particolare applicazione rende possibile cambiarle facilmente qualora la nostra conoscenza cambiasse. Viceversa codificare tali assunzioni in procedure rende tali assunzioni non solo difficili da scoprire e comprendere, ma anche onerose da modificare. Una specificazione esplicita della conoscenza di dominio è utile agli utenti che devono imparare cosa il vocabolario di dominio significhi.

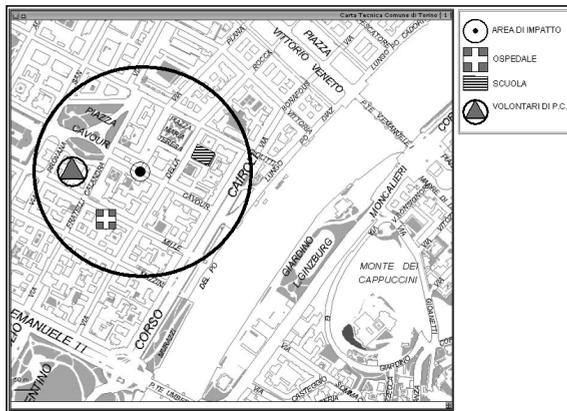
Per separare la conoscenza del dominio dalla conoscenza operativa

La conoscenza operativa è quella che permette di svolgere una particolare compito, la conoscenza di dominio è invece l'ambito in cui il compito è svolto: se è possibile descrivere il compito in forma dichiarativa indipendentemente dall'ambito in cui questo è condotto allora potremmo costruire agenti generalizzati che sappiano svolgere lo stesso compito in ambiti diversi. Compiti di ricerca di cammini in un grafo o il calcolo delle relazioni spaziali potrebbero essere descritti come forme di conoscenza operativa ricorrenti nei contesti geografici.

Per analizzare la conoscenza di dominio

L'analisi della conoscenza di dominio è possibile una volta che sia resa disponibile una specificazione dichiarativa dei termini. L'analisi formale dei termini è estremamente preziosa sia per il riutilizzo delle ontologie sia per estenderle.

Una sperimentazione nel campo della Protezione Civile



Prendiamo ora in considerazione uno specifico dominio: la Protezione Civile. Un caso particolarmente interessante rispetto a quanto detto finora perché tipicamente i Sistemi Informativi Territoriali ad essa dedicati attingono dati da altri SI (quindi acquisiti e utilizzati in contesti diversi) ponendo in l'overlay, per la costruzione dello scenario di un evento calamitoso, le informazioni territoriali riferite a: ambito interessato dall'evento, caratteristiche fisiche del territorio colpito, fonti di rischio, bersagli e risorse. Consideriamo una mappa prodotta dalla componente geografica di un

siffatto SIT, come quella riportata in figura, che rappresenta lo scenario di rilascio di una sostanza tossica in un'area urbana. L'ambito è rappresentato da una porzione di carta tecnica comunale, da cui è possibile ricavare il grafo della viabilità della zona coinvolta, mentre all'interno dell'area di rilascio è evidenziata la presenza di alcuni elementi di rilievo: un ospedale (di cui conosciamo il numero complessivo di posti letto e la presenza di un pronto soccorso), una scuola (di cui conosciamo ordine e numero di studenti iscritti), la sede di un'associazione di volontari di protezione civile (di cui conosciamo il numero di aderenti, e l'elenco dei relativi materiali e mezzi disponibili). I significati espliciti ricavabili sembrano delineare una situazione piuttosto chiara per un generico lettore della carta: siamo in presenza di un evento che ha colpito bersagli umani importanti da mettere in sicurezza o evacuare al più presto, utilizzando la viabilità disponibile: gli alunni della scuola e i pazienti dell'ospedale innanzitutto, oltre a tutti i residenti nella zona dell'impatto. Per fare questo disponiamo di una risorsa, costituita dai volontari, impiegabili nelle prime fasi successive all'evento, vista la posizione della loro sede. Ma, mettendoci nei panni di un ipotetico utente privilegiato del SI, ad esempio un esperto di materia, responsabile del coordinamento dei soccorsi, scopriamo alcuni limiti importanti dell'informazione prodotta, che rendono la mappa in questione complessivamente poco utile. Ad esempio, nel caso in cui l'incidente sia avvenuto durante un giorno festivo, oppure di notte, non dovremmo più preoccuparci di evacuare gli alunni, perché la scuola sarebbe vuota. L'ospedale poi, una volta trasferiti i pazienti (cosa più semplice se la struttura ha un proprio piano di emergenza specifico), potrebbe fornire attrezzature e personale per un eventuale posto medico avanzato, posizionato al di fuori dell'area di impatto per fare un primo *triage* dei feriti e stabilizzare i più gravi prima del trasporto in strutture più sicure. I volontari poi non è detto che si rivelino una risorsa: nel caso in cui essi non siano attrezzati per affrontare un evento di questo tipo, ognuno di essi è di fatto un bersaglio, mentre nel caso di rilascio di sostanze non particolarmente pericolose, i residenti nella zona, se tempestivamente informati dai mezzi di comunicazione, restando in casa e adottando alcune semplici precauzioni possono anche non correre pericoli. La viabilità infine è un vero rebus: le strade coinvolte sono risorse, ovvero vie utilizzabili per evacuare i bersagli o far affluire i soccorsi, oppure fonti di pericolo, nel caso in cui, bloccate dal traffico si rivelino un impedimento alle operazioni di soccorso? In sintesi, possiamo dire che ognuno degli elementi territoriali rappresentati dalla mappa ha caratteristiche proprie indipendenti dall'incidente, ma in presenza di un evento può rivestire uno o più ruoli differenti (bersaglio, risorsa, fonte di pericolo), in funzione delle proprie caratteristiche peculiari, delle relazioni topologiche con altri elementi, della natura dell'incidente, del tempo, fino ad arrivare a fattori apparentemente lontani, come la sensibilità delle amministrazioni pubbliche, che portano ad investire in previsione e prevenzione (il piano di emergenza dell'ospedale, o le procedure di informazione alla popolazione). Ciò che manca al SI per rendere realmente utili dati nati in contesti diversi in un'applicazione di questo tipo è uno schema complessivo, che espliciti e formalizzi ciò, legando coerentemente le caratteristiche generali degli elementi territoriali con le regole e i significati più specifici del dominio in questione. L'idea progettuale alla base della sperimentazione consiste quindi nel costruire una base di conoscenza attraverso una gerarchia di ontologie partendo da un'ontologia *top level*, integrata con una ontologia geografica, descrivendo poi il dominio attraverso l'utilizzo di una specifica ontologia di settore, riusando ai nostri scopi quanto più possibile dell'analisi ontologica compiuta in seno alle comunità.

Le scelte ontologiche

Di seguito descriviamo le ontologie scelte per la sperimentazione:

Ontologie *top level*: abbiamo scelto di riferirci a DOLCE (Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering), realizzata dall'ISTC-CNR -Istituto per le Scienze e le Tecnologie Cognitive (<http://www.loa-cnr.it/DOLCE.html>) che offre garanzie di rigore e completezza tali da renderla un interessante punto di riferimento di livello 'alto' per esplicitare assunzioni presenti in differenti ontologie di dominio. Nel nostro caso risultano particolarmente interessanti alcune classi e relazioni descritte. La classe *perdurant*, ad esempio contiene entità costituite da parti spaziali e

temporali che possono evolvere, esattamente come nel caso di un evento calamitoso in protezione civile. La classe dei *physical objects* contiene invece elementi reali, dotati di identità univoca, che possono avere qualità fisiche, non necessariamente costanti nel tempo, esattamente come nel caso degli elementi territoriali. Tra queste qualità non costanti possiamo pensare al 'ruolo' assunto durante un evento a cui gli elementi partecipano attraverso una delle relazioni definite in Dolce (*partecipant in*). Altra classe importante è quella di *abstract*, che ha tra le sue sottoclassi quella definita come 'regione spaziale', che nel nostro caso può contenere la descrizione, in termini di classi e relazioni, dello spazio topologico 'cartografico', i cui elementi sono le rappresentazioni cartografiche degli elementi territoriali.

Le Geo ontologie Una delle caratteristiche salienti dei SIT è la loro capacità di sfruttare le relazioni topologiche tra entità, al fine di far emergere nuove relazioni. Come le relazioni topologiche influenzano il significato dell'informazione? Qual'è lo status ontologico delle relazioni topologiche? Ha senso considerare come delle proprietà primitive o è più conveniente o più coerente considerare la Topologia come una componente operativa della conoscenza? (Dolbear e Hart 2008). Una topologia persistente è ancora la rappresentazione di una conoscenza operativa? La posizione fisica o la forma sono proprietà essenziali di ogni entità reale: in quali condizioni possono essere usate come costituenti l'identità? In sintesi, ci sono molti interrogativi a cui speriamo di dare una risposta senza pretese di universalità ma con il requisito della riutilizzabilità. Nella indagine circa il reperimento di componenti riutilizzabili per la definizioni di ontologie abbiamo cercato le controparti semantiche agli standard geografici di riferimento quali, ad esempio l'Iso tc211, e a quelli promossi dall'OGC poiché questi definiscono, anche se non formalmente, un vocabolario condiviso dei concetti comuni del dominio geospaziali. È notevole l'iniziativa del Geospatial Semantic Web promossa da OGC (<http://www.opengeospatial.org/projects/initiatives/gswie>) i cui obiettivi sono quelli di avviare la formulazione di una ontologia geospaziale e di estendere le specifiche dei servizi WFS affinché possano erogare informazioni codificate in OWL e accettare richieste sotto forma di interrogazioni semantiche.

All'interno di W3C il Geospatial Incubator Group (<http://www.w3.org/2005/Incubator/geo/>) ha affrontato i problemi relativi all'ubicazione geografica. I campi di attività del gruppo consistono nell'aggiornamento del vocabolario W3C GEO, e la formulazione di proposte per raccomandazioni per una più completa ontologia geospaziale. L'ente cartografico britannico Ordnance Survey (<http://www.ordnancesurvey.co.uk/oswebsite/ontology/>) ha attivato una iniziativa volta a definire gli aspetti ontologici delle informazioni spaziali e pubblica alcune ontologie con lo scopo di migliorare fruizione delle informazioni territoriali distribuite.

In ambito strettamente italiano all'interno dell'iniziativa Intesa Gis la questione di una possibile ontologia geospaziali è stato affrontato in (IntesaGIS 10013) che sostiene che sia "necessaria una attività di approfondimento dell'ontologia dei contenuti e soprattutto di quella delle diverse realtà del mondo dei Sistemi Informativi Territoriali e dell'elaborazione geografica per la realizzazione di un approccio ontologico alla gestione del Data Base, sia a fronte del suo stendersi alle varie applicazioni, sia ad una sua apertura alla comunità europea e mondiale." E' chiaro che le specifiche di contenuto Intesa potrebbero costituire una base comune ai fruitori e fornitori nazionali su cui costruire servizi fortemente interoperabili.

Ontologia di dominio: per specializzare l'ontologia *top level* descrivendo concetti e relazioni tipici del dominio della protezione civile, abbiamo utilizzato un'ontologia definita dall'Istituto per la Protezione e Sicurezza dei cittadini del Centro Comune di Ricerca dell'Unione Europea (JRC) nell'ambito di un accordo quadro stipulato con la Regione Piemonte, finalizzato alla redazione del "Programma Regionale di Previsione e Prevenzione dei Rischi". L'obiettivo generale del progetto era la definizione di uno schema generale di acquisizione delle informazioni sul quale basare lo sviluppo di un Sistema Informativo a supporto delle attività di protezione civile. Il percorso del progetto, dettato da un interessante schema metodologico, è partito con un'analisi particolareggiata del contesto in cui agisce la Protezione Civile e delle sue funzioni, basata sullo studio del corpo normativo riguardante le disposizioni in materia. Questa prima fase, assimilabile in qualche modo

ad un'analisi ontologica, seppur molto orientata all'obiettivo del progetto, ha portato ad una definizione del dominio e all'identificazione di alcune condizioni al contorno che hanno permesso di individuare le tipologie di informazioni rilevanti e formalizzarle in un'ontologia che risulta particolarmente interessante per i nostri scopi in virtù di un'organizzazione delle informazioni ispirata allo schema logico di definizione di rischio, in particolare l'aggregazione degli elementi nelle classi *componenti del rischio* e *valutazione del rischio* (Di Mauro et al. 2005). Della prima abbiamo utilizzato:

- la struttura delle sottoclassi della classe 'fenomenologia incidenti per la stima degli effetti primari', in cui gli eventi calamitosi sono organizzati tassonomicamente secondo le fenomenologie con cui si presentano e non, come di solito accade, secondo una classificazione delle relative fonti di rischio. Nella nostra ontologia generale, quindi, le classi fenomenologiche dell'ontologia di JRC sono diventate sottoclassi della classe '*perdurant*' di DOLCE, ereditandone tutte le proprietà.

- la struttura delle sottoclassi della classe 'elementi esposti', nella nostra ontologia generale sono diventate le sottoclassi della classe '*physical object*' all'interno delle quali sono organizzati gli elementi territoriali.

Della seconda invece la classe 'analisi del rischio' è diventata, nell'ontologia generale una sottoclasse di non *physical enduring*, che permette la descrizione degli elementi concettuali che contribuiscono alla definizione del concetto di rischio, tra cui aspetti psicologici e politici.

Il collegamento con i dati Una volta descritto il nostro dominio di conoscenza resta la necessità di convertire l'informazione contenuta nei dati in una forma di conoscenza coerente in modo che un motore di interrogazione semantico o un ragionatore possa accedervi. Il modello logico per la rappresentazione dell'informazione usato nel web semantico consiste essenzialmente di un'insieme di triple <oggetto, predicato, oggetto>. Tale modello implementato (RDF) è alternativo al modello relazionale usualmente impiegato per la gestione delle basi dati. Per far confluire nella base di conoscenza i dati *legacy* è necessario quindi una loro ricodifica. In seguito al maturare delle tecnologie del Web Semantico vi è una crescente necessità di accedere ai contenuti di basi dati relazionali senza dover replicarne l'intero contenuto. Le soluzioni oggi disponibili sono generalmente basate su un formalismo che permette di descrivere come le informazioni contenute in una base dati relazionale siano interpretabili come triple RDF. La specifica di conversione da tabelle a RDF è assimilabile ad una descrizione delle informazioni contenute nella base dati ed è facilmente esprimibile attraverso una specializzazione RDF: si veda ad esempio (Bizer e alt.2007), (Barrasa e alt.2004). Le triple estratte dalla base dati possono essere virtualmente importate nella ontologia e costituire una base di conoscenza completa su cui è possibile condurre interrogazioni o inferenze.

Riferimenti e risorse

J.Barrasa, Ó.Corcho, A.Gómez-Pérez 2004 "*R2O an Extensible and Semantically Based Databaseto-ontology Mapping Language*"

C. Bizer ,R. Cyganiak ,J. Garbers , O. Maresch 2007 "Treating Non-RDF Relational Databases as Virtual RDF Graphs"

Di Mauro C. et al. 2005, "*Definizione degli standard di acquisizione delle informazioni a supporto delle attività di Protezione Civile – Rapporto Finale*", pp 17-21 (http://www.regione.piemonte.it/protezionecivile/images/PDF/rapporto_apr05.pdf)

C.Dolbear, G.Hart 2008 "*Ontological Bridge Building - using ontologies to merge spatial datasets*" in proceedings of the AAAI Spring Symposium

N.Guarino 1998, "*Formal Ontology in Information Systems*". Proceedings of FOIS'98, Trento, Italy, 6-8 June 1998", Amsterdam, IOS Press, pp. 3-15.

[IntesaGIS 10013] "Stato dell'arte e linee di sviluppo" <http://www.cnipa.gov.it/>

N.F.Noy, D.L.McGuinness 2001 "*Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*"

ATTIVITÀ DI SORVEGLIANZA IDRAULICA E MONITORAGGIO

Pasquale EVANGELISTA (*)

(*) Abruzzo Engineering, via S. Andrea n. 3 67100 L'Aquila, tel. 0862.4721
e-mail: p.evangelista@abruzzoengineering.com

Riassunto: Il presente progetto nasce dalla necessità di sviluppare programmi organici di manutenzione straordinaria e ordinaria del territorio in relazione al rischio idraulico puntando a pianificare gli interventi e dando la prevalenza alla gestione e alla manutenzione dell'esistente all'interno di una visione politica del territorio che valorizzi:

- lo sviluppo di attività permanenti di carattere preventivo;
- un approccio sistemico agli interventi.

In tal senso il progetto in essere è stato pensato allo scopo di realizzare una rete di monitoraggio sul sistema del reticolo fluviale e bacini lacustri di competenza regionale, con indirizzo programmatico sul controllo ambientale, strutturale e idrogeologico.

Abstract: This project results from the need to develop organic programmes of ordinary and extraordinary maintenance of territory in relation to hydraulic risk. In this way Public Administration could plan works, giving prevalence in the operation and maintenance of existing structure within a political vision of the territory which values:

- the development of ongoing preventive activities;
- a systemic approach to works.

In this sense the project was thought to be to achieve a regional monitoring network of rivers and lakes, with address on environmental, structural and hydro-geological checking.

Obiettivi: Il progetto prevede lo svolgimento di mansioni di supporto all'attività dell'Unità Periferica del Genio Civile competente per territorio quali:

- sorveglianza, intervento e controllo dei fiumi in caso di emergenza e allerta da parte della Protezione Civile;
- attività di controllo nella gestione del demanio idrico (Polizia idraulica) attraverso l'individuazione di eventuali opere abusive realizzate lungo le aste fluviali e segnalazione presso il competente Servizio regionale del Genio Civile;
- conoscenza dettagliata e aggiornata delle opere di difesa fluviale a integrazione del catasto delle opere idrauliche già realizzato dalla Regione Abruzzo, tramite sopralluoghi al fine di rilevare le condizioni e le esatte ubicazioni di dette opere;
- indagine integrativa per catasto attraversamenti e altre infrastrutture in aree di pertinenza idraulica;
- monitoraggio delle opere strutturali lungo i corsi d'acqua con eventuale segnalazione delle situazioni di crisi.

Attività di rilevazione in sito: Attività di sorveglianza durante le fasi di emergenza sui tratti di fiume a rischio di esondazione.

La ricognizione sul territorio prevede una intensa attività di verifiche che si articolano in azioni, ciascuna propedeutica alla successiva, al fine di poter determinare un vero e proprio sistema di controllo in tempo reale:

- ricognizione lungo i corsi d'acqua (e sponde lacuali) e relative pertinenze;
- individuazione delle opere antropiche e strutturali (ponti, attraversamenti, briglie, difese di sponda, argini di contenimento, soglie, cunettoni, ecc.);
- ricognizione della vegetazione negli alvei e del grado di impedimento che questa opera nel libero deflusso;
- ricognizione delle condizioni geomorfologiche e idrauliche di rischio (rottture d'alveo, erosione di sponda, scarsa funzionalità delle opere di difesa, ecc.);
- rilievo e segnalazione delle opere abusive presenti nelle aree di competenza fluviale.

Le attività di censimento specifico saranno:

- opere e insediamenti presenti in alveo e nelle relative pertinenze;
- restringimenti delle sezioni di deflusso prodotti dagli attraversamenti o dalle opere esistenti;
- situazioni naturali di impedimento nel regolare deflusso delle acque;
- situazioni di dissesto in atto o potenziale delle sponde o degli argini;
- efficienza e funzionalità delle opere idrauliche esistenti e loro stato di conservazione;
- qualsiasi altro elemento che possa dar luogo a condizioni di crisi.

Durante l'attività di ricognizione sul territorio i tecnici impegnati nel progetto e dislocati presso le unità periferiche del Genio Civile hanno rilevato 25 aste fluviali per un totale di 10.526 schede relative alle opere, alle concessioni, agli attraversamenti nonché alle situazioni di emergenza ambientale.

Nell'anno 2007, come prosieguo del progetto, sono state inoltre portate avanti le seguenti attività:

- realizzazione del Sistema Informativo Territoriale delle Opere di Pertinenza Idraulica;
- monitoraggio e osservazione delle variazioni del livello idrometrico dei fiumi misurati alle stazioni afferenti la rete disponibile, finalizzato alla stima delle portate per il Servizio Idrografico e Mareografico.

Come funziona il sistema di visualizzazione georeferenziale:



Descrizione del progetto



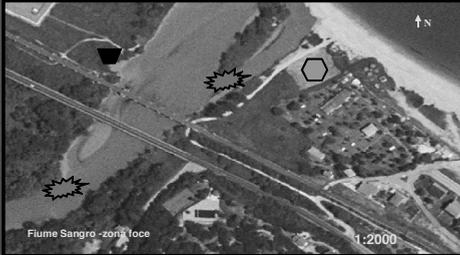
Procedendo con delle operazioni di zoom via via più elevato su una particolare zona di interesse, si può notare che appaiono delle specifiche simbologie legate ad informazioni di maggiore dettaglio sui vari sistemi di dati localizzati sul territorio. In particolare, ciascuna classe di dati, compare a partire da un preciso valore di zoom sulla base della natura della classe stessa. Ad esempio per il sistema geomorfologico fluviale si è scelto un fattore di zoom di partenza pari a 1: 5000

SEGUIE
19



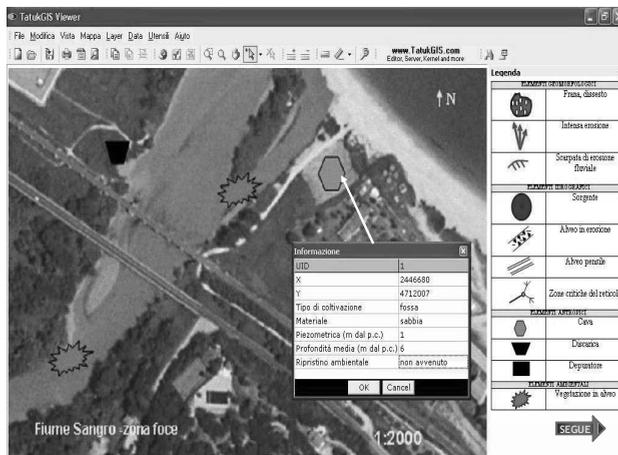
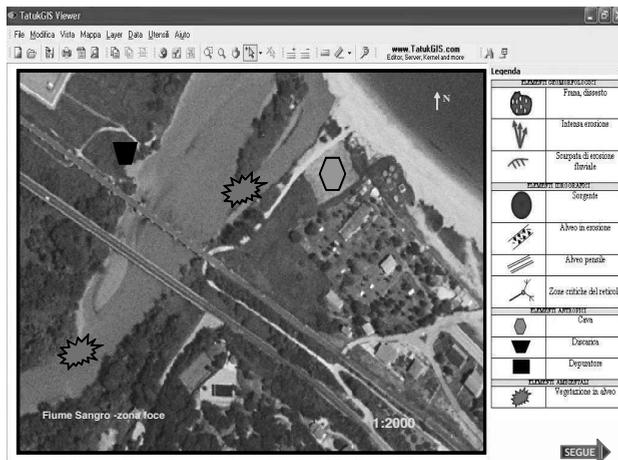
SEGUIE

Descrizione del progetto



Per il sistema antropico si è scelto un fattore di zoom pari a 1: 2000. Il terzo livello di dettaglio corrisponde alla visualizzazione delle informazioni o attributi di ogni dato presente sulla mappa; una volta individuato l'elemento di cui si vogliono avere informazioni, basta selezionare il simbolo con l'opportuno strumento messo a disposizione dal programma per veder comparire una tabella con gli attributi associati. Con poche semplici operazioni è possibile muoversi su un territorio anche molto esteso combinando una vista per macro aree ad una che va ad indagare sulle caratteristiche puntuali del terreno.

SEGUIE
21



CENSIMENTO DEGLI INVASI E CATASTO DEGLI SBARRAMENTI DI RITENUTA

Pasquale EVANGELISTA (*)

(*) Abruzzo Engineering, via S.Andrea n. 3 67100 L'Aquila, tel. 0862.4721
e-mail: p.evangelista@abruzzoengineering.com

Riassunto: L'idea di realizzare il catasto degli sbarramenti di ritenuta (dighe), di competenza regionale e provinciale, nasce dalla necessità di far fronte al bisogno di conoscenza diretta sullo stato dei sistemi di bacino d'accumulo, la loro gestione e utilizzo, nonché la potenziale pericolosità espressa e il rischio in relazione alla presenza antropica a valle degli sbarramenti stessi. Il piano di lavoro presenta la strada per finalizzare e raggiungere un obiettivo tendente a soddisfare la crescente necessità di raccolta, catalogazione e riorganizzazione dei dati territoriali, progettuali e finanziari, inquadrati in un sistema di conoscenza e verifica di pregresso storico e visualizzazione cartografica georeferenziata degli sbarramenti.

Abstract: The aim of this project is to realize an inventory of regional and county dams to know the real state of dams, in terms of their management and use, still less their potential danger related to the human settlement downstream.

Workplan symbolized the way to reach the target to satisfy the increasing necessity of collection, catalogue and reorganization of territorial, planning and financial data. The dam data are stored in a system able to know and verify their previous state and viewed in geographical map.

Obiettivi pianificati: A fronte delle necessità espresse, il progetto rappresenta un'ampia panoramica di verifica che, prendendo in carico un numero consistente di sbarramenti, ha lo scopo di redigere il piano delle attività di rilievo e la conseguente restituzione dei dati catalogati in sistema informativo. In tal modo si è teso a realizzare un sistema di riferimento per il monitoraggio delle opere di sbarramento, considerando le possibili aree a rischio idraulico sottostanti ai volumi invasi. Nel concreto, il progetto ha previsto una schedatura di dettaglio degli interventi eseguiti sul territorio regionale, da restituire in formato digitale e monografico, ottenendo un quadro aggiornato sullo stato di fatto degli interventi, sullo stato di manutenzione e le rispettive funzionalità di ogni complesso ingegneristico visitato.

In ottemperanza alle richieste della committenza, il progetto si è prefissato il raggiungimento di una serie di obiettivi primari:

- avere un quadro conoscitivo approfondito sul numero degli sbarramenti presenti sul territorio regionale;
- verificare le condizioni di stato degli sbarramenti e delle opere accessorie;
- caratterizzare lo stato dei bacini di accumulo dal punto di vista geomorfologico;
- verificare le relazioni con gli interlocutori che hanno la gestione degli sbarramenti e provvedono al loro utilizzo;
- realizzare le indagini conoscitive sugli elementi esposti al rischio a valle degli sbarramenti;
- permettere di valutare qualitativamente lo stato degli interventi.

Lettura tecnica delle schede di raccolta dati: Per raggiungere gli obiettivi sopra elencati, e in considerazione della complessità dei dati richiesti nel progetto, sono state preparate più schede di rilevamento differenziando le informazioni relative ai dati generali, ingegneristici, geomorfologici e di esposizione al rischio.

In particolare sono state predisposte:

- una scheda A dove vengono raccolte le informazioni di tipo amministrativo e dati generali;
- una scheda B relativa ai dati ingegneristici e geomorfologici;
- una scheda C sui dati di esposizione al rischio;
- una scheda D riguardante i problemi strutturali dello sbarramento.

Rilievo fotografico e plansito: Il rilievo fotografico è servito a completare l'attività di sopralluogo presso i siti per meglio inquadrare gli interventi. Pertanto, si è ritenuto opportuno effettuare un adeguato numero di foto sia d'inquadramento dell'area che di porzioni d'intervento. Le foto sono poste a corredo del database e compaiono sul supporto informatico assieme ai relativi interventi georeferenziati. Esse trovano correlazione tramite il codice identificativo di intervento e le relative coordinate di rilevamento in sito.

Medesimo discorso vale per i Plansito che sono il risultato di immagini in formato PDF dell'intervento su cui sono localizzati sia i punti di presa delle foto che i punti GPS battuti.

I Plansito si compongono di cinque restituzioni:

- inquadramento planimetrico territoriale (E1);
- inquadramento fotografico (E2);
- inquadramento geomorfologico (E3);
- planimetria aree a valle e sezioni (E4);
- planimetria dell'invaso e computo dei volumi stoccati (E5).

Relazioni di rilievo: Per ogni sbarramento rilevato è stata redatta una relazione che contiene le notizie generali sull'invaso.

Georeferenziazione: La georeferenziazione dei siti di giacenza degli invasi è stata curata con particolare attenzione, tanto riguardo al posizionamento degli sbarramenti che dei sistemi d'invaso. Essa ha permesso, peraltro, la correzione dei posizionamenti GPS rilevati in sito.

Gli sbarramenti artificiali sono rappresentati con il sistema lineare, con almeno due punti di coordinata (spalla dx e spalla sx) e, quando necessario, sono state rilevate coordinate intermedie (punto di cuspidi e intermedi cuspidi spalla).

Gli sbarramenti naturali hanno un solo punto georeferenziale, preso al centro circa dell'invaso quando di modeste dimensioni, altrimenti seguendo la normale procedura degli artificiali.

Gli invasi derivanti da ambiti naturalmente o artificialmente depressi, che non necessariamente debbono essere annoverati tra le categorie di sbarramento, hanno un sistema di coordinata puntuale.

Valutazioni specifiche sull'andamento del progetto

Rilievo indiretto di primo livello – presso gli Enti gestori: L'attività "rilievo indiretto di primo livello" ha impegnato il personale tecnico di rilevamento e, nella primissima fase, è servita a standardizzare in maniera definitiva la schedatura di tipo A. Nell'ambito di questa attività, i tecnici

sono stati impegnati presso gli Enti detentori di dati ufficiali e gestori. Se ne rende un elenco per dovere di cronaca:

ENEL Produzione, Consorzi di bonifica, Province, Comuni interessati, Acea, Consorzi, Gestori privati.

Rilievo diretto - presso i siti di intervento: L'attività di rilievo svolta presso i siti, utile per la compilazione delle schede B e C, è risultata la fase più complessa del progetto richiedendo adeguata competenza da parte dei tecnici rilevatori, accurata conoscenza delle opere e della loro localizzazione. La presenza di un supporto valutativo competente da parte dei tecnici operanti nel settore (tecnici degli Enti gestori) ha portato a redigere schedature accurate, in relazione ai dati oggettivi rilevabili.

Riepilogo degli sbarramenti rilevati: In questa fase di progetto era inizialmente previsto il rilievo di 185 unità, distinte in 31 di competenza regionale e 154 di competenza provinciale; in realtà sono stati rilevati 44 sbarramenti regionali, 152 sbarramenti provinciali, 5 sbarramenti comunali, per un totale di 201 sbarramenti.

Il sistema di rilievo ha distinto i siti per una prima approssimazione in potenzialità di rischio alto, moderato, basso e nullo; successivamente è stata applicata una metodologia diversa di calcolo del rischio.

Valutazione sul rischio e metodologie adottate

Il rischio dighe in Abruzzo: Il problema del rischio connesso con la presenza nel territorio di dighe e invasi va affrontato considerando gli effetti di due categorie di eventi:

- l'evento antropico, derivante dall'essere, la diga, una modificazione ambientale prodotta dall'uomo;
- l'evento naturale, dovuto al fatto che il manifestarsi di un fenomeno calamitoso ha cause e caratteristiche di andamento simili ai fenomeni di dissesto idrogeologico.

Un riferimento metodologico per la definizione del rischio è il documento "Metodo per la determinazione del rischio potenziale dei piccoli invasi esistenti" proposto dal Dipartimento della Protezione Civile (luglio 1991).

In tale nota si definisce il fattore globale di rischio R, ottenuto come prodotto di tre fattori, in base alla formula:

$$R = A \times B \times C$$

dove:

R, parametro globale di rischio

A, fattore di rischio ambientale

B, fattore di rischio strutturale

C, fattore di rischio umano ed economico

L'intero sistema di calcolo si regge sull'analisi di elementi che possono essere schematizzati come segue:

- fattore A (valutazione di rischio 'Ambientale'), valutabile in rapporto a:

rischio sismico

rischio frane

rischio di tracimazione

rischio legato alle modalità di esercizio (ciclicità di svuotamento);

- fattore B (valutazione di rischio 'Strutturale'), valutabile in rapporto a:
stato di conservazione della struttura
sicurezza della struttura
funzionalità della tenuta
qualità della fondazione
funzionalità degli organi di scarico
affidabilità della conduzione

- fattore C (valutazione di rischio 'Potenziale'), valutabile in rapporto a:
potenziale del volume di invaso
densità di edificazione
presenza di insediamenti significativi per finalità di protezione civile (categorie da proteggere o da attivare)
presenza di insediamenti significativi per quantità di popolazione
presenza di insediamenti significativi per valore.

Il livello di rischio, espresso da un coefficiente, viene calcolato sulla base delle valutazioni attribuite a diversi fattori riguardanti le condizioni ambientali, strutturali e antropiche collegate all'opera in esame a seguito di accertamenti diretti o di consultazione dei documenti tecnici relativi.

La ricerca, effettuata dal Servizio regionale Dighe e unificazione dei procedimenti sulle acque e Abruzzo Engineering, prende le mosse, per ogni sbarramento, da:

- verifica delle dimensioni del bacino,
- tipologia di alimentazione,
- dimensioni dell'opera,
- fattori di rischio presenti a valle.

Essendo il metodo basato sulla speditezza dell'analisi, non viene preso in considerazione l'effetto della piena, che presupporrebbe una valutazione di tipo progettuale, ciò che risulterà fattibile sulla base del rischio previsto dalla proposta di legge regionale sulle dighe.

L'obiettivo è quello di garantire un adeguato livello di sicurezza su tutto il territorio, attraverso uno strumento flessibile che sia proporzionato ai rischi effettivamente posti in essere dalle singole opere. In tal modo si intende evitare di richiedere documentazioni eccessivamente onerose per i piccoli invasi esistenti, al momento dell'entrata in vigore della legge sulle dighe.

Vengono ipotizzate cinque categorie di rischio:

- $R < 5$(rischio minimo)
- $5 < R < 10$(rischio lieve)
- $10 < R < 30$(rischio alto)
- $30 < R < 50$(rischio molto elevato)
- $R > 50$(opera da presidiare).

I fattori di rischio così calcolati sono stati confrontati con le valutazioni relative alla esposizione antropica a valle degli sbarramenti (dati relativi alla scheda C di rilevamento in sito) la quale prevedeva l'analisi del rischio. I risultati sono riportati nelle tabelle successive. Da notare la corrispondenza tra i due metodi nel caso di sbarramenti di una certa entità e nei casi di rischio alto.

Opera	Sistema Protezione Civile 1991 (modificato)				Derivanti da schede di rilevamento	
	A	B	C	R	Categoria	Categoria
MS00001	2,75	2,00	6,00	33,00	Rischio Molto Elevato	Rischio Alto
MS00002	2,75	2,00	6,00	33,00	Rischio Molto Elevato	Rischio Alto
MS00003	2,50	2,00	6,00	30,00	Rischio Alto	Rischio Alto
TR00004	3,75	1,00	4,50	16,88	Rischio Alto	Rischio Alto
TR00005	2,50	2,67	1,50	10,00	Rischio Lieve	Rischio Basso
MU00006	2,75	2,67	3,50	25,67	Rischio Alto	Rischio Alto
TR00007	2,50	1,00	3,50	8,75	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00008	2,50	1,00	3,50	8,75	Rischio Lieve	Rischio Alto
TR00009	2,50	1,00	2,00	5,00	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00010	2,25	1,42	2,50	7,97	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00011	2,50	1,42	2,50	8,85	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00012	2,25	1,42	1,50	4,78	Rischio Minimo	Rischio Basso
TR00013	2,25	1,00	4,00	9,00	Rischio Lieve	Rischio Alto
TR00014	2,50	1,00	1,50	3,75	Rischio Minimo	Rischio Basso
TR00015	2,50	1,42	1,50	5,31	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00016	2,50	1,00	1,50	3,75	Rischio Minimo	Rischio Moderato
TR00017	2,50	1,42	2,00	7,08	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00018	2,50	1,00	4,00	10,00	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00019	2,50	1,67	1,50	6,25	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00020	3,25	1,33	5,00	21,67	Rischio Alto	Rischio Moderato
TR00021	2,00	1,33	2,00	5,33	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00022	2,50	1,33	4,50	15,00	Rischio Alto	Rischio Moderato
TR00023	3,50	1,00	1,50	5,25	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00024	3,50	1,00	2,00	7,00	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00025	3,25	1,42	1,50	6,91	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00026	3,25	1,00	2,50	8,13	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00027	2,50	1,00	1,50	3,75	Rischio Minimo	Rischio Basso
TR00028	2,50	3,00	1,50	11,25	Rischio Alto	Rischio Basso
TR00029	2,25	1,33	2,00	6,00	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00030	2,25	1,33	2,00	6,00	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00031	2,00	1,33	2,50	6,67	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00032	2,50	1,75	3,50	15,31	Rischio Alto	Rischio Alto
SN00033	2,50	1,83	6,00	27,50	Rischio Alto	Rischio Moderato
TR00034	2,25	1,75	3,50	13,78	Rischio Alto	Rischio Moderato
TR00035	2,25	1,75	2,50	9,84	Rischio Lieve	Rischio Moderato
TR00036	3,50	1,33	1,50	7,00	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00037	2,50	1,33	1,50	5,00	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00038	2,50	2,08	1,50	7,81	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00039	2,25	2,08	1,50	7,03	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00040	3,25	1,75	1,50	8,53	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00041	2,25	2,00	1,50	6,75	Rischio Lieve	Rischio Basso
TR00042	2,25	1,58	1,50	5,34	Rischio Lieve	Rischio Basso

Sistema Protezione Civile 1991 (modificato)					Derivanti da schede di rilevamento	
Opera	A	B	C	R	Categoria	Categoria
MU04523	3,00	1,00	4,00	12,00	Rischio Alto	Rischio Alto
MU04595	2,50	4,17	5,50	57,29	Opera Da Presidiare	Rischio Alto
MU025NC	2,75	1,00	3,00	8,25	Rischio Lieve	Rischio Moderato
MS032NC	3,75	3,33	2,50	31,25	Rischio Molto Elevato	Rischio Basso
MS021NC	2,75	4,33	4,00	47,67	Rischio Molto Elevato	Rischio Alto
MS04415	2,75	4,58	3,50	44,11	Rischio Molto Elevato	Rischio Moderato
MS04422	2,75	4,58	3,00	37,81	Rischio Molto Elevato	Rischio Moderato
MS99864	2,75	3,08	2,50	21,20	Rischio Alto	Rischio Moderato
MS04424	2,75	3,33	2,00	18,33	Rischio Alto	Rischio Basso
MS04237	2,75	3,08	3,00	25,44	Rischio Alto	Rischio Alto
MS07485	2,50	3,33	4,00	33,33	Rischio Molto Elevato	Rischio Alto
MS07606	2,50	4,58	4,00	45,83	Rischio Molto Elevato	Rischio Alto
MS07612	3,50	3,33	3,50	40,83	Rischio Molto Elevato	Rischio Alto
MS07613	3,50	3,33	3,50	40,83	Rischio Molto Elevato	Rischio Alto
MS07614	2,50	3,33	4,50	37,50	Rischio Molto Elevato	Rischio Alto
MS07655	2,50	4,58	2,00	22,92	Rischio Alto	Rischio Moderato
MS07682	2,50	4,58	3,50	40,10	Rischio Molto Elevato	Rischio Moderato
MS99866	2,50	4,58	4,00	45,83	Rischio Molto Elevato	Rischio Moderato
MS07571	3,00	3,58	2,50	26,88	Rischio Alto	Rischio Basso
MS07692	2,50	4,58	3,00	34,38	Rischio Molto Elevato	Rischio Basso

SISTEMA INFORMATIVO RISCHIO SISMICO (S.I.R.S.)

Pasquale EVANGELISTA (*)

(*) Abruzzo Engineering, via S.Andrea n. 3 67100 L'Aquila, tel. 0862.4721
e-mail: p.evangelista@abruzzoengineering.com

Riassunto: Le attività di *knowledge management* vanno assumendo un ruolo sempre più centrale nell'ambito delle strategie e dei processi della Pubblica Amministrazione.

La base conoscitiva realizzata nel corso degli anni relativamente alle caratteristiche tecniche del suolo e del sottosuolo rimane purtroppo inutilizzata per la mancanza di un quadro unificante che ne consenta una utile e immediata fruizione. Peraltro la mole dei dati esistenti, e di quelli che si andranno a raccogliere nel corso del tempo, non può che assumere un ulteriore valore aggiunto proprio in virtù di una integrazione e di una lettura di livello territoriale piuttosto che puntuale. Dietro tali evidenze si è provveduto a redigere e porre in essere un progetto di raccolta e gestione di dati geotecnici.

Abstract: The activities of knowledge management have a main role in the strategies and processes of Public Administration.

During the previous years the knowledge of technical features of soil and underground has been acquired but unused because there is a lack of a unique framework that allows to a useful and quickly availability. Furthermore, the amount of existing data, and those who will collect over time, can only take an extra added value in term of global view. Behind such evidence has been to develop and implement a project to collect and manage geotechnical data.

Introduzione: L'opportunità di realizzare un progetto di tale importanza e dimensione è data anche dalla recente evoluzione della normativa per le costruzioni in zona sismica (Ordinanza PCM 3274/03 e DM Infrastrutture 14/09/2005) la quale evidenzia come, per una efficace politica di mitigazione del rischio sismico, debba essere posta una maggiore attenzione alla caratterizzazione sismica dei terreni, anche mediante la individuazione di categorie di suolo di fondazione definite tramite parametri dinamici.

Tali parametri sono ottenuti mediante indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche effettuate da tecnici e società specializzate soprattutto per la realizzazione di opere pubbliche e interventi privati di dimensioni medio-grandi.

Per ovviare alla mancanza di uno strumento operativo e procedurale unificante rispetto al futuro afflusso di dati in materia geologica e geotecnica, e per allinearsi allo spirito suggerito dal dettato normativo, ci si propone di realizzare uno strumento prototipale da portare a condivisione e perfezionamento con tutti gli Enti interessati alla problematica.

In tale ambito, la presente proposta progettuale intende definire i processi e le metodologie necessarie al raggiungimento delle finalità indicate.

Contenuti progettuali: Le molteplici e articolate attività previste dal progetto nella sua generalità sono state raggruppate in una serie di moduli:

- Modulo 1: Indagini geognostiche della Regione Abruzzo

- Modulo 2: Completamento della caratterizzazione geologico – morfologica dei comuni abruzzesi
- Modulo 3: Compilazione della scheda Web per il rilevamento dei dati “centri storici e rischio sismico” (CSRS) e popolamento del database
- Modulo 4: Completamento analisi di vulnerabilità sismica del comune di Sulmona e realizzazione di pagine Web relative ai risultati ottenuti

di cui il primo è parte integrante e la cui priorità è quella di implementare il S.I.R.S. (Sistema Informativo del Rischio Sismico) con un modulo relativo alle indagini geologiche, geofisiche, geognostiche e geotecniche realizzate nella Regione Abruzzo, contenente la documentazione prodotta in tutti gli studi realizzati per l'attività edificatoria, a corredo di azioni di consolidamento e bonifica, progetti di discariche, pozzi idrici, ecc..

Obiettivi progettuali:

- Realizzare un database, che permetta l'archiviazione di tutti gli studi raccolti, contenga e gestisca i dati più rappresentativi, in termini di caratterizzazione del suolo, estrapolati da ogni studio, permettendone l'elaborazione per le più ampie finalità.
- Caratterizzare sulla base di tali dati, per i siti investigati, le unità geologiche in termini di velocità delle onde sismiche di taglio e determinare i parametri geotecnici dinamici (coeff. di Poisson dinamico, curve di degrado del modulo di taglio e andamento del coeff. di smorzamento) per contribuire alla caratterizzazione sismica dei terreni previsti dall'Ordinanza 3274/03 e dal DM 14/09/2006.
- Elaborare una proposta di modello operativo e procedurale da portare a condivisione con i soggetti interessati, al fine di garantire la continuità di afflusso e sistematizzazione dei dati in ingresso.
- Completare l'indagine a carattere nazionale di caratterizzazione geologico - morfologica dei 100 comuni abruzzesi mancanti, attraverso analisi documentali e con sopralluoghi tecnici, popolando la relativa banca dati.

In ultima analisi l'obiettivo del SIRS è quello di caratterizzare le unità geologiche in termini di velocità delle onde sismiche di taglio e determinare i parametri geotecnici dinamici a norma dell'Ordinanza 3274/03 e delle successive disposizioni tecniche per le costruzioni (MIT) e compiere Studi di Microzonazione Sismica.



Fase preliminare: Rappresenta l'attività legata alla consegna del progetto presso gli Enti di controllo. Si ritiene opportuno determinare alcune caratteristiche legate a tale fase in quanto si è ravvisata la necessità di dover agevolare e facilitare le attività di ricerca e catalogazione preliminare dei dati.

Dati rilevati per il S.I.R.S. – Modulo 1

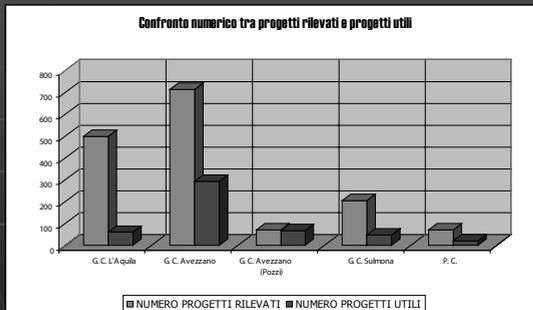
ENTI	Numero progetti rilevati	Numero progetti utili	Numero indagini utilizzabili	Numero prove	Progetti utili / Progetti rilevati	Indagini / Progetti utili	Prove / Indagine
G. C. L'Aquila	500	61	159	284	0,12	2,61	1,79
G. C. Avezzano	714	294	577	735	0,41	1,96	1,27
G. C. Avezzano (Pozzi)	71	69	73	151	0,97	1,06	2,07
G. C. Sulmona	206	47	139	466	0,23	2,96	3,35
P. C. Abruzzo	71	20	187	2505	0,28	9,35	13,40
TOTALI	1562	491	1135	4141	0,31	2,31	3,65

- Sono state prese in considerazione le documentazioni di progetto depositate a partire dal 1996 (L.R. N.138/96, obbligatorietà della relazione geologica redatta da professionista abilitato)

9

Fase II: Valutazione progetti. In questa fase del lavoro si procederà a visionare tutti i progetti reperiti presso i vari enti di appartenenza, in modo da classificarli secondo criteri di valutazione relativa alla effettiva ed efficiente utilizzabilità in funzione degli scopi progettuali.

Dati rilevati per il S.I.R.S. – Modulo 1



10

Georeferenziazione delle indagini: Ai fini progettuali è necessario georeferenziare, con puntualità, ogni singola indagine. Il database richiede la quota assoluta del punto di indagine e deriva tutte le posizioni del sottosuolo dalla stessa quota; ciò ammette un margine di errore limitato.

Ad ogni punto georeferenziato vengono associati i due codici identificativi (ID) riferiti al progetto e alla relativa indagine (rappresentano i medesimi ID presenti nella scheda di censimento).

Il posizionamento dell'indagine viene effettuato in base alle informazioni contenute nella scheda di primo livello e negli allegati cartografici dei progetti.

La procedura adottata secondo la quale il professionista determina la posizione dell'indagine mediante metodologie consolidate, dovrebbe contribuire ad attenuare il margine di errore. Per ogni evenienza si conserverà una "scala di valutazione relativa alla precisione del posizionamento", in modo da rappresentare con un "voto" la localizzazione dell'indagine.

La valutazione è rappresentata secondo classi georeferenziali:

CLASSE A – coordinate rilevate mediante utilizzo di GPS e presenza di foglio e particella catastale, con posizionamento delle indagini sulla particella, oltre la normale cartografia a corredo;

CLASSE B – coordinate calcolate su sistema cartografico, non accompagnate da cartografia catastale.

Il processo di georeferenziazione è propedeutico a ogni altra attività di acquisizione e popolamento nel database, in quanto in esso vengono richieste le quote assolute per ogni indagine o prova.

Fase III: Database di secondo livello. Il database di II livello è strutturato in modo da poter inserire i dati geotecnici di interesse estrapolati dalle indagini progettuali.

Il database ricalca la struttura della prima scheda di acquisizione, ma specializza ogni tipologia di indagine in base alle proprie peculiarità.

Di seguito si descrive la procedura relativa all'inserimento in database.

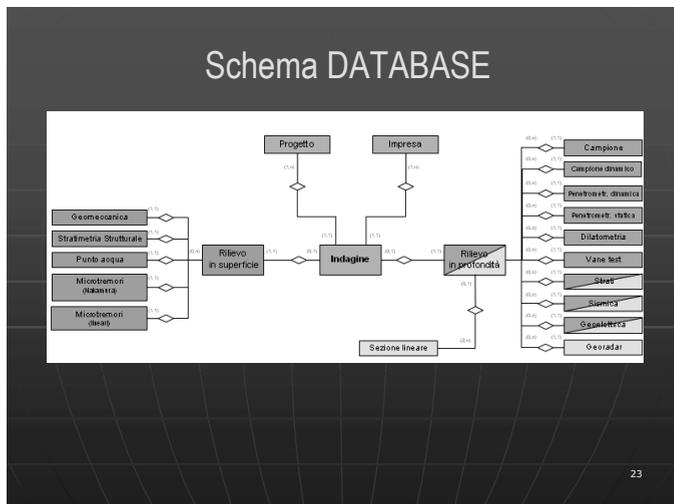
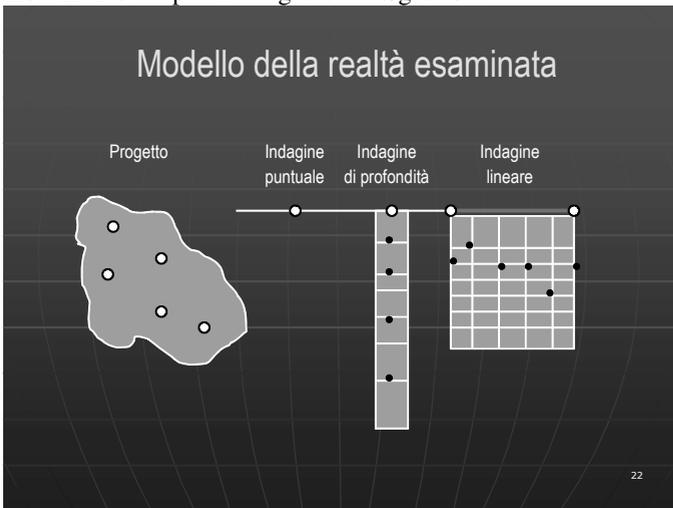
Inserimento dei dati anagrafici del progetto e delle indagini, con gli stessi ID della scheda di censimento (comune, professionista, localizzazione ...).

Specializzazione dell'indagine per tipologia:

Indagine in profondità

Indagine in superficie

Inserimento dei parametri geotecnico/geofisici



Il sistema informatico (GIS)

The screenshot displays a GIS application interface. At the top left is a title page for the 'S.I.S.A. SISTEMA MONITORING DEI RISKY ZONES' project, featuring the logos of the Italian Republic and the University of L'Aquila. To the right is a satellite map of an urban area with a grid overlay. Below these are three data windows: a table of 'RISKY ZONES', a 'PARAMETERS' window, and a 'RISKY ZONES' window showing a detailed view of a specific zone.

ID	NAME	AREA	PERCENTAGE	STATUS	DATE
1	RISKY ZONE 1	10000	10%	ACTIVE	2008-01-01
2	RISKY ZONE 2	20000	20%	PENDING	2008-02-01
3	RISKY ZONE 3	30000	30%	ACTIVE	2008-03-01
4	RISKY ZONE 4	40000	40%	PENDING	2008-04-01
5	RISKY ZONE 5	50000	50%	ACTIVE	2008-05-01

ANALISI DI MODELLI DIGITALI DEL TERRENO DELL'ISOLA DI PANAREA (ISOLE EOLIE) ESTRATTI CON DIFFERENTI METODOLOGIE

Massimo FABRIS (*), Marco ANZIDEI (**), Paolo BALDI (***)

(*) Laboratorio di Rilevamento e Geomatica – DAUR – Università di Padova, e-mail: massimo.fabris@unipd.it

(**) INGV – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma, e-mail: anzidei@ingv.it

(***) Dipartimento di Fisica – Settore Geofisica, Università di Bologna, e-mail: p.baldi@unibo.it

Riassunto

Le metodologie di rilievo come la fotogrammetria digitale aerea, il *laser scanning* aereo e rilievi batimetrici RTK *multibeam* possono essere integrate per ottenere la ricostruzione morfologica dettagliata di aree interessate da fenomeni geofisici, sia per le porzioni sub-aeree che per quelle sottomarine. Una problematica importante è costituita dalla difficoltà di rilevare adeguatamente le aree in prossimità della linea di costa a causa dei limiti tecnici per effettuare acquisizioni batimetriche in acque basse: in questo modo vengono quindi generate lacune di dati nel passaggio tra zone sub-aeree e sottomarine. In questo lavoro vengono analizzati ed integrati tre rilievi aerofotogrammetrici (effettuati nel 1987 e 2003), due rilievi batimetrici RTK *multibeam* (realizzati nel 2002-2004) e un rilievo LIDAR (effettuato nel 2004) dell'isola di Panarea (Arcipelago delle isole Eolie), che nel novembre 2002 è stata interessata da una rilevante emissione gassosa sottomarina localizzata tra gli isolotti di Dattilo, Panarelli, Lisca Nera, Bottaro e Lisca Bianca; per questo motivo si è resa necessaria una dettagliata mappatura delle strutture sottomarine, in un quadro morfologico generale.

Abstract

The ground survey techniques as aerial digital photogrammetry, aerial laser scanning and multibeam bathymetry, can be integrated for a detailed morphological reconstruction of sub-aerial and contiguous submarine area involved in geophysical phenomena. Besides, the submarine portions along the coastline often are not adequately surveyed due to the difficulties to perform bathymetric acquisition in low depth water, producing lack of data in the digital model on the zones between sub-aerial and submarine portions. In this work, three aerial photogrammetric surveys (performed from 1987 to 2003), two multibeam bathymetry (performed on 2002-2004) and a LIDAR survey (performed on 2004) of the Panarea island (Archipelago of Aeolian islands), have been analyzed and integrated. This area, during the Etna and Stromboli volcanos eruptions of November 2002, underwent to a relevant submarine gas emission. Vents were located between the islets of Dattilo, Panarelli, Lisca Nera, Bottaro and Lisca Bianca in high fractured area which may deserve an accurate study for the hazard reduction.

Introduzione

I modelli digitali del terreno (DTM – *Digital Terrain Model*) ad alta risoluzione, che possono essere estratti con differenti metodologie, costituiscono una notevole forma di monitoraggio di aree soggette a deformazioni superficiali: frane, eruzioni vulcaniche, evoluzione di ghiacciai. L'analisi delle variazioni plano-altimetriche costituisce uno strumento che può risultare estremamente utile nella gestione dei fenomeni naturali (van Westen, Lulie Getahun, 2003; Baldi et al., 2005; Baldi et al., 2008). L'integrazione di dati ottenuti da differenti metodologie richiede che tutti i *dataset* siano

georiferiti in uno stesso sistema di riferimento. Per questo motivo è necessario utilizzare punti di riferimento comuni alle serie di dati, oppure ricorrere ad approcci basati sull'adattamento ai minimi quadrati delle superfici (*matching*). Inoltre, l'integrazione di dati sub-aerei (che spesso descrivono le linee di costa e quindi il livello zero dei mari) e rilievi batimetrici, può portare alla generazione di lacune in corrispondenza di fasce costiere sottomarine più o meno ampie a causa della difficoltà dell'acquisizione di dati in queste zone. In questo lavoro vengono integrati e confrontati tre rilievi aero-fotogrammetrici acquisiti nel 1987 e 2003, un rilievo LIDAR effettuato nel 2004 e due rilievi batimetrici RTK *multibeam* realizzati nel 2002-2004 relativi all'isola di Panarea (Arcipelago delle isole Eolie) (Romano, 1973), e alla porzione sottomarina in prossimità di alcuni degli isolotti di Dattilo, Panarelli, Lisca Nera, Bottaro, Lisca Bianca e Basiluzzo (figura 1); lo scopo è quello di fornire uno strumento di grande utilità per la descrizione morfologica completa dell'area che nel novembre 2002, in concomitanza con le eruzioni dei vulcani Etna e Stromboli, è stata interessata da una rilevante emissione gassosa associata ad un intenso campo di fratturazione, localizzata in un'area di circa 2.3 km² tra gli isolotti sopra citati (Anzidei et al., 2005; Esposito et al., 2006). L'area analizzata è caratterizzata da meccanismi geodinamici complessi provocati da fenomeni di sismicità attiva, effetti di deformazioni crostali e presenza di vulcani attivi (Lipari, Vulcano e Stromboli); l'isola di Panarea rappresenta la porzione emersa di un grande apparato sottomarino, che si eleva dal fondale del Mar Tirreno per circa 1500 m con un diametro di circa 18 km (Gabbianelli et al., 1990; Gabbianelli et al., 1993; Calanchi et al., 1995; Favalli et al., 2006).

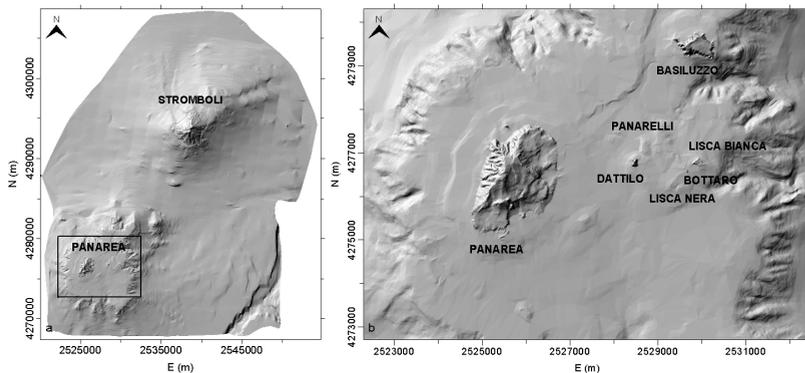


Figura 1 – a) Rappresentazione in shaded relief dei dati batimetrici e sub-aerei acquisiti nel 2002-2004 relativi alle isole di Stromboli e Panarea; b) Particolare dei dati nell'area dell'arcipelago di Panarea

Generazione del modello digitale sub-aereo

Il modello digitale dell'isola di Panarea è stato estratto da un rilievo aero-fotogrammetrico effettuato il 26 maggio 2003. Complessivamente sono state utilizzate 3 diapositive a colori in scala 1:13000, rasterizzate mediante lo scanner fotogrammetrico *Wehrli Raster Master RM2* con una risoluzione di 24 μ m (1016 dpi). Prima del volo sono stati posizionati opportuni segnali le cui coordinate sono state misurate con la metodologia GPS rispetto alle stazioni semi-permanenti presenti sull'isola. Questi segnali sono stati utilizzati come punti fotografici d'appoggio (GCP – *Ground Control Points*) per effettuare l'orientamento esterno delle immagini in modo rigoroso utilizzando il software *Socet Set*® v. 5.3. Successivamente, il DTM è stato estratto automaticamente nel sistema di riferimento UTM-WGS84 con griglia di passo 2.5 m su tutta l'area. Il modello digitale degli isolotti circostanti è stato invece generato da un secondo rilievo aero-fotogrammetrico effettuato il 17 maggio 2003 in scala media del fotogramma 1:20000. L'orientamento di questo nuovo rilievo è stato ottenuto per mezzo di alcuni GCP posizionati sugli isolotti e misurati con la metodologia GPS nello stesso sistema di riferimento dei precedenti (UTM-WGS84): a questi sono stati aggiunti alcuni punti naturali situati sull'isola di Panarea e le cui coordinate sono state misurate sul modello del 26 maggio 2003, orientato in modo rigoroso. Il DTM degli isolotti è stato estratto sempre con griglia di passo 2.5 m. Il modello ottenuto automaticamente ha richiesto l'intervento manuale di *editing* nelle zone di scarsa correlazione, nelle zone urbane e boschive, mediante

l'adattamento delle curve di livello alla reale morfologia del terreno. Per controllare l'efficienza e la capacità delle operazioni di editing manuale di ottenere prodotti morfologicamente corretti, soprattutto in corrispondenza delle aree caratterizzate da versanti ripidi, è stato utilizzato un rilievo LIDAR effettuato nel 2004 su tutta l'isola. I dati *laser scanning* disponibili sono caratterizzati da una distribuzione su griglia regolare con passo di 0.5 m. Dal confronto diretto delle quote risulta che la georeferenziazione in uno stesso sistema di riferimento, seppur ottenuta posizionando l'aeromobile con la metodologia GPS e facendo riferimento alle stesse stazioni semi-permanenti presenti sull'isola, non risulta ottimale (Anzidei et al., 2007). Per migliorarla, è stato effettuato un allineamento dei due *dataset* (escludendo le aree con presenza di vegetazione ed edifici del modello LIDAR e quelle a nord-ovest dell'isola che presentano pendenze molto pronunciate) utilizzando il software *Polyworks*®. Il confronto diretto tra i due modelli, prima dell'allineamento e non considerando le aree con presenza di edifici, alberi e versanti ripidi a nord-ovest dell'isola, presenta un valore medio delle differenze di -0.33 m e deviazione standard di 0.68 m. I nuovi residui, ottenuti dopo l'allineamento, hanno fornito valori di media e deviazione standard di -0.05 m e 0.57 m rispettivamente (figura 2).

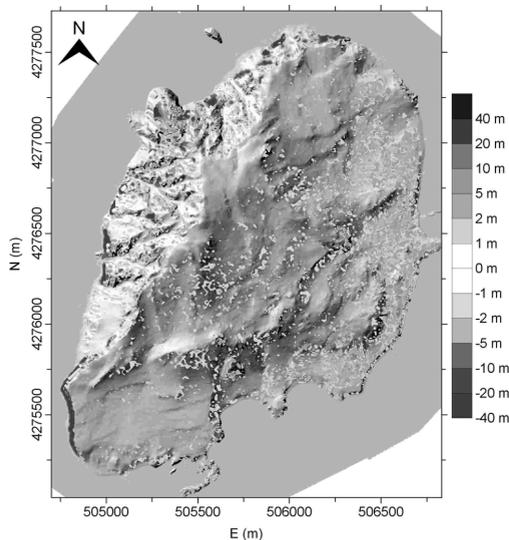


Figura 2 – Confronto tra il DTM ottenuto dal rilievo LIDAR e quello ottenuto dal rilievo aerofotogrammetrico dopo la georeferenziazione raffinata

Le differenze positive, presenti soprattutto nella zona edificata (ad est), sono relative al fatto che i punti del rilievo LIDAR modellano alberi ed edifici. Le differenze negative presenti nella zona a nord-ovest sono dovute alla maggiore capacità del rilievo LIDAR di descrivere dettagliatamente la morfologia del terreno rispetto al DTM fotogrammetrico. Infatti, non solo i dati di *laser scanning* presentano un passo di griglia ridotto rispetto ai dati fotogrammetrici (0.5 m contro 2.5 m) ma anche le condizioni geometriche di acquisizione del LIDAR risultano, in questo caso, più efficienti rispetto a quelle fotogrammetriche.

Le operazioni di *editing* manuale per la correzione del DTM fotogrammetrico permettono di migliorare il prodotto estratto automaticamente ma sono comunque vincolate alla visualizzazione stereoscopica del modello (e quindi alle condizioni di presa). Il prodotto finale è stato quindi ottenuto integrando i due modelli, utilizzando i dati LIDAR nelle zone a nord-ovest (versanti ripidi) e i dati fotogrammetrici nelle altre aree.

Generazione del modello batimetrico ed integrazione con quello sub-aereo

Il rilievo batimetrico RTK *multibeam* ad alta risoluzione è stato effettuato nel dicembre 2002 coprendo un'area di circa 9 km² attorno agli isolotti localizzati ad est dell'isola di Panarea e producendo un DTM con griglia di passo 0.5 m. L'obiettivo era quello di descrivere dettagliatamente la morfologia dell'area interessata dalle emissioni gassose (Calanchi et al., 1995), che hanno subito un incremento a partire dal mese di novembre 2002 e localizzare i centri delle emissioni stesse: dall'analisi dei dati ottenuti è stato possibile evidenziare degli allineamenti preferenziali dei centri in direzione NE-SW e NW-SE (Anzidei et al., 2005). Durante il rilievo batimetrico, la posizione dei punti è stata determinata mediante una stazione GPS operante in modalità RTK, facendo riferimento alle stesse stazioni semi-permanenti dell'isola utilizzate per la misura dei GCP dei rilievi aero-fotogrammetrici, ottenendo quindi la georeferenziazione in uno

stesso sistema con il rilievo delle parti sub-aeree. Il rilievo batimetrico non copre le aree a piccola profondità lasciando quindi scoperta una fascia in corrispondenza alla linea di costa; i dati disponibili hanno raggiunto profondità minime di circa 2 m. Per migliorare il risultato è stato quindi recuperato un rilievo aero-fotogrammetrico effettuato nel 1987 (diapositive a colori) sulle cui immagini erano visibili porzioni sottomarine (grazie alla limpidezza del mare). Questo rilievo è stato orientato misurando in stereoscopia alcuni punti naturali, ben visibili e localizzati in aree stabili sul primo modello del 2003, ed utilizzati come GCP per l'orientamento delle immagini. Ottenuto il modello in stereoscopia, sono stati estratti automaticamente, e successivamente editati, alcuni DTM delle porzioni sottomarine visibili sulle immagini, con griglia di passo 1 m. In questo modo è stato possibile ottenere DTM di aree rilevate sia mediante la fotogrammetria aerea "sottomarina" che con il rilievo batimetrico. Naturalmente, a causa del passaggio del raggio ottico tra due mezzi (aria acqua), il modello batimetrico ottenuto dalla fotogrammetria risulta differire per un fattore di scala da quello RTK *multibeam*, con una conseguente distorsione del modello geometrico a causa della rifrazione (Anzidei et al., 2007). Dopo aver effettuato la correzione, integrando i DTM e la batimetria con i dati relativi a fasce poco profonde in vicinanza degli isolotti di Panarelli, Dattilo e Lisca Nera che, a causa delle condizioni geometriche di acquisizione, non erano state rilevate con le misure batimetriche, è stato ottenuto il modello 3D ad alta risoluzione dell'area interessata dalle emissioni gassose. Allo scopo di ottenere la descrizione completa della morfologia sub-aerea e sottomarina delle porzioni circostanti l'isola di Panarea e, nel contempo, riempire le lacune di dati presenti nel rilievo batimetrico RTK *multibeam* ad alta risoluzione, è stato utilizzato un rilievo batimetrico effettuato nel 2004 e disponibile con griglia regolare di passo 10 m nel sistema cartografico Gauss-Boaga. I dati sono stati quindi trasformati nel sistema UTM-WGS84 ed integrati con quelli ad alta risoluzione, interpolando piccole fasce nelle zone di passaggio tra i due *dataset* (figura 3). Dalla figura 3 si nota come i dati batimetrici a scarsa risoluzione siano caratterizzati anche da scarsa precisione: dal confronto tra la figura 1 e la figura 3 risulta che i dati batimetrici RTK *multibeam* ad alta risoluzione nell'area tra gli isolotti di Dattilo, Panarelli, Lisca Nera, Bottaro e Lisca Bianca permettono una descrizione morfologica dettagliata, fondamentale per la localizzazione dei centri delle emissioni gassose.

Interpretazioni morfologiche

L'integrazione dei DTM permette di osservare la complessa morfologia dell'area, in particolare quella del settore compreso tra gli isolotti minori. Questi costituiscono i resti di un complesso di domi parzialmente emersi (Romano, 1973; Gabbianelli et al., 1990; Calanchi et al., 1999; Calanchi et al., 2002; Lucchi et al., 2007; Esposito et al., 2006), il cui fondale mostra strutture lineari e sub-circolari. In particolare nel settore nord-occidentale esistono tre rilevanti strutture longitudinali, lunghe oltre un Km (figura 3): la struttura A, orientata NE-SW, con una parete verticale alta 10-20 m; la struttura B, rettilinea, lunga circa 600 m in direzione NNE-SSW; la struttura C, diretta E-W, che corrisponde ad una scarpata verticale alta circa 10 m, che delimita verso Nord una depressione ellittica orientata N-S. Tutte convergono verso il settore NE di Panarea, in direzione della Calcara (1, figura 3), area interessata da un idrotermalismo attivo. Il settore sud-occidentale presenta invece alcune depressioni con forme da ellittica a circolare, del diametro fino ad alcune decine di metri. L'area delimitata dagli isolotti, è ascrivibile ad un alto strutturale che taglia l'edificio vulcanico a circa 130 m di profondità (Chiocci, Romagnoli, 2004). Questa presenta 5 unità morfologiche principali, orientate NE-SW e NW-SE (Esposito et al., 2006). Dove il fondale è coperto da sedimenti, coesistono centinaia di forme depresse da circolari a ferro di cavallo, grandi da pochi decimetri fino ad alcune decine di metri, simili a quelle che si sono formate in corrispondenza dei principali centri esalativi nel dicembre 2002 (2, figura 3, Esposito et al., 2006). Nei settori dove affiorano le lave dacitiche-andesitiche, si individuano strutture circolari profonde anche alcuni metri, riconducibili a condotti di eruzioni gassose (*gas pipes*) come si osservano in altre aree vulcaniche emerse e

sommerse (Hawaii) (Cas, Wright, 1987). I dati analizzati suggeriscono che il fondale racchiuso tra gli isolotti è stato interessato nel passato da manifestazioni freatiche simili, ma anche di maggiore energia di quelle del 2002.

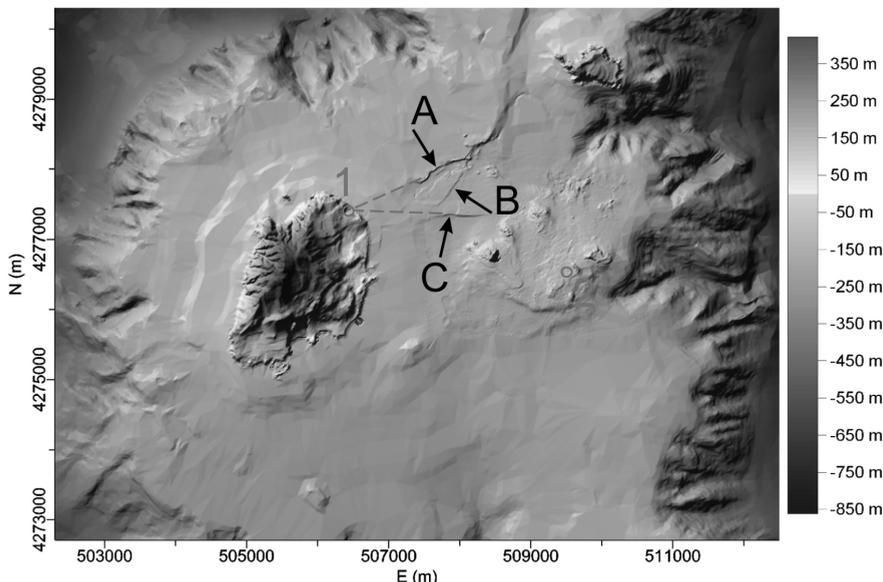


Figura 3 – Integrazione dei due rilievi batimetrici e dei tre fotogrammetrici con la batimetria ottenuta dalla fotogrammetria per le aree circostanti l'isola di Panarea. Localizzazione delle strutture A, B, C, della Calcara (1) e del principale centro di emissione gassosa sottomarina che si è formato durante la crisi del 2002-2003 (2)

Lo stato di fratturazione, l'alterazione idrotermale e la mineralizzazione delle lave del *bedrock* del fondale, così come la presenza delle centinaia di strutture crateriche distribuite sul fondale, indicano che il sistema geotermico-idrotermale è presente da lungo tempo e tuttora attivo.

Conclusioni

Nel lavoro sono stati integrati dati relativi al rilievo dell'isola di Panarea e degli isolotti Dattilo, Panarelli, Lisca Nera, Bottaro, Lisca Bianca e Basiluzzo (Arcipelago delle isole Eolie) acquisiti mediante differenti metodologie. Il DTM ottenuto dal rilievo LIDAR dell'isola di Panarea è stato confrontato con il DTM fotogrammetrico prima e dopo l'applicazione di una procedura di georeferenziazione in uno stesso sistema di riferimento dei due *dataset*. E' stato possibile quindi evidenziare piccoli errori di georeferenziazione tra i due modelli e riportare il rilievo LIDAR nello stesso sistema dei dati fotogrammetrici e batimetrici. La mappa dei residui finale ha fornito differenze più consistenti nelle zone nord-ovest dell'isola dove, a causa della presenza di versanti con pendenze molto elevate, la fotogrammetria digitale aerea ha prodotto dati poco rappresentativi della reale morfologia; il rilievo LIDAR invece, effettuato con opportune condizioni geometriche di acquisizione, è risultato più efficiente. Dove non sono presenti queste problematiche, il confronto con i dati LIDAR ha permesso di verificare l'efficienza delle operazioni di *editing* manuale per la correzione dei DTM fotogrammetrici automatici. Dal rilievo aero-fotogrammetrico effettuato nel 1987 è stato possibile estrarre ed editare anche un DTM di limitate porzioni sottomarine (a profondità massime di 5÷6 m sotto il livello del mare) grazie alla limpidezza dell'acqua, ed ottenere un modello anche nell'area di passaggio tra la parte sottomarina e quella sub-aerea: i dati prodotti sono stati confrontati con il rilievo batimetrico delle porzioni comuni e corretti per tener conto degli effetti di rifrazione. Questo, assieme ad un rilievo batimetrico effettuato nel 2002-2004, ha

permesso di completare il modello digitale dell'area, ottenendo una descrizione morfologica dettagliata sia delle porzioni emerse che sottomarine in aree di grande interesse per la presenza di rilevanti emissioni gassose; infatti i dati ottenuti sono indispensabili per contribuire alla comprensione dei meccanismi fisici connessi all'attività vulcanica, attraverso un monitoraggio sistematico con tecniche geodetiche batimetriche, fotogrammetriche e GPS, di supporto alle analisi strutturali e vulcanologiche, in particolare per scopi di protezione civile.

Rigraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il sig. Giovanni Bortoluzzi del CNR-ISMAR che ha messo a disposizione parte dei dati batimetrici.

Bibliografia

- Anzidei M., Esposito A., Bortoluzzi G., De Giosa F. (2005), "The high resolution bathymetric map of the exhalative area of Panarea (Aeolian Islands, Italy)", *Annals of Geophysics*, 48, 6: 899-921
- Anzidei M., Baldi P., Fabris M. (2007), "Integrazione di dati fotogrammetrici, LIDAR e batimetrici nell'Arcipelago delle isole Eolie", *Bollettino della SIFET*, 1: 13-26
- Baldi P., Fabris M., Marsella M., Monticelli R. (2005), "Monitoring the morphological evolution of the Sciara del Fuoco during the 2002-2003 Stromboli eruption using multi-temporal photogrammetry", *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 59: 199-211
- Baldi P., Coltelli M., Fabris M., Marsella M., Tommasi P. (2008), "High precision photogrammetry for monitoring the evolution of the NW flank of Stromboli volcano during and after the 2002-2003 eruption" *Bull. of Volc.*, 70: 703-715
- Calanchi N., Capaccioni B., Martini M., Tassi F., Valentini L. (1995), "Submarine gas-emission from Panarea Island Aeolian Archipelago: distribution of inorganic and organic compounds and inferences about source conditions", *Acta Vulcanologica*, 7, 1: 43-48
- Calanchi N., Tranne C. A., Lucchi F., Rossi P. L., Villa I. M. (1999), "Explanatory notes to the geological map 1:10.000 of Panarea and Basiluzzo islands Aeolian arc. Italy", *Acta Vulcanologica*, 11, 2: 223-243
- Calanchi N., Peccerillo A., Tranne C. A., Lucchini F., Rossi P. L., Kempton P., Barbieri M., Wu T. W. (2002), "Petrology and geochemistry of volcanic rocks from the island of Panarea: implications for mantle evolution beneath the Aeolian island arc (southern Tyrrhenian sea)", *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 115: 367-395
- Cas R. A. F., Wright J. V. (1987), "Volcanic Succession", *Allen & Unwin*, London
- Chiocci F. L., Romagnoli C. (2004), "Terrazzi deposizionali sommersi nelle Isole Eolie", *Mem Descr Carta Geol It*, 58: 81-114
- Esposito A., Giordano G., Anzidei M. (2006), "The 2002-2003 submarine gas eruption at Panarea volcano (Aeolian islands, Italy): volcanology of the seafloor and implication for the hazard scenario", *Marine Geology*, 227: 119-134
- Favalli M., Kartson D., Mazzuoli R., Pareschi M. T., Ventura G. (2006), "Volcanic geomorphology and tectonics of the Aeolian archipelago (Southern Italy) based on integrated DEM data", *Bulletin of Volcanology*, 68: 157-170
- Gabbianelli G., Gillot P. Y., Lanzafame G., Romagnoli C., Rossi P. L. (1990), "Tectonic and volcanic evolution of Panarea (Aeolian Island, Italy)", *Marine Geology*, 92: 312-326
- Gabbianelli G., Romagnoli C., Rossi P. L., Calanchi N. (1993), "Marine Geology of Panarea-Stromboli area, Aeolian Archipelago, Southeastern Tyrrhenian Sea", *Acta Vulcanologica*, 3: 11-20
- Lucchi F., Tranne C.A., Calanchi N. and Rossi P.L. 2007., Late Quaternary deformation history of the volcanic edifice of Panarea, Aeolian Arc, Italy. *Bull. Volcanol.* 69, 239-257.
- Italiano F., Nuccio P. M. (1991), "Geochemical investigations of submarine volcanic exhalations of the east Panarea, Aeolian Islands, Italy", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 46: 125-141
- Romano R. (1973), "Le isole di Panarea e Basiluzzo", *Rivista Mineraria Siciliana*, 139-141: 49-86
- van Westen C. J., Lulie Getahun F. (2003), "Analyzing the evolution of the Tessina landslide using aerial photographs and digital elevation models", *Geomorphology*, 54: 77-89

INTEGRAZIONE DI METODOLOGIE DI RILIEVO TERRESTRE AD ALTA RISOLUZIONE PER IL RILIEVO DI FOSSILI

Massimo FABRIS, Vladimiro ACHILLI, Ginevra BOATTO,
Denis BRAGAGNOLO, Andrea MENIN

Laboratorio di Rilevamento e Geomatica – DAUR – Università di Padova,
via Marzolo, 9 – 35131 Padova, Tel.: 049 827 1614, e-mail: massimo.fabris@unipd.it

Riassunto

Nell'ambito del restauro di piccoli oggetti o di caratteristiche minute (come, ad esempio, fessurazioni) di elementi di dimensioni medio-grandi, è necessario utilizzare sistemi di rilievo 3D ad alta risoluzione per la corretta definizione delle caratteristiche geometriche.

In questo lavoro sono state utilizzate metodologie integrate *laser scanning*, fotogrammetriche digitali terrestri e topografiche classiche per il rilievo tridimensionale di fossili vegetali e animali con lo scopo del restauro conservativo: le nuvole di punti estratte dalle diverse metodiche sono state confrontate per valutare precisioni e limiti di applicabilità delle stesse. I prodotti ottenuti sono stati successivamente utilizzati nella fase di restauro.

Abstract

Restoration of smaller fragments (i.e. from slits) of middle-size and large objects require high resolution 3D survey systems for the correct definition of geometrical features.

In this work, integrated methodologies as terrestrial laser scanning, digital photogrammetry and classical topography were used for the 3D survey of plant and animal fossils with the aim of conservation: the point clouds extracted from the different methodologies were compared in order to provide a precision analysis and to evaluate the application limits. Resulting products were subsequently used during restoration phase.

Introduzione

Le metodologie di rilievo terrestre ad alta risoluzione, quali la fotogrammetria digitale ed il *laser scanning*, vengono applicate per il rilievo 3D anche nei settori archeologico e dei beni culturali con finalità conoscitive e di catalogazione, ma anche per recupero e conservazione di oggetti (Bitelli et al., 2002; Peloso, 2005; Fabris et al., 2007a); i differenti approcci, che forniscono nuvole di punti 3D, sono caratterizzati non solo da differenti procedure operative di acquisizione, ma anche da precisioni e risoluzioni diverse (Boehler et al., 2003; Schulz, Ingensand, 2004; Staiger, 2005).

In questo lavoro vengono descritte e analizzate le fasi relative al rilievo e all'elaborazione dei dati di tre fossili vegetali e un fossile animale dell'Era Terziaria (Eocene Medio, circa **50 milioni di anni fa**) utilizzando metodologie integrate *laser scanning*, fotogrammetriche e topografiche classiche; i fossili in oggetto sono presenti presso il museo di Geologia e Paleontologia del Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova e provengono dal sito di Bolca (Verona); lo scopo del rilievo era quello del restauro dei blocchi rocciosi che li contengono: presentavano infatti evidenti fratture e fessurazioni, in parte minute e reticolari, che ne compromettevano gravemente l'integrità. Le fratture e le fessurazioni più grandi erano dovute alle vibrazioni correlate con ogni probabilità all'intenso traffico automobilistico della zona; le minute fessurazioni reticolari erano invece imputabili alle variazioni dimensionali della matrice rocciosa, correlate alle variazioni di temperatura e umidità relativa.

Il rilievo dei fossili

L'acquisizione 3D delle caratteristiche geometriche dei fossili, ancorati alla muratura, è stata effettuata utilizzando Z-Scan, strumento che fornisce nuvole di punti 3D da triplette di immagini, e il *laser scanner* a triangolazione Konica Minolta Vivid 910 (Boatto, Fabris, 2008).

Per i tre fossili vegetali, presenti su lastre affiancate di dimensioni circa 2.5 m in altezza, 0.8 m larghezza e 0.1 m di spessore, sono stati misurati anche punti naturali mediante l'utilizzo della stazione integrata Leica TC 2003: con intersezioni in avanti multiple, in un sistema di riferimento locale, sono state ottenute le coordinate di 60 punti, 20 per ogni lastra.

L'acquisizione delle triplette di immagini con Z-Scan è stata effettuata con la camera digitale metrica Canon EOS 1 – Ds Mark II da 16.7 Megapixel con obiettivo di focale di 28 mm: operativamente, le prese sono state effettuate ad una distanza dall'oggetto di circa 1.5 m e mantenendo il più possibile la perpendicolarità tra l'asse della camera e le lastre, ottenendo una dimensione del *pixel* sulla parete di circa 0.4 mm; le strisciate più alte sono state realizzate per mezzo di opportune piattaforme. Complessivamente sono state acquisite 6 triplette con sovrapposizioni di circa il 40-50% su 3 strisciate.

Il rilievo mediante l'utilizzo del *laser scanner* Konica Minolta Vivid 910 è stato effettuato nelle stesse condizioni (distanza strumento-parete di circa 1.5 m e spostando in altezza il *laser scanner* per l'acquisizione delle strisciate più alte) utilizzando una lente di focale 14.5 mm: in questo caso sono state ottenute nuvole di punti con risoluzione di 0.8 mm effettuando 42 scansioni su 7 strisciate (sovrapposizione longitudinale e trasversale, tra strisciate successive, di circa il 40-50%).

Il rilievo del fossile animale (un pesce "*Platax subvespertilio*") è stato effettuato analogamente a quanto descritto precedentemente: in questo caso le due lastre rocciose, che identificano lo stesso fossile, presentavano dimensioni più contenute, circa 0.4 m di larghezza e 0.6 m di altezza. L'acquisizione delle triplette di immagini con Z-Scan è stata effettuata ad una distanza camera-oggetto di circa 0.9 m utilizzando la stessa camera digitale metrica Canon EOS 1 – Ds Mark II con un obiettivo di focale di 51 mm; in questo modo è stato possibile ottenere una dimensione del *pixel* sulla parete di circa 0.12 mm, acquisendo complessivamente 4 triplette con sovrapposizione del 40-50%.

Allo stesso modo il rilievo con il *laser scanner* Konica Minolta Vivid 910 è stato effettuato ad una distanza strumento-oggetto di circa 0.9 m con una lente di focale 25 mm, acquisendo circa 40 scansioni per ogni lastra.

Elaborazione dei dati

Da ciascuna tripletta di immagini relative ai fossili vegetali sono state estratte nuvole di punti con risoluzione media di 1.6 mm mediante il software Z-Scan. Le 6 scansioni così ottenute sono state allineate utilizzando il software Z-Map®, sfruttando le zone di sovrapposizione tra le acquisizioni successive e applicando l'algoritmo ICP (*Interactive Closest Point*, Besl, McKay, 1992): il modello 3D finale è stato ottenuto con errore di mosaicatura massimo di 1.1 mm; quindi è stata effettuata la roto-traslazione nel sistema locale dei punti naturali (che presentano una precisione variabile nell'intervallo 0.01÷0.42 mm) utilizzando 12 dei 60 punti complessivamente misurati.

Il confronto tra il modello finale roto-traslato e i 48 punti naturali che non sono stati utilizzati per la georeferenziazione (*check point*) ha fornito differenze con media di -3.7 mm e deviazione standard di 9.8 mm.

Le nuvole di punti ottenute dal *laser scanner* Konica Minolta Vivid 910 sono state allineate mediante il software PET© (*Polygon Editing Tool*) con errore massimo di mosaicatura di 0.5 mm.

Le scansioni sono state triangolate estraendo superfici *mesh* più facilmente gestibili, utilizzando il software RapidForm2004©. Successivamente, i due modelli sono stati tra loro allineati, roto-traslando il modello ottenuto con il *laser scanner* Konica Minolta Vivid 910 sul modello ottenuto con Z-Scan, georeferenziano nel sistema di riferimento dei punti naturali d'appoggio.

L'operazione è stata realizzata nell'ambiente *RapidForm2004*© avvicinando i due modelli su punti omologhi e applicando l'algoritmo ICP per la co-registrazione raffinata: in questo caso è stato ottenuto un errore medio pari a circa 6 mm.

Con riferimento ad una porzione limitata (area A di figura 1) è stato effettuato il confronto diretto tra le due nuvole di punti producendo la mappa delle differenze.

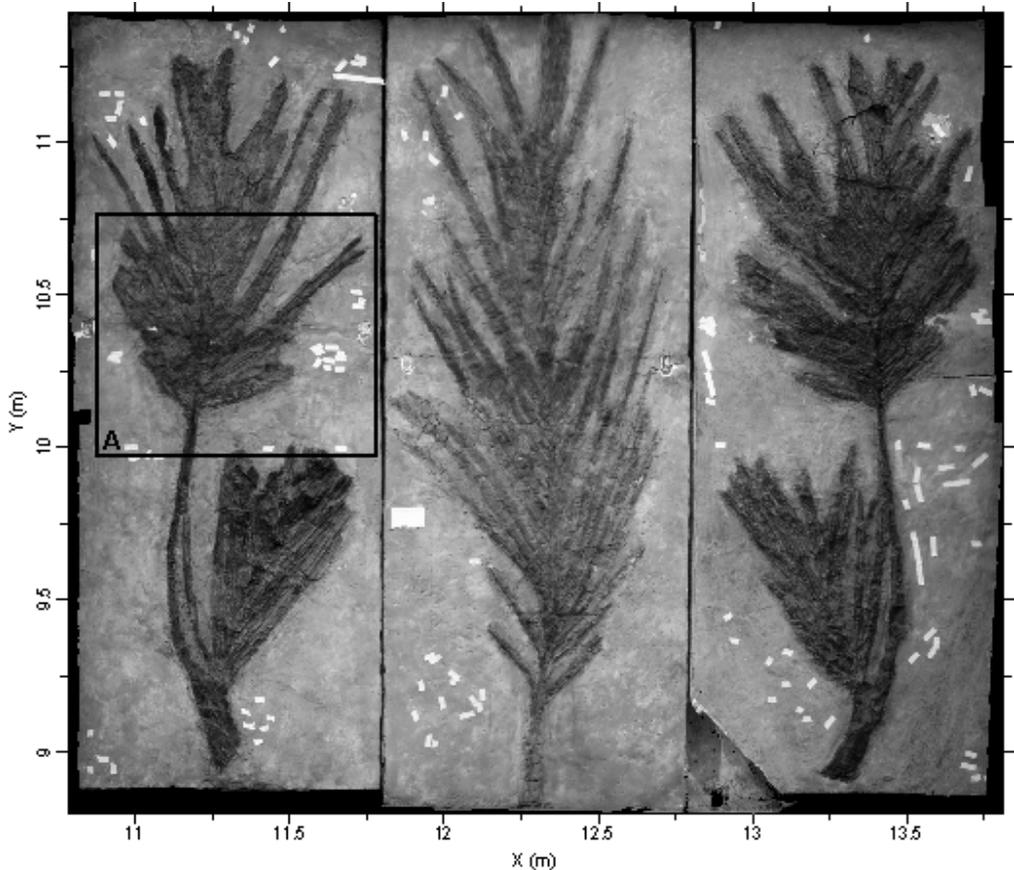


Figura 1 – Ortofoto dei tre fossili vegetali ottenuta dalle nuvole di punti Z-Scan e mediante il software Z-Map©

In figura 2 viene riportata la rappresentazione in *shaded relief* della scansione ottenuta con Z-Scan (a) e di quella generata dal *laser scanner* a triangolazione (b): si nota come i dati ottenuti con il Konica Minolta Vivid 910 appaiano più rappresentativi della reale morfologia dell'oggetto, descrivendo accuratamente i tratti più acuminati dei pannelli, a differenza dei dati Z-Scan che si presentano più "smussati". La mappa delle differenze dei due *dataset* risulta influenzata ancora da piccoli errori di co-registrazione, non completamente eliminati (figura 2c).

Dalle acquisizioni Z-Scan relative al pesce fossile, sono state estratte due nuvole di punti per entrambe le lastre con risoluzione media di 0.5 mm. Ciascuna coppia di ogni porzione è stata allineata con il software *Z-Map*© applicando l'algoritmo ICP per una co-registrazione raffinata: è stato così possibile ottenere il modello finale 3D delle due lastre (figura 3) e le corrispondenti ortofoto (figura 4).

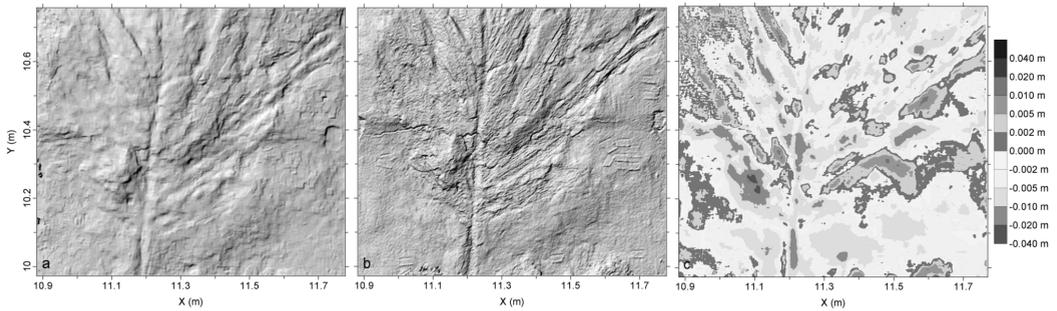


Figura 2 – Rappresentazione in shaded relief della nuvola di punti Z-Scan (a) e di quella ottenuta con il laser scanner a triangolazione Konica Minolta Vivid 910 (b).
Mappa delle differenze tra i due dataset (c)

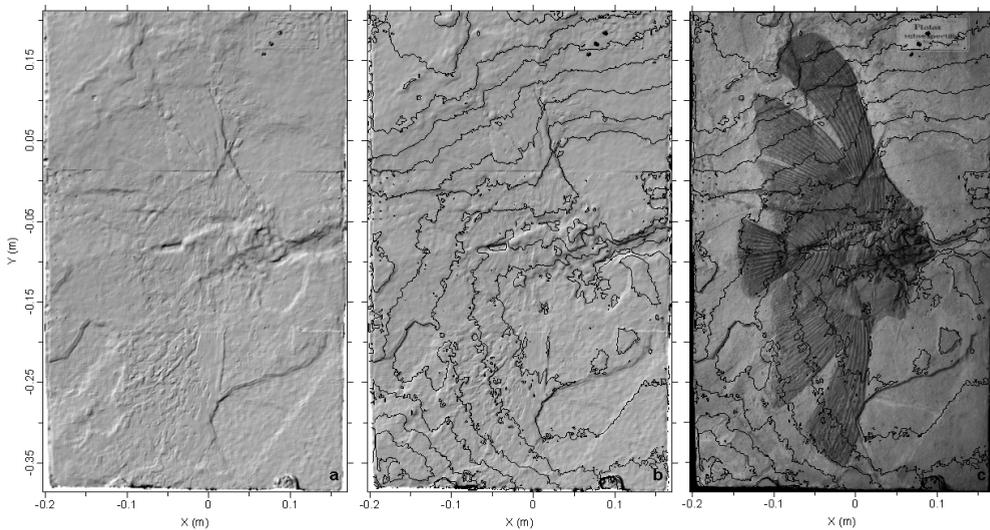


Figura 3 – Rappresentazione del modello finale 3D di una lastra del pesce fossile (a) sovrapposta alle curve di livello (b) e alla relativa ortofoto (c) (Z-Scan)

L'allineamento delle nuvole di punti ottenute con il *laser scanner* Konica Minolta Vivid 910 e relative sempre al pesce fossile, è stato effettuato con il software PET con errore massimo di mosaicatura di 0.1 mm.

Anche in questo caso, analogamente a quanto visto precedentemente, è stata effettuata un'ulteriore co-registrazione, per ciascuna lastra, tra le nuvole di punti ottenute da Z-Scan e quelle estratte mediante il *laser scanner* a triangolazione.

L'allineamento, realizzato con il software *RapidForm2004*©, ha permesso di sovrapporre i due *dataset* con errore medio di circa 7 mm per la prima lastra e 8 mm per la seconda, ottenendo le rispettive mappe differenza (figura 5).

Si osserva come le differenze siano piuttosto basse nella parte centrale delle mappe mentre aumentano considerevolmente ai bordi, soprattutto nelle estremità superiori e inferiori.

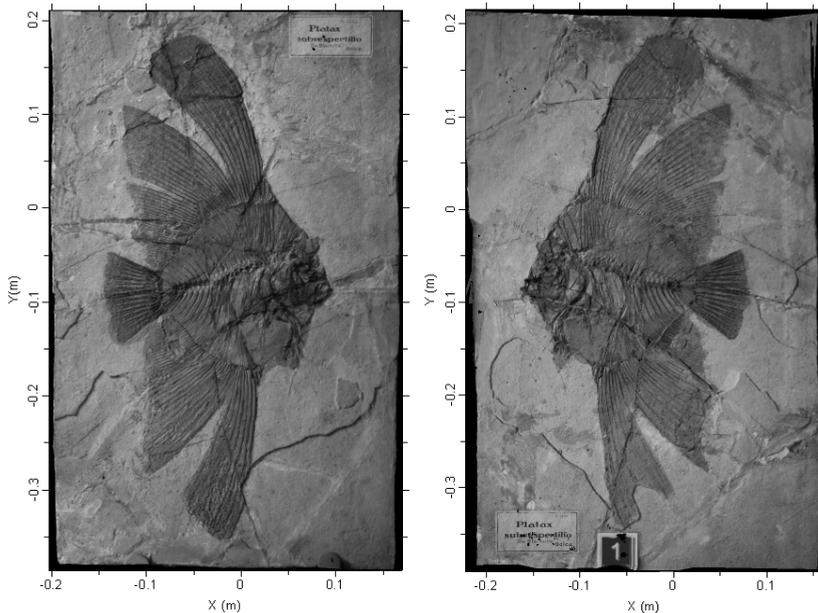


Figura 4 – Ortofoto delle due lastre che contengono il fossile animale ottenute dalle nuvole di punti Z-Scan e mediante il software Z-Map

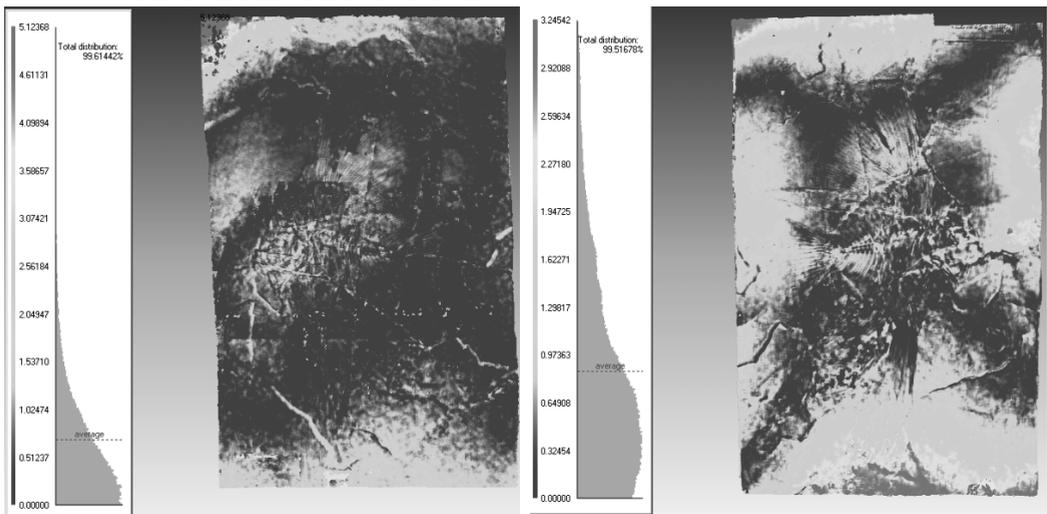


Figura 5 – Mappe delle differenze ottenute dal confronto dei dataset estratti per ciascuna lastra del pesce fossile

Questo può essere dovuto a problemi di allineamento per la presenza di errori non completamente eliminati, oppure al manifestarsi di distorsioni nell'acquisizione con il *laser scanner* a triangolazione Konica Minolta Vivid 910 come evidenziato in situazioni confrontabili (Fabris et al., 2007b).

Conclusioni

Nel lavoro sono state utilizzate metodologie di rilievo terrestre 3D ad alta risoluzione per il rilievo di fossili: sono state acquisite immagini con Z-Scan e nuvole di punti con il *laser scanner* a triangolazione Konica Minolta Vivid 910 di tre fossili vegetali ed un fossile animale con lo scopo di produrre modelli tridimensionali utili nella fase di restauro conservativo.

Il confronto tra il modello dei fossili vegetali, ottenuto con Z-Scan ed estratto da ogni singola tripletta di immagini acquisite, e le coordinate di 48 punti naturali misurate con la stazione integrata Leica TC 2003 in un sistema di riferimento locale ha fornito valori delle differenze piuttosto elevati. Anche il confronto tra i dati Z-Scan e le nuvole di punti ottenute con il *laser scanner* a triangolazione, caratterizzate da risoluzioni comparabili, hanno fornito valori delle differenze di qualche millimetro, precisione superiore a quella delle singole metodologie.

In particolare, sono state evidenziate problematiche dovute ad una imperfetta co-registrazione dei singoli modelli: in questo senso, ulteriori *test* dovranno essere effettuati utilizzando differenti software e differenti procedure.

In ogni caso, i risultati ottenuti hanno confermato l'applicabilità delle metodologie di rilievo terrestre 3D ad alta risoluzione nel caso di acquisizioni di fossili; i prodotti ottenuti sono stati successivamente utilizzati nella fase di restauro, tuttora in corso.

Bibliografia

Besl P., McKay N. (1992), "A method for registration of 3-D shapes", *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 14, 2: 239-256

Bitelli G. (2002), "Moderne tecniche e strumentazioni per il rilievo dei beni culturali", *Atti della 6^a Conferenza Nazionale ASITA*, 1: IX-XXIV

Boatto G., Fabris M. (2008), "Rilievo 3D della Tensa Capitolina mediante metodologia laser scanning", in F. Ghedini, *Il carro dei Musei Capitolini. Epos e mito della società tardo antica*, 215-221

Boehler W., Bordas Vicent M., Marbs A. (2003), "Investigating laser scanner accuracy", *Proceedings of the 19th CIPA Symposium*, Antalya, Turkey, 30 september – 4 october, 2003, http://www-group.slac.stanford.edu/met/Align/Laser_Scanner/laserscanner_accuracy.pdf

Fabris M., Achilli V., Bragagnolo D., Menin A., Salemi G. (2007a), "Filling lacunas in terrestrial laser scanning data: the "Cavallo ligneo" of the "Palazzo della Ragione" (Padua, Italy)", *proceedings of the XXI International Symposium CIPA 2007*, October 1-6, 2007, Athens, Greece: 301-306

Fabris M., Achilli V., Boatto G., Menin A., Salemi G. (2007b), "Analisi ed integrazione di differenti metodologie di rilievo, classiche, laser scanning e fotogrammetriche terrestri finalizzate al rilievo architettonico ad alta risoluzione", *Atti della 11^a Conferenza Nazionale ASITA*, Torino, 6 – 9 Novembre 2007, 1: 1045-1050

Peloso D. (2005), "Tecniche laser scanner per il rilievo dei beni culturali", *Archeologia e Calcolatori*, 16: 199-224

Schulz T., Ingensand H. (2004), "Influencing Variables, Precision and Accuracy of Terrestrial Laser Scanners", *Proceedings of INGENEO 2004 and FIG Regional Central and Eastern European Conference on Engineering Surveying*, Bratislava, Slovakia, 11 – 13 November, 2004, http://www-group.slac.stanford.edu/met/Align/Laser_Scanner/SchulzT_TS2_Bratislava_2004.pdf

Staiger R. (2005), "The Geometrical Quality of Terrestrial Laser Scanner (TLS)", *Proceedings of From Pharaohs to Geoinformatics FIG Working Week 2005 and GSDI-8*, Cairo, Egypt, April 16-21, 2005, http://www.fig.net/pub/cairo/abstracts/ts_38/ts38_05_staiger_abs.pdf

DATABASE TERRITORIALI (DBT) INTESAGIS: UNA PROPOSTA PROGETTUALE PER IL PASSAGGIO DAL DB10K A SCALE DI SINTESI

Ugo FALCHI

Università di Napoli "Parthenope", Centro Direzionale isola C4, tel: +39.081.5476593,
ugo.falchi@uniparthenope.it

Introduzione

Le specifiche tecniche dell'IntesaGIS prima e le attività del gruppo di lavoro costituito in seno al CNIPA poi, non hanno ancora affrontato il problema della rappresentazione dei dati dei DBT alle scale di sintesi quali, per esempio, 100k o 250k, né la eventuale derivazione dei DBT a tali scale.

L'obiettivo di questa ricerca consiste nella redazione degli elementi essenziali di una proposta progettuale per una strutturazione e integrazione di un database, a scale di sintesi, all'interno di una base dati alla scala 1:10.000, DB10k.

Questo obiettivo sarà perseguito, per quanto possibile, nel rispetto della struttura del database originale, a partire dalle prescrizioni tecniche, "Specifiche di contenuto dei Database Topografici di interesse generale", redatto dal gruppo di lavoro Intesa GIS WG01 che ha operato nell'ambito dell'Intesa Stato-Regioni, utilizzate per la sua implementazione.

Il documento propone, di fatto, alcuni suggerimenti per una strutturazione originale di un modello logico per la convivenza di scale di sintesi, nel rispetto dei dati territoriali contenuti nel DBT alla scala di partenza.

Durante questo passaggio, si cercherà di preservare l'architettura del database geografico: in particolare la strutturazione delle classi di oggetti, con i loro attributi, e il loro raggruppamento in temi e questi in strati.

Abstract

IntesaGIS and CNIPA have never dealt with database data representation at 100k e 250k. The objective of this research concerns with summary information structuring and integration within a database at a scale 1:10000, DB10k.

This goal will be pursued while respecting main database structuring, from the requirements contained in "Specifiche di contenuto dei Database Topografici di interesse generale", IntesaGIS WG01, and it offers some suggestions for a method of generating a logical data model.

To the extent possible, one tries to preserve the architecture of geographic information, in particular, class, themes and layers categories.

Scale di sintesi

La disponibilità di informazione geografica a scale di sintesi, è una esigenza sentita oramai da tutte le amministrazioni locali e nazionali che si occupano sia di pianificazione sia di gestione del territorio, in particolare, per quanto riguarda le emergenze ambientali e di protezione civile.

In un primo tempo sembrava che la strada maestra fosse quella di derivare i dati necessari, a partire da supporti rilevati a scala maggiore.

Andando in questa direzione, però, è necessario stabilire una serie di vincoli, relativi alla generalizzazione delle geometrie e le relazioni tra le classi, necessarie a garantire la congruenza topologica tra gli oggetti.

Sulla falsariga della fortunata sperimentazione condotta dal Centro interregionale nell'anno 2006, nel passaggio dal 10k a scale minori, 100K e 250k, è necessario effettuare una semplificazione delle geometrie, sia per esigenze di rappresentazione, si pensi, ad esempio, alla presentazione a video o alla stampa, le geometrie acquisite per una scala di riferimento originale sono, infatti, di difficile lettura ad una scala minore, sia per esigenze di lettura dei dati. E' prevista, infatti, una diversa primitiva geometrica per le diverse scale; per esempio alcuni manufatti che nel DB10k hanno una geometria poligonale, collassano a punti nel DB100k e nel DB250k; inoltre nel DB10k sono presenti oggetti non solo con geometria più dettagliata, ma anche con suddivisioni interne, portatrici, cioè, di un dettaglio tale che non è di interesse a scale di sintesi.

Per questo motivo, le operazioni che devono essere previste, devono riferirsi a:

- indicare il valore della superficie al di sotto della quale gli oggetti di geometria poligonale devono essere eliminati o degenerati in punti o linee;
- indicare se gli oggetti interessati sono, prima della eliminazione o degenerazione, inclusi in altri oggetti e se gli oggetti che li contengono ne acquisiscono la superficie;
- indicare il valore di lunghezza, al di sotto della quale gli oggetti con geometria lineare che non facciano parte di un grafo, vengono eliminati o degenerati in punti;
- indicare la distanza reciproca al di sotto della quale gli oggetti della classe dell'edificio, vengono resi contigui mantenendone però l'individualità;
- tenere conto del fatto che tutti gli oggetti, adiacenti a poligoni, che hanno subito la degenerazione a linea, devono essere modificati nella zona interessata dalla contiguità.

Per preservare l'integrità del dato, bisogna stabilire un costante e puntuale riscontro dell'informazione attraverso la verifica dei seguenti casi:

1. *elementi nuovi*: si applicano le procedure di semplificazione geometrica e si verifica se i risultati ottenuti, nel DB100k e nel DB250k, soddisfano tutte le relazioni ed i vincoli indicati per la classe di appartenenza; in caso positivo gli oggetti vengono introdotti automaticamente, in caso negativo invece vengono sottoposti ad una fase di *editing* manuale.
2. *elementi con diversa geometria*: si elimina l'oggetto nel DB100k e nel DB250k, e si trasferiscono gli attributi in quello nuovo proveniente dal DB10k; si applica poi quanto previsto per il caso 1.
3. *elementi mancanti nel DB10k*: si cancellano gli oggetti in questione dal DB100k e DB250k.
4. *elementi presenti in tutti i database con identica geometria*: si mantiene l'oggetto esistente senza modifiche.

Sarà necessario, infine, implementare e definire tre tipi fondamentali di vincoli, all'interno della gestione del *database*. Questi sono i vincoli del modello logico, i vincoli degli oggetti e i vincoli delle relazioni logiche.

I primi si riferiscono alla conservazione del contesto logico degli oggetti e del livello di dettaglio; i restanti due, hanno a che fare, sostanzialmente, con la conservazione delle forme, dei modelli e degli allineamenti tra gli oggetti, laddove esistono interazioni tra di essi.

Tuttavia, le numerose esperienze condotte in Europa e negli Stati Uniti hanno evidenziato come la produzione di carte generalizzate su larga scala sia afflitta dal livello tecnologico raggiunto dalla attuale generazione di programmi e macchine, incapaci per strutturazione, ad affrontare le complesse tematiche legate all'approccio semantico e topologico.

Inoltre, anche i prototipi sviluppati, hanno messo in luce come sia necessario un tempo molto alto di elaborazione per ottenere risultati rappresentativi di coperture cartografiche molto grandi.

Pragmatismo ha voluto che la ricerca si indirizzasse verso soluzioni alternative, capaci di interessare al massimo la presenza di supporti già realizzati e di coinvolgerli, insieme con le informazioni originali, nel processo di integrazione e aggiornamento.

In questo caso, in assenza di specifiche tecniche elaborate in seno ai gruppi di lavoro su scala nazionale, che ha operato riguardo a 1k, 2k, 5k, e 10k, sarà necessario, a partire dalla documentazione

già redatta per le scale maggiori, elaborare una struttura originale per le informazioni geografiche con dettaglio minore. Tale intervento sarà da applicarsi anche laddove i supporti cartografici non siano già stati strutturati all'interno di banche dati, rispettose di questi standard.

Rappresentazioni multiple

L'obiettivo principale della realizzazione di un sistema informativo o di una banca dati è quello di fornire una descrizione, la più verosimile possibile, del mondo reale ivi rappresentato.

Spesso, vista l'elevata specializzazione di tali sistemi, il punto di vista che si vuole veicolare, non rispetta dei criteri generalisti, ma punta a contenere tutte le informazioni che utenti specifici del sistema necessitano per lo svolgimento delle proprie attività.

In questo modo, tenuto conto della complessità del sistema in cui viviamo e della moltitudine degli attori e delle amministrazioni a cui appartengono, deputate in diversa misura, alla raccolta, implementazione, gestione e aggiornamento di informazioni geografiche, territoriali e ambientali, si è assistito a una vorticosa moltiplicazione dei database utilizzati, spesso e volentieri all'interno della stessa struttura.

Differenti approcci all'uso delle informazioni geografiche richiedono, infatti, differenti set di dati, sebbene questi insistano sulla stessa realtà geografica.

Il diverso punto di vista dell'utilizzatore, che influisce in maniera determinante sull'architettura della base dati, ovvero su quale tipo di visione essa avrà del mondo reale, determinerà una particolare struttura dei dati e, di essi, una particolare scelta dei valori e degli attributi che dovranno veicolare. Così come differenti utenti possono condividere la stessa visione ma necessitano di una scala diversa del dato informativo.

E' ragionevole pensare che punti di vista e risoluzioni debbano essere integrati nel sistema come indipendenti tra di loro. Il primo, caratterizzato dallo sguardo di chi utilizzerà le informazioni, avrà influenza su come i dati saranno conservati e rappresentati, gli oggetti che non ne faranno parte, quali attributi essi avranno, quali relazioni li legheranno e come gli attributi saranno valutati. Il secondo, sarà attinente al livello di dettaglio scelto e ai criteri geometrico dimensionali degli oggetti in esso veicolati; i criteri semantici determineranno, invece, la granularità dell'acquisizione delle informazioni, ovvero quanto sarà spinta la gerarchizzazione degli oggetti rappresentati.

Basti pensare alle diverse sensibilità mostrate nell'utilizzo della classe di oggetti relativa all'edificato. In alcuni ambiti è necessario che ogni *feature* porti con se specifiche informazioni legate, per esempio, alla sua volumetria, alle quote in gronda e al piede, alla definizione delle estrusioni e dei cavedi e alle pendenze della copertura, laddove presenti. Contemporaneamente, per le stesse entità potrebbe essere necessario conoscere esclusivamente l'ingombro rispetto agli oggetti adiacenti, quali la rete stradale o le vie pedonali.

Il costo elevato, legato al mantenimento di strutture indipendenti tra di loro e le enormi difficoltà relative alla propagazione degli aggiornamenti, ha reso necessario indirizzare gli sforzi verso soluzioni di integrazione con lo sviluppo di applicazioni *ex novo*; questo perché gli attuali sistemi di gestione, (GIS o database), non possiedono funzionalità native adeguate al coordinamento di rappresentazioni multiple dei fenomeni geografici che ci circondano.

Sono stati sviluppati diversi approcci per l'unificazione di informazione geografica nei database, principalmente riconducibili a due modelli: il primo, chiamato *data warehousing approach*, consiste nella sostituzione dei database iniziali con uno centralizzato (Elmagarmid et al. 1999), come indicato in figura 1 con un esempio molto banale; il secondo, chiamato *federated* o *mediation approach*, mira a mantenere separate le basi dati e costruire uno schema comune che li connetta (Sheth and Larson 1990), (Parent and Spaccapietre 2000), o semplicemente implementare particolari relazioni tra i modelli logici esistenti (Kilpelainen 1998).

In tutti i casi, è necessario sviluppare un modello dati innovativo, capace di descrivere opportunamente la visione globale connessa con le diverse scale.

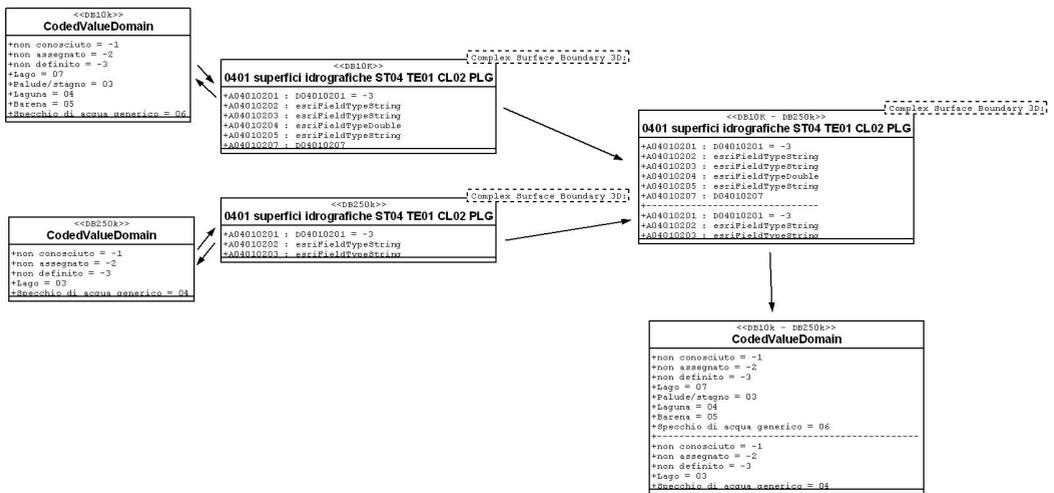


Figura 1 – integrazione di due classi, DB10k e DB250k

Lo schema concettuale

Sulla scia dei risultati raggiunti dal progetto europeo MurMur, (Multi Representations - Multi Resolutions) e dallo sviluppo di MADS, un modello concettuale per lo sviluppo di applicazioni tradizionali e spazio – temporali, (un progetto diretto dal Prof. Christine Parent (Université de Lausanne) e Stefano Spaccapietra (EPFL), con la cooperazione del Prof. Esteban Zimanyi, Université Libre de Bruxelles), è stato possibile iniziare ad ipotizzare la progettazione di uno schema globale, capace di supportare rappresentazioni multiple, dalla gestione del singolo oggetto fino ai suoi attributi ed ai valori da loro posseduti.

Un tipo – oggetto, infatti, così come un tipo – relazione, può veicolare un diverso set di dati geografici, legati alla diversa scala di acquisizione o al diverso “punto di vista” della realtà rappresentata.

Il modello dati, rappresentato dall’esperienza di MADS, è sostenuto dai seguenti concetti:

1. **Oggetti:** sono organizzati in gerarchie dinamiche, gli oggetti possono cambiare la loro appartenenza alle classi, spostandosi da una ad un’altra e sono *multi-instantiation*, (creazione di classi multiple di oggetti), le entità del mondo reale possono essere descritte da due o più istanze appartenenti a due classi diverse della gerarchia; per esempio, un tratto di corsia può essere descritto come pedonale e ciclabile, entrambi tipi-oggetto, sotto-tipi di un super-tipo corsia;
2. **Relazioni:** collegano due o più oggetti. Come i tipi-oggetto, possiedono attributi e metodi e possono essere organizzate in gerarchie di classificazione. Sono supportati diversi tipi di relazioni, le semplici, senza vincoli o semantica o le aggregazioni. Esistono molti tipi di aggregazioni come nel mondo reale; nessuna aggregazione porta con se automaticamente dei vincoli, per esempio, le componenti degli oggetti possono essere condivise da molti oggetti composti, altrimenti, un vincolo può essere esplicitato da una particolare gerarchia dei valori delle sue componenti. L’equivalenza è un altro tipo di relazione binaria con uno specifico significato (due istanze dell’oggetto rappresentano la stessa l’entità del mondo reale); è una relazione simmetrica con un vincolo intrinseco; la sua cardinalità, infatti, è 1:1, ovvero ogni istanza di un tipo- oggetto collegata da una relazione di equivalenza deve essere collegata al massimo ad una istanza dell’altro tipo-oggetto.
3. **Attributi:** possono essere semplici o composti, per esempio, composti da altri attributi e possiedono valori singoli o un *set* di valori multipli.

E' stato implementato, inoltre, un nuovo tipo di dato, relativo al tempo, che affiancandosi alla definizione spaziale delle entità rappresentate, amplia notevolmente le capacità di questo modello logico, in particolare è composto da:

- un set di dati spaziali che include, (vedi OpenGIS consortium):
 - o semplici: *point*, *line* e *surface*
 - o composti: *pointset*, *lineset* e *complexsurface*
 - o generici: come *Geo*, il super-tipo di tutti i dati spaziali;
- un set di dati temporali che includono:
 - o semplici: *Instant* e *TimeInterval*
 - o composti: *InstantSet* e *IntervalSet*
 - o generici: *Time*, il super-tipo di tutti i dati temporali;
- un tipo di dato specifico, *Varying(D, S/T)* che definisce, per ogni dominio D, un nuovo dominio di valori che varia nello spazio, nel tempo o in entrambi. Ogni valore di *Varying(D, S/T)*, è una funzione che definisce, per ogni punto nello spazio, (o ogni istante nel tempo o entrambi) un valore di D;
- dei tipi-oggetto; essi possono essere definiti come:
 - o spaziali, essi possiedono un particolare attributo chiamato *geometria* che definisce l'estensione spaziale dell'oggetto; il suo dominio è uno dei tipi di dati spaziali;
 - o temporali, essi possiedono un particolare attributo chiamato *lifecycle* che definisce l'estensione temporale di un oggetto; il suo dominio è uno dei tipi di dati temporali;
- ogni oggetto o relazione può avere un certo numero di attributi di tipo tematico, spaziale, temporale o *varying*.

Per unificare, all'interno della stessa banca dati, informazioni geografiche a differente livello di dettaglio, è necessario, però, definire un ulteriore elemento che ci possa permettere di qualificare e riconoscere un determinato set di dati da un altro, appartenente a una rappresentazione diversa, per scala o per contenuti veicolati.

Questo elemento, chiamato *DRstamp* nel progetto MADS, ha il compito di materializzare, per una data rappresentazione, la sua appartenenza a uno schema preciso, contenuto all'interno del database. Grazie a ciò, è possibile per un utente che interroga la base dati, visualizzare direttamente il *set* di informazioni cercate, semplicemente richiamando la "marca" che li contraddistingue.

Gli attributi posseduti da ogni oggetto o relazione, possono, allora, possedere diverse "marche" che determinano per quali rappresentazioni, (per scala o punto di vista) esse sono valide.

In questo modo, che si decida di integrare le diverse informazioni geografiche all'interno dello stesso "contenitore" o si decida di mantenerle fisicamente separate ma collegate da relazioni binarie, (*relationship*), la presenza di un indicatore importante come la "marca" offre a chi progetta la base dati, insieme con il bagaglio di concetti sopra riportato, la possibilità di implementare uno schema multi – rappresentazione per descrivere i fenomeni del mondo reale.

Una volta effettuata la ristrutturazione delle informazioni a scala di sintesi, 100k e 250k, secondo le specifiche tecniche proprie del DB10k, sarà possibile lavorare sul modello logico al fine di introdurre le innovazioni presentate.

Il modello logico unificato

Il rispetto della congruenza delle informazioni, nonché la necessità di garantire la propagazione degli aggiornamenti, rende necessario effettuare un confronto approfondito tra le diverse istanze che caratterizzano tutti gli oggetti contenuti nella base dati, alle diverse scale o ai diversi "punti di vista".

Queste operazioni, pianificate in modalità manuale o automatica, secondo il tipo di tecnologia impiegata e dell'estensione delle informazioni, hanno come obiettivo la conoscenza dell'andamento delle geometrie delle *feature*, la diversa complessità e il grado di sovrapposizione tra le stesse.

Per esempio, la rappresentazione di un tratto stradale, alla scala di acquisizione 1:10000, 1:25000 e 1:2000, presenterà un andamento diverso, caratterizzato dalla presenza del doppio ciglio piuttosto che della linea singola, la definizione degli incroci piuttosto che il loro rilievo come puntuali e la diversa densità di acquisizione dei percorsi.

La consapevolezza dei diversi sviluppi degli oggetti, permetterà di definire quale tipo di rapporto intercorre tra di essi e, grazie ad esso, stabilire con precisione una tavola di alias geometrici, necessaria a stabilire quale sia la migliore struttura dei dati da costruire, sebbene essa debba essere redatta nel rispetto, per quanto possibile, delle specifiche tecniche che sono alla base dell'implementazione del *database* originale, come indicato nei presupposti di partenza.

Le possibili combinazioni, per esempio tra uguali sezioni stradali alle diverse scale, possono essere così sintetizzate:

- a. 1 : 1, quando ad un tratto stradale ne corrisponde uno e uno soltanto alle altre scale;
- b. 1 : n, quando ad un elemento delle vie di trasporto corrisponde un numero maggiore di istanze, alle altre scale di interesse, per esempio, è il caso di un incrocio a rotonda rappresentato da un elemento puntuale alle scale di sintesi e dal suo reale andamento geometrico alle scale di maggior dettaglio;
- c. n : m, quando la granularità dell'informazione, comunque complessa, si sviluppa in un numero non corrispondente di elementi, è il caso, per esempio, di un sovrappasso autostradale.

Le diverse combinazioni sopra esposte guideranno la mano del progettista nello stabilire se quelle istanze debbano confluire in una unica classe multi – rappresentazione o se sia necessario ricorrere a soluzioni più complesse, quali, ad esempio, il collegamento delle classi originali tramite una relazione o la creazione di una nuova classe capace di mantenere la relazione con i diversi oggetti appartenenti alle scale utilizzate.

Conclusioni

Questo lavoro rappresenta il primo passo di una ricerca più ampia che ha come obiettivo, l'applicazione delle metodiche sopra accennate, ad una banca dati istituzionale di grande estensione. La continua evoluzione nell'impiego di banche dati, richiede la progettazione di strutturazioni sempre più efficienti, in grado di sostenere tutte quelle applicazioni mirate all'incrocio delle informazioni territoriali con dati fiscali e catastali. Basti pensare, per esempio, al decentramento catastale, all'informatizzazione galoppante delle procedure di concessione edilizia, della pianificazione attuativa e generale e delle trasformazioni edilizie, alla necessità per gli enti locali di recupero dell'evasione e dell'elusione fiscale.

La necessità di estrazione di indici sintetici e di aggregazione delle informazioni, spesso e volentieri acquisite con diverso dettaglio o con diverse finalità, unitamente all'esigenza di mantenere tutti questi dati aggiornati, richiede, infatti, il superamento della visione fin qui seguita sia dagli ambienti software commerciali e *open source* sia dalle indicazioni tecniche a livello locale e nazionale.

Lungi da considerarsi una soluzione definitiva, la traccia seguita in questo lavoro cerca di fornire una soluzione adeguata, in linea con i risultati delle più importanti esperienze condotte da alcuni gruppi di lavoro europei.

Riferimenti Bibliografici

Regione Autonoma della Sardegna (2005), "Implementazione e realizzazione di data-base topografici comunali "

IntesaGIS, "Specifiche per la realizzazione dei data base topografici di interesse generale", 1n1007(1,2,3,4,5,6)

Balley, S., Parent, C. and Spaccapietra S. (2006), "Modeling geographic data with multiple representations", International Journal on GIS (IJGIS). v18 iJune. 329-354.

MurMur, *Multi-representations and multiple resolutions in geographic databases*, "Project 10723 - 1.1.2000 to 31.12.2002"

DATABASE TERRITORIALI MULTISCALA E MULTIPRECISIONE: RESOCONTO DI UNA ESPERIENZA DI CONDIVISIONE E INTEGRAZIONE DI BANCHE DATI

Ugo FALCHI (*), Nicola UTZERI (**)

(*) Università di Napoli "Parthenope", Centro Direzionale isola C4, tel: +39.081.5476593, ugo.falchi@uniparthenope.it

(**) Compucart Soc. Coop, via Monte Sabotino 15, tel: +39.070.281890, nicolautzeri@gmail.com

Introduzione

Nell'ottica di una sempre maggiore condivisione della informazione geografica, il presente lavoro riporta i dati salienti relativi ad una sperimentazione relativa alla costituzione di database topografici comunali, derivati da cartografie numeriche esistenti a diversi livelli di dettaglio, e la loro integrazione all'interno della banca dati DB10K della Regione Sardegna.

I database implementati sono stati popolati sia con le informazioni contenute nelle carte numeriche (CTC) disponibili presso le amministrazioni comunali, opportunamente ristrutturate sia i dati necessari per l'individuazione degli oggetti territoriali, rete stradale, numeri civici e toponomastica.

Inoltre, il modello logico dei database è stato disegnato a partire dal modello concettuale sviluppato dai gruppi di lavoro dell'Intesa Stato Regioni nell'ottica dell'integrazione con quanto già in possesso dell'amministrazione regionale.

E' stato affrontato il problema della redazione delle specifiche tecniche sia per la definizione della linea di separazione sia per la gestione e la ristrutturazione di cartografie esistenti.

Questa esperienza ha mostrato come sia possibile procedere alla conversione delle cartografie in funzione della data del rilievo, della dimensione e del grado di trasformazione che il centro urbano ha subito, mentre è preferibile produrre un nuovo supporto cartografico, strutturato in una banca dati, nel caso di una evoluzione molto spinta del territorio.

Abstract

In the need for greater sharing in Geographic Information System, the present paper consists of an analysis of various issues addressed under an experimental Contract, concerning spatial data integration with a scale of 1: 2000 within the Regione Sardegna institutional database, DB10k.

The database was implemented by combining the information contained in the Municipality maps appropriately restructured; moreover, the design of the conceptual model respects the IntesaGIS technical specifications.

Next step dealt with the problem of drafting the technical specifications about the dividing line of 2k from 10k and existing restructuring maps.

It shown how it's possible to proceed soon with conversion while a great evolution of the territory always suggest new maps production

Integrazione del dato 2k

La crescente sensibilità, mostrata dall'Amministrazione Regionale, alla raccolta e integrazione di dati territoriali a diversi livelli di dettaglio, affonda le sue radici nelle lunghe stagioni di pianificazione territoriale ed è stata orientata in maniera decisiva, dalle direttive in capo al progetto INSPIRE. Nelle sue direttive, infatti, è stato possibile cogliere gli stimoli per lo sviluppo di una infrastruttura dati capace di porsi come un riferimento decisivo, in linea orizzontale così come verticale, per i diversi livelli di competenza della pubblica amministrazione locale e nazionale. In

questo settore, la Regione Sardegna, è stata capace di effettuare scelte coraggiose che la hanno posta come capofila nella realizzazione di appalti importanti, così come descritto nel capitolo precedente, spesso anticipatori delle necessarie scelte tecniche che da essi hanno preso il via.

Uno dei gradini di questo lungo cammino è stata la scelta di studiare l'estrazione di dati geografici derivati, a partire dalla carta tecnica regionale alla scala 1:10.000. In questa esperienza, che è stata conclusa nell'anno 2002, è stato possibile creare una cartografia di test alla scala 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000 attraverso l'implementazione di opportune procedure di generalizzazione cartografica utilizzate in affiancamento a quelle già esistenti nell'ambiente software utilizzato. L'obiettivo era quello di poter disporre di dati territoriali a diversi livelli di dettaglio a partire dai dati rilevati in possesso dell'Amministrazione. Tuttavia, come dimostrato dalle diverse esperienze condotte, in particolare, in Europa e negli Stati Uniti da ricercatori appartenenti a centri universitari e organizzazioni nazionali cartografiche, come l'IGN francese, la possibilità di produrre carte generalizzate su larga scala trova il suo limite nella attuale generazione di programmi e macchinari, incapaci per strutturazione, ad affrontare le complesse tematiche legate all'approccio semantico e topologico.

La successiva strutturazione delle informazioni nelle banche dati ha poi reso evidente come fosse necessario un approccio maggiormente pragmatico al problema con l'individuazione di percorsi alternativi.

La concezione di database multi scala è collegata strettamente alla generalizzazione cartografica e di essa cerca di trovare una evoluzione compatibile con le caratteristiche delle *server farm* utilizzate e gli ambienti *software* in uso.

La creazione di banche dati capaci di consentire l'accesso ai dati spaziali ad un livello multiplo di dettaglio è ad oggi ancora oggetto di indagine da parte delle strutture di ricerca, e ha dato vita ad esperienze importanti come il progetto MurMur, e quello MADS, da esso generato.

Essi si sono spinti nella direzione di una completa integrazione delle informazioni alle diverse scale, garantendo l'accesso attraverso l'implementazione di un modello logico originale, strutturato per accogliere i diversi livelli di dettaglio all'interno dello stesso tipo – oggetto con attributi differenziati sia spazialmente sia temporalmente. Esso permette, inoltre, attraverso l'implementazione di applicativi ad hoc, di effettuare *query* complesse, altrimenti non possibili con le funzionalità ad oggi disponibili.

In attesa di poter dare il via ad una ricognizione in questa direzione, la sperimentazione, oggetto di questo documento, ha cercato, infatti di dare una prima risposta sia alla necessità di archiviare, strutturare, aggiornare e rendere disponibili le informazioni geografiche ai diversi attori della pubblica amministrazione sia di armonizzare le diverse architetture dei dati territoriali e degli strumenti di accesso.

La Regione Sardegna ha posto in essere l'appalto per un piccolo numero di enti locali comunali ed ha prontamente attivato, in seguito, una estensione ad un numero di comuni maggiori, forte dei risultati incoraggianti raggiunti.

Specifiche di progetto

L'appalto, eseguito dalla ditta Compucart, si è svolto nel corso degli anni 2006 e 2007. Al momento della pubblicazione del bando, le specifiche del Capitolato Speciale non avevano ancora recepito integralmente le indicazioni dei documenti intesaGIS, nella revisione 1007.

Le specifiche allegate erano state correttamente valutate per garantire la piena omogeneità con il DB10k, appena ultimato in seno alla Regione Autonoma della Sardegna. Successivamente, la modifica di diverse classi, grazie all'accoglimento delle indicazioni delle nuove specifiche (1007), ha causato una variazione del modello logico del 10k nella direzione dell'accoglimento delle istanze proprie di un approccio multiscala.

Tra le maggiori modifiche effettuate, è rilevante indicare che in capitolato la classe "Estesa Amministrativa" contenente l'aggregato della viabilità secondo criteri toponomastici ed amministrativi, era una classe con geometria poligonale identica alla classe "Area Stradale". Si è

pertanto deciso di eliminare l'informazione geometrica ridondante ed utilizzare la Tabella "Estesa Amministrativa" posta in relazione con le aree stradali, gli assi e i numeri civici tramite l'attributo comune "codice strada", univoco per ogni strada.

Altra importante modifica alle specifiche è stata quella relativa al rilievo, alle informazioni raccolte sul campo e al modello logico per lo strato toponomastica e numeri civici.

Le specifiche di capitolato, eccessivamente sintetiche, sono state ampliate con l'inserimento della destinazione d'uso prevalente del civico, al fine di costituire un primo dato fondamentale di collegamento tra le banche dati alfanumeriche e quelle geografiche.

Problematiche del progetto

Le problematiche affrontate nel corso dell'appalto possono essere ricondotte a sette macro aree:

1. Qualità della cartografia di partenza, oggetto di ristrutturazione
2. Costruzione della copertura areale totale del territorio
3. Tracciamento dell'area di separazione 2k -10k
4. Rilievo sul campo della numerazione civica
5. Aggiornamento 2k - 10k
6. Definizione regole e vincoli nel multiscala
7. Definizione delle regole per la stampa multiscala

Qualità della cartografia da ristrutturare: Sebbene sia stata una delle fasi più complesse, sia per la tempistica di sviluppo sia per l'impiego delle risorse umane, è stato di aiuto il fatto che la società Compucart, titolare dell'appalto, avendo prodotto le cartografie utilizzate, ha avuto accesso alle immagini fotografiche, alla minuta di restituzione e alla minuta di ricognizione.

La scelta dei centri urbani da inserire nel DB multiscala, come richiesto dal Capitolato, è stata effettuata su sei comuni: Assemmini, Elmas, Olbia, Oliena, Boroneddu, Soddi, diversi sia per anno di realizzazione della CTC, sia per tipologia territoriale e scala di realizzazione.

Nella logica di sperimentare la possibilità di recupero e riconversione massiva delle CTC già realizzate, la scelta dei comuni è stata diretta alla rappresentazione dei tre diversi periodi storici che la produzione cartografica ha vissuto negli ultimi 15 anni, contraddistinta sostanzialmente dal tipo di elaborato finale richiesto, stampa su carta e poliestere, *file* numerici di tipo CAD e *file* numerici strutturati in livelli informativi in formato .shp. La qualità del *file* numerico di partenza, è legata al tipo di elaborato da realizzare.

Nelle cartografie del primo tipo sono state riscontrate le maggiori difficoltà a causa dell'assenza della necessaria congruenza geometrica tra gli oggetti, a causa di ciò, le tolleranze da impostare per la loro ricostruzione sono state così soggette a variabilità, da non consentirne un trattamento massivo in *batch*. Il procedimento ha, infatti, obbligato a frequenti e pesanti operazioni di verifica e di *editing* manuale prima dell'inizio delle operazioni di conversione. Inoltre, una evidente povertà nell'uso della codifica, ha obbligato gli operatori a dover reinterpretare molti elementi, facendo uso delle ortofoto.

Le cartografie del secondo tipo sono quelle realizzate a cavallo tra il loro uso esclusivamente come supporto cartaceo e la scoperta delle opportunità offerte dal numerico. In questo caso, si è resa necessaria una parziale riorganizzazione degli elementi ed una codifica più completa al fine di incontrare al meglio le specifiche IntesaGIS.

Le ultime cartografie, in quanto realizzate secondo una precisa strutturazione, sono dotate di congruenza geometrica, già acquisita nella fase di restituzione; in questo caso, le codifiche sono state ulteriormente arricchite e gli elementi corrispondenti, quali assi strada, aree stradali o di vegetazione, acquisiti allo strumento restitutore o ricostruiti in fase di *editing* cartografico.

La disponibilità del volo aerofotogrammetrico e degli originali di restituzione ha fatto sì che tutte le incertezze potessero essere risolte ricorrendo alla fotointerpretazione.

Copertura completa del territorio: Per la definizione completa degli areali del territorio, sono state utilizzate tutte le informazioni a disposizione, (definizione delle essenze della vegetazione), ma soprattutto, è stato fondamentale l'utilizzo delle ortofoto realizzate nell'anno 2006 dalla Regione Sardegna.

Queste, sebbene molto accurate (50 cm) ed aggiornate, non sono state, però, risolutive nella definizione di alcune piccole aree, per la maggior parte al bordo delle strade o all'interno dei lotti. In questa fase, l'operazione più complessa è stata quella relativa alla definizione delle aree di pertinenza dell'edificato e la definizione di tutti i vialetti e le aiuole interne ai lotti. Queste operazioni sono state svolte, perlopiù, in modalità manuale, in quanto ogni automatismo restituiva dei livelli di errore non tollerabili.

E' stata rilevata una generale difficoltà interpretativa, spesso difficilmente risolvibile. Alla fine delle operazioni, è stata verificata la rispondenza del dato così ottenuto con il dato catastale. In questa occasione, è stato rilevato un livello di scostamento tale, tra le interpretazioni cartografiche e il dato catastale ufficiale, da rendere difficilmente utilizzabili tali informazioni ai fini di analisi e incrocio con banche dati diverse.



Situazione catastale congruente con il DB 2k



Situazione catastale non coerente con il DB 2k

Tracciamento dell'area di separazione: Il tracciamento dell'area di separazione del 2k dal 10k, al fine di preservare le informazioni di maggior dettaglio, ha subito nel corso delle lavorazioni numerose modifiche. Esse sono dovute, essenzialmente, alla necessità di convertire la maggior parte di territorio possibile mantenendo il tracciato su elementi fisici del territorio ben definiti.

In una prima fase, secondo le direttive del Capitolato, sono stati utilizzati elementi fisici importanti quali la viabilità alla scala di maggior dettaglio, avendo cura di interessare l'intera estensione delle aree degli incroci, gli edifici etc.

In seguito, a causa di una notevole riduzione delle aree interessate, dal momento che non sempre era presente una rete viaria esterna al centro urbano che lo circondasse completamente; si è proceduto alla definizione di un nuovo tracciato, secondo particolari fisici diversi quali, ad esempio, elementi divisorii e idrografia. Questo fatto, sebbene abbia causato un incremento delle aree di risulta tra i due database, è stata successivamente risolta inglobando interamente gli oggetti del 10k e quelli del 2k.

Al bordo si è poi proceduto alla ricostruzione della continuità dei grafi stradale e idrografico inserendo un tratto "fittizio" coincidente con la linea di separazione.

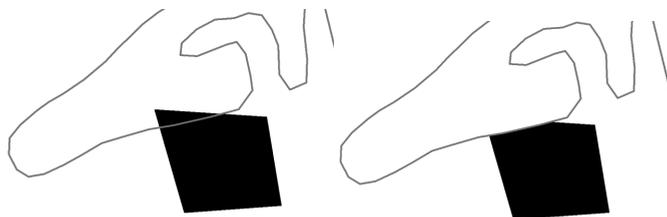
Non si è invece proceduto alla ricostruzione della continuità degli altri oggetti per non alterare il contenuto informativo del 10k, e non modificare le geometrie di maggior dettaglio del 2k .

Rilievo sul campo della numerazione civica: Le specifiche indicate in capitolato, relative solamente al rilievo della via e del numero civico, sono state sostituite con quelle contenute nei documenti IntesaGIS (1007); al loro interno, vi è infatti il riferimento a nuovi dati, quali, ad esempio, il lato della strada, (destra o sinistra) o la presenza di un passo carraio (con o senza autorizzazione). A queste, l'amministrazione regionale ha ritenuto opportuno aggiungerne una nuova relativa al campo di destinazione d'uso prevalente.

A causa dell'incremento delle informazioni da rilevare, non è stato possibile procedere secondo gli standard della ricognizione cartografica, ma è stata dotata ogni squadra di rilevatori con apposita strumentazione, (palmari), completa di un software appositamente sviluppato per soddisfare le specifiche imposte. Questo ha consentito di procedere in modo spedito in fase di rilievo e, contestualmente, avere un dato immediatamente utilizzabile e ristrutturabile con operazioni di back office.

Aggiornamento del 2k con geometrie provenienti dal 10k: Dal momento che le cartografie alla scala 1:2000 erano per la maggior parte di epoca successiva a quella di realizzazione del 10k, si è proceduto, in fase di impianto del database, al suo aggiornamento attraverso l'uso delle ortofoto del 2006. A causa di ciò, è stato possibile verificare che alcuni edifici erano più aggiornati sul 10k rispetto al maggior livello di dettaglio, oggetto della conversione. A tal fine, sono state ipotizzati due scenari differenti: il primo mirava a recuperare il dato del 10k in quanto più aggiornato, anche se in maniera speditiva e con una bassa precisione; il secondo, invece, puntava a preservare la correttezza geometrica a scapito dell'aggiornamento del dato.

Sono state eseguite alcune prove di inserimento di edificato al 10k nel 2k, con l'obiettivo di verificarne i vincoli e le relazioni reali che questo nuovo elemento aveva con gli elementi adiacenti. Nel caso di sovrapposizione, gli elementi provenienti dal 10k vengono adattati agli oggetti adiacenti.



Il risultato finale è stato giudicato insoddisfacente, in quanto non è sempre applicabile in maniera semplice ed univoca; per questo motivo si è deciso di prediligere la correttezza geometrica a scapito dell'aggiornamento del dato, essendo comunque riportata, per ogni entità, la data di aggiornamento.

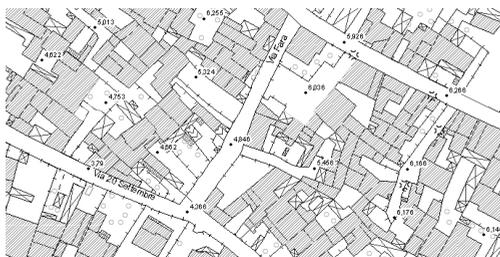
Definizione regole e vincoli nel multiscala: Il termine delle operazioni di conversione, sono stati importati i dati nel modello logico di SDE. Qui sono state definite le regole topologiche e la *cluster tolerance* impostata a 1cm. Al termine delle operazioni di verifica e correzione degli errori topologici riscontrati, è stata evidenziata la difficoltà di far convivere le regole topologiche all'interno di un unico modello logico. Questo a causa della differenze delle tolleranze, impostate a 1 cm per il dettaglio maggiore, diversamente da quanto fatto sul database originale (DB10k). Si è pertanto proceduto alla sistemazione delle eccezioni in un ambiente di test per poi caricare il contenuto corretto sul GeoDB multiscala, all'interno del quale valgono le tolleranze del 10k.

Definizione delle regole per la stampa multiscala: Nell'ambito dell'appalto sono state sviluppate delle procedure *software* per rappresentare in maniera uniforme, i dati provenienti alla scala 1:2000 alla scala minore. Inizialmente, è stato ipotizzato il ricorso alle procedure tipiche della generalizzazione. Questo, a causa dell'enorme mole di dati da processare, ha dato dei risultati poco incoraggianti; è stata allora rivolta l'attenzione all'analisi dei risultati derivanti dall'applicazione di filtri su alcuni attributi.

L'azione è stata dunque rivolta alla definizione dei limiti di rappresentabilità degli oggetti e alla definizione delle classi da stampare interamente, con filtri o da scartare, in quanto non presenti nella scala 1:10000.

Nella tabella seguente si riportano alcuni esempi di scelte adottate per lo sfoltimento e di seguito un esempio dei risultati ottenuti.

Classe	Criterio
Unità volumetrica	La classe non viene rappresentata
Edifici	La classe viene rappresentata
Manufatti edilizi (tettoie, baracche etc.)	Si applica il filtro: Area >150 mq
Muri Recinzioni e divisioni	Si applica il filtro: Lunghezza>15m
Curve di livello	Si applica il filtro: Quota multipla di 10m
Punti quota	Si mostrano un punto ogni 300
Alberi	Si mostrano un albero ogni 300



Stampa al 2000 del DB2k



Stampa al 10000 del DB2k sfolto al 10k



Stampa al 10000 del DB 10k della stessa zona

Conclusioni

Il lavoro svolto ha affrontato, per la prima volta in maniera diffusa e sistematica, le problematiche del riuso di cartografia esistente a grande scala, per la ristrutturazione in geoDb, e la sua integrazione in un database già implementato.

Questo particolare aspetto, ha reso necessaria una modifica del modello logico del 10k al fine di renderlo compatibile con le informazioni derivanti dalle scale maggiori. È importante sottolineare che le modifiche eseguite sono state, esclusivamente, di tipo conservativo, ovvero aggiunta di classi e domini, per rispondere alle nuove esigenze. Questa sperimentazione ha permesso di evidenziare una serie di criticità, alcune affrontate e risolte altre in fase di ulteriore studio.

Nell'esprimere soddisfazione per le conclusioni raggiunte, si vuole sottolineare la bontà dei risultati ottenuti per la procedura di stampa; infatti, procedendo con uno sfolto e una vestizione automatica, è stato possibile rappresentare, in maniera integrata, il 2k assieme al 10k senza soluzioni di continuità, segno evidente che i filtri utilizzati sono coerenti con quanto realizzato correntemente nella fase di acquisizione tradizionale di una cartografia alla scala 1:10000.

Riferimenti Bibliografici

Regione Autonoma della Sardegna (2005), "Implementazione e realizzazione di data-base topografici comunali"

IntesaGIS, "Specifiche per la realizzazione dei data base topografici di interesse generale", 1n1007(1,2,3,4,5,6)

Balley, S., Parent, C. and Spaccapietra S. (2006), "Modeling geographic data with multiple representations", International Journal on GIS (IJGIS). v18 iJune. 329-354.

DATABASE TERRITORIALI MULTISCALE E MULTIPRECISIONE: IMPLEMENTAZIONE DI INFORMAZIONI TERRITORIALI DB2K ALL'INTERNO DI BASE DATI DB10K

Ugo FALCHI (*), Nicola UTZERI (**)

(*) Università di Napoli "Parthenope", Centro Direzionale isola C4, tel: +39.081.5476593, ugo.falchi@uniparthenope.it

(**) Compucart Soc. Coop, via Monte Sabotino 15, tel: +39.070.281890, nicolautzeri@gmail.com

Introduzione

Le moderne esigenze di un'amministrazione regionale di pianificazione e gestione del territorio, con particolare riferimento alla tutela e valorizzazione delle aree a maggior valenza ambientale e culturale, ha richiesto l'implementazione di banche dati multiscale e multiprecisione, capaci di contenere informazioni geografiche rilevate a diversi livelli di dettaglio.

L'obiettivo di questa ricerca consiste nell'analisi delle diverse problematiche affrontate nell'ambito di un appalto sperimentale della Regione Sardegna, inerente l'integrazione di dati territoriali strutturati in un database alla scala di rilievo 1:2000 all'interno della banca dati istituzionale DB10k. I comuni che sono stati interessati dalla sperimentazione, coprono una superficie di circa 16.000 ettari, comprendenti aree di territorio urbano ed extraurbano alle diverse scale utilizzate di 1:500, 1:1000 e 1:2000.

In particolare, dopo aver implementato le informazioni provenienti dagli enti locali all'interno di banche dati secondo le specifiche tecniche di IntesaGIS, è stata concentrata l'attenzione sull'operazione di tracciamento della linea di separazione, ovvero del perimetro che costituisce il contatto tra il DB10k e il DB2k.

Al fine di preservare il livello di dettaglio maggiore, sono state studiate e sperimentate diverse soluzioni rivolte sia all'identificazione degli oggetti più idonei ad essere interessati da questo confine sia alla scelta del livello di dettaglio, destinatario di questa operazione, nel tentativo di minimizzare e risolvere il problema della aree di differenza create dal taglio del database.

Nonostante il buon esito della sperimentazione, rimangono ancora aperti diversi problemi relativi all'integrazione e alla convivenza dei diversi livelli di dettaglio.

Abstract

The land Management and means of planning control of regional government, concerning the protection and enhancement of environmental areas and cultural heritage, requires implementation of multiscale and multiresolution databases.

The main objective of this research consists of an analysis of various issues addressed under a Regione Sardegna experimental Contract, concerning spatial data integration with a scale of 1: 2000 within the institutional database, DB10k.

The municipality, that are been affected, covers an area of 16.000 hectares (39.536 acres), including urban and suburban areas.

After having deployed the data from Municipalities, with IntesaGIS Technical specifications, the attention was focused about the dividing line of 2k from 10k.

Different solutions have been studied, despite success several problems are to be solved about different resolution data integration

Database multiscala e multiprecisione

La comunità scientifica si è accostata al problema secondo molteplici direttrici, dettate sia dai risultati attesi sia dalle condizioni al contorno legate ai diversi settori disciplinari di partenza.

Sia la *computer science* che la geomatica, infatti, hanno a lungo dibattuto per ottenere una banca dati in grado di implementare, gestire, aggiornare e trattare informazione geografica a diverso livello di dettaglio (multiscala e multiprecisione) capace anche di restituire visioni della realtà ivi rappresentata per il soddisfacimento delle diverse necessità manifestate dai diversi attori nella gestione del territorio.

Di più, si è cercato di qualificare il database non solo secondo la connotazione spaziale, ma anche e soprattutto secondo le variazioni temporali che gli oggetti e le relazioni fra essi intercorrenti, subiscono durante la loro vita.

Lontana dalla finalità di questo lavoro è la catalogazione delle diverse esperienze fin qui condotte dai diversi gruppi di ricerca; saranno citati solo i progetti più rilevanti al fine di introdurre l'oggetto di questa sperimentazione in un contesto più idoneo.

In estrema sintesi, i passaggi scientifici operati in questa direzione, hanno contemplato prima la generalizzazione della banca dati, ovvero l'estrazione, all'interno dello stesso contesto fisico o in una struttura differente ma legata dallo stesso modello logico, di informazione geografica derivata a partire da dati rilevati. Tuttavia, è stato preso d'atto della estrema complessità di tali operazioni, già sperimentata nella derivazione cartografica; è maturata in questo senso, infatti, la consapevolezza della necessità di una superiore generazione di software capaci di essere autonomi nella capacità di selezione delle informazioni rilevanti da una base dati geografica che implica, invece, una capacità di astrazione connessa ad una profonda conoscenza dei concetti a loro connessi, tipica della attività umana.

Di seguito, forti della necessità di integrazione e condivisione dell'informazione geografica prodotta dai diversi livelli di competenza territoriale locale e nazionale, è stato dato il via nell'anno 2000, al progetto MurMur, (*Multi Representations - Multi Resolutions*) e allo sviluppo di MADS, un modello concettuale per lo sviluppo di applicazioni tradizionali e spazio – temporali.

In questa direzione si erano sviluppate diverse iniziative, a carattere nazionale e internazionale, che mirano alla raccolta e alla diffusione di dati territoriali, geografici ed ambientali, quali, ad esempio, ANZLIC nel 1996, FGDC nel 1997, GeoConnections nel 2001 e INSPIRE.

L'obiettivo è quello di rappresentare il mondo reale nelle sue diverse sfaccettature, attraverso la coesistenza di diversi set di dati, spesso diversi sia per gli aspetti semantici sia per il taglio tecnico.

Il consolidamento di queste informazioni eterogenee da la possibilità di declinare la realtà circostante secondo le diverse visioni che le numerose fonti impiegate veicolano e permette nel contempo il coinvolgimento di dati altrimenti incompatibili tra di loro.

Scelte operative del capitolato di progetto

Nella direzione sopra citata, anche se frutto di scelte meno elaborate sono le prescrizioni tecniche alla base della sperimentazione oggetto di questo lavoro.

La coesistenza di banche dati prodotte a livello comunale alla scala 1:2000 all'interno del database istituzionale della Regione Sardegna alla scala 1:10000, invece che essere diretta nella direzione di una sovrapposizione gestita da un apposito modello logico spazio temporale, è stata richiesta attraverso la sostituzione delle porzioni relative ai centri urbani, con banche dati prodotte a scala maggiore.

Inoltre, il progetto richiedeva la strutturazione delle cartografie numeriche, tra di loro eterogenee per acquisizione e restituzione, secondo la struttura della banca dati alla scala 1:10000 (DB10k).

In questo con testo ha assunto un ruolo fondamentale l'individuazione dell'area di lavoro, la cui perimetrazione costituisce, di fatto, l'esistenza della linea di separazione tra le due scale.

Le indicazioni fornite a riguardo possono essere così sintetizzabili:

1. Il tracciamento del perimetro dell'area eseguito sulla base delle classi di oggetti maggiormente rilevanti, quali edificato e reti viarie;

2. la scelta del ciglio stradale, nei casi di viabilità nell'intorno dell'area urbana, ricade sulla linea esterna e, in caso di incroci, includere tutta l'area;
3. includere nell'area di ritaglio anche gli edifici che si trovano a bordo strada e fanno parte del nucleo abitato;
4. la linea di separazione deve tagliare il minor numero di oggetti;
5. tagliare le vie d'acqua possibilmente nei punti di immissione di un corso d'acqua principale in uno secondario o nei punti di immissione/emissione in uno specchio d'acqua; le sorgenti devono essere incluse o escluse completamente dalla selezione;
6. aggiungere gli elementi mancanti al completamento della rappresentazione, in caso non siano presenti nella scala 1:10000;
7. rilevare interamente tutti gli oggetti poligonali che si trovano a contatto con la linea di separazione per evitare che il maggior dettaglio possa scavalcare tale linea. Questo è comunque valido solo per alcune tipologie di oggetti, quali ad esempio, piccoli oggetti poligonali e oggetti con sviluppo parallelo alla linea di mezzzeria.

Problematiche

Nel capitolato speciale d'appalto sono state evidenziate diverse linee guida per il tracciamento della linea di separazione. Nell'ambito di questa operazione, sebbene possa apparire marginale rispetto a tutte le altre, sono state evidenziate tutta una serie di problematiche, altrimenti non prevedibili in sede di preparazione della documentazione tecnica di gara.

In particolare, come da capitolato e da indicazioni successive, le linee di separazione dovevano essere tracciate sul DB10k, in modo da garantire, all'interno dell'area di taglio, una selezione di oggetti interi. Un ulteriore problema è stato l'individuazione di opportune linee di taglio che non riducessero eccessivamente le aree da sottoporre a conversione.

Per ovviare a questa necessità, non è stato sempre possibile appoggiarsi su elementi della viabilità in quanto non sempre questa era disposta intorno all'intero perimetro della cartografia da convertire, ma si è reso necessario appoggiarsi anche su altri elementi quali, ad esempio, l'idrografia, o gli elementi divisorii; in casi estremi, si è dovuto procedere seguendo le curve di livello.

Nella figura seguente, la linea più interna, a tratto più fine, rappresenta la linea di taglio disegnata considerando la sola viabilità, la linea più esterna, di maggior spessore, invece, rappresenta la linea tracciata per racchiudere la porzione maggiore possibile di cartografia.



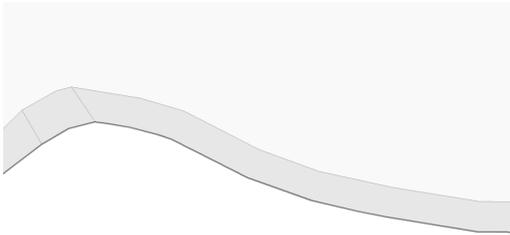
Al termine delle operazioni di perimetrazione, è stato anche verificata l'impossibilità di seguire le geometrie solamente del 10k o del 2k perché in entrambi i casi si sarebbero verificati dei tagli sugli oggetti nell'area adiacente.

Infine, il lavoro più complesso è stato quello del tracciamento manuale delle linee di separazione prima della strutturazione del DB2k, ovvero sulle cartografie comunali (CTC). Questo fatto non ha infatti consentito di utilizzare alcune funzionalità dell'ambiente GIS utilizzato che si sarebbero potute rivelare fondamentali se si fosse proceduto alla perimetrazione, successivamente alla loro conversione.

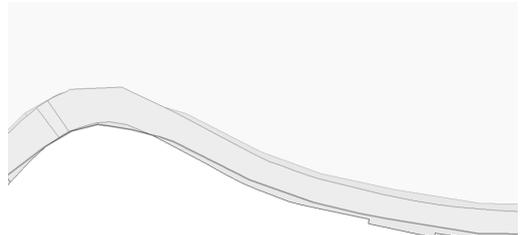
Soluzioni indagate

Al termine delle operazioni di perimetrazione ed al confronto tra i risultati ottenuti, si è pensato di procedere fondendo le aree provenienti dal 2k e quelle del 10k. In questo modo è stato evitato il taglio di oggetti rilevanti in entrambe le scale.

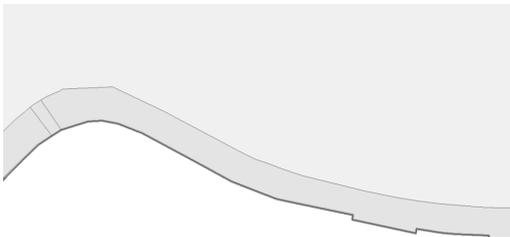
Di seguito, si è presentato il problema del popolamento di alcune zone del territorio non classificate all'interno del 2k. A tal fine, si è proceduto applicando la stessa classificazione utilizzata nell'area adiacente rappresentata al minor livello di dettaglio del 10k.



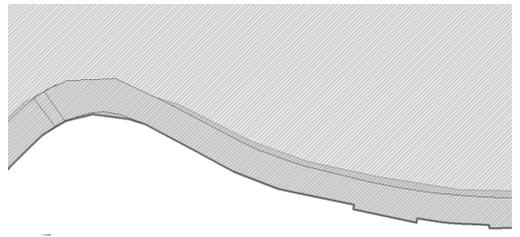
Linea di separazione tracciata sugli oggetti del 10k come da indicazioni iniziali



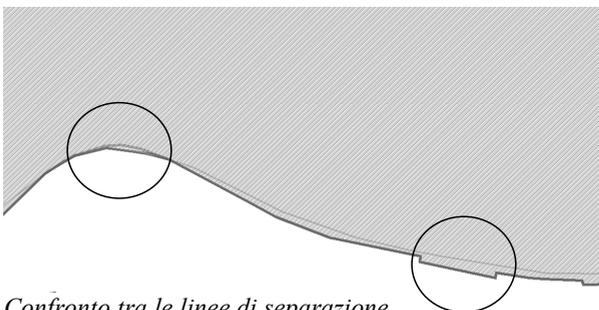
Visualizzazione della classe al 2k (si vede lo scostamento tra la linea di separazione e la cartografia di maggior dettaglio)



Tracciamento della linea di separazione sul 2k



Correzione della linea di separazione sul 10k. L'area di taglio può essere solo allargata



Confronto tra le linee di separazione

Al termine del lavoro di conversione, si è poi proceduto all'affinamento ulteriore delle linee di separazione utilizzando le *feature* proprie sia del DB10k sia del DB2k.

Per il proseguo di appalti di questo tipo, si ritiene sia maggiormente produttivo procedere ad una individuazione di massima delle aree di lavoro, affinando successivamente tali perimetrazioni con l'unione degli oggetti appartenenti ai livelli di dettaglio utilizzati.

Impatto sul database delle linee di confine e possibili evoluzioni

La convivenza nella stessa banca dati di informazioni geografiche a diverso livello di dettaglio di acquisizione, attraverso l'inserimento delle aree urbane alla scala di rilievo tipica delle amministrazioni comunali (1:1000, 1:2000) è stato oggetto, nel 2006, di una sperimentazione da parte del Centro Interregionale nel territorio della Regione Sicilia, in particolare per quanto riguarda il comune di Ragusa.

Anche in questo progetto sono emersi con chiarezza, tutti i limiti di questo genere di approccio al problema anche se esso ha il merito di fornire un primo prodotto, utilizzando esclusivamente i dati già in possesso delle amministrazioni locali senza ricorrere a pesanti modifiche del modello logico del database.

Tuttavia, l'esistenza stessa di una linea di separazione tra le diverse scale, pone di fatto, tutta una serie di problemi, difficilmente risolvibili se non accettandone le discontinuità e sottoponendo la banca dati a massicce operazioni di *editing* topologico.

Infatti, sebbene è possibile operare una scelta oculata su quali oggetti possano essere selezionati come strategici per partecipare ad una o all'altra delle scale, e in questa operazione, studiarne una classificazione omogenea e una metodologia operativa efficace, è innegabile che, sulla linea di confine, la banca dati, implementata per offrire una rappresentazione della realtà senza soluzione di continuità, deve fare i conti con un salto di dettaglio importante.

La possibilità di effettuare il "taglio" sulla scala a maggior dettaglio, invece che sul DB10k, infatti, sebbene permetta di migliorare notevolmente l'impatto di questa operazione, mantenendo maggior precisione, non esclude l'interruzione degli elementi lineari di grande estensione.

Anche la scelta di includere, oltre al 2k anche gli elementi del 10k, sebbene renda più completa la rappresentazione sulle linee di confine, impone il completamento, con elementi provenienti da altre coperture cartografiche, di tutte quelle aree altrimenti prive di oggetti rilevati alla scala di maggior dettaglio.

In tutti i casi, non è sempre possibile includere o escludere gli elementi del territorio, ma si è costretti ad operare dei tagli per tutte quelle classi lineari, quali, ad esempio, la rete stradale, ferroviaria e le vie d'acqua, le diverse reti tecnologiche, le condutture generiche e le antropizzazioni lineari di grande estensione, le *breakline* e le isoipse, per citarne le più importanti.

Le molteplici tecnologie di acquisizione e restituzione dei dati cartografici, nonostante l'imposizione di protocolli uniformi per la strutturazione delle banche dati, fanno sì che lungo la linea di separazione non sia sempre possibile mantenere la continuità degli elementi lineari, a meno di intervenire in fase di *editing*, attraverso operazioni di *displacement*, da operare nel rispetto delle tolleranze, preferibilmente con riferimento a quelle della scala di maggior dettaglio.

E' evidente che una automatizzazione spinta di un processo come questo sia di difficile realizzazione così come le operazioni di aggiornamento, che costringerebbero, comunque, ad intervenire nuovamente sulla struttura geometrica e topologica della banca dati.

Pur apprezzandone i risultati, di grande impatto e importanza per l'amministrazione regionale, gli autori sono convinti che si possa affrontare il problema, facendo ricorso ad un approccio completamente diverso.

Alla luce dei risultati raggiunti dal progetto europeo MurMur, "*Multi-representations and multiple resolutions in geographic databases*", classificato come "*Project 10723 - 1.1.2000 to 31.12.2002*", è possibile intervenire sul modello logico del database, rendendo possibile la coesistenza, all'interno della banca dati, dei diversi punti di vista, ovvero ciò che è di interesse mantenere e visualizzare,

secondo le necessità dei diversi utilizzatori esperti delle informazioni, e diverse risoluzioni, legate all'uso di scale differenti.

L'obiettivo da raggiungere rimane quello di implementare una sola banca dati invece di doverne gestire un numero maggiore, controproducente sia dal punto di vista economico sia dal punto di vista tecnico, infatti, questa soluzione rende molto complicata la propagazione degli aggiornamenti e impedisce l'utilizzo di tutte quelle applicazioni che invece richiedono l'accesso a dati multipli per motivi, per esempio, di analisi.

Inoltre, è stato già dimostrato che il ricorso ad interventi di generalizzazione genera un flusso di operazioni troppo lungo e complesso di durata decisamente maggiore rispetto ad altre soluzioni.

E' necessario, perciò, rendere il database cosciente dei diversi livelli di dettaglio presenti al suo interno e garantire la possibilità di poter effettuare delle *query* e delle navigazioni globali, sull'intero *dataset* di informazioni, contemporaneamente.

In questa ottica, diversi sono stati gli approcci compiuti per unificare i database; essi sono classificabili in due filoni principali, ovvero il *warehousing data* e *federated*.

Il secondo mira a mantenere le banche dati separate e implementare uno schema totale che li accomuna, il primo, secondo gli autori la via da seguire, invece, è finalizzato all'unione fisica dei database; entrambe le soluzioni richiedono, però, la creazione di un modello logico innovativo.

In accordo con le risultanze del progetto MADS, *Modeling of Application Data with Spatio-temporal features*, iniziato nel 1995 ma accresciuto e migliorato in seno alle attività portate avanti dal progetto MurMur, è necessario sviluppare un nuovo schema legato a concetti non solo spaziali ma anche temporali, capace, inoltre, di tracciare la variazione dei valori di un tipo-oggetto o di un tipo-relazione nello spazio e nel tempo, all'interno del proprio dominio.

In questa direzione sarà necessario sviluppare un approccio capace di gestire informazioni multi-risoluzione con l'implementazione di regole minime relative alla consistenza delle informazioni, per esempio, la presenza, nelle rappresentazioni più complesse, degli elementi principali presenti in quelle con meno dettaglio, e alla semantica, ovvero la consapevolezza della corrispondenza degli elementi rappresentati, nelle diverse rappresentazioni della realtà, secondo una struttura dei dati 1:1, 1:n o n:m.

Questo fatto permetterà di sviluppare delle tecniche di propagazione automatica degli aggiornamenti, vera sfida all'incipiente obsolescenza delle informazioni che rende inutilizzabile la raccolta dati originaria dopo poco tempo dal loro rilievo.

Riferimenti Bibliografici

MurMur, *Multi-representations and multiple resolutions in geographic databases*, "Project 10723 - 1.1.2000 to 31.12.2002"

Balley, S., Parent, C. and Spaccapietra S. (2006), "Modeling geographic data with multiple representations", *International Journal on GIS (IJGIS)*. v18 iJune. 329-354.

Regione Autonoma della Sardegna (2005), "Implementazione e realizzazione di data-base topografici comunali "

IntesaGIS, "Specifiche per la realizzazione dei data base topografici di interesse generale", 1n1007(1,2,3,4,5,6)

S., Parent, C. and Spaccapietra S., Zimányi E. (1995), MADS, *Modeling of Application Data with Spatio-temporal features*

PLANNING GNSS REALISTICO

Bianca FEDERICI (*), Domenico SGUERSONO (**)

(*) Politecnico di Torino – DITAG, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino
bianca.federici@fastwebnet.it

(**) Università degli Studi di Genova, Via Montallegro 1, 16145 Genova
domenico.sguerso@unige.it

• Riassunto

La presenza sempre più diffusa delle reti di Stazioni Permanenti GNSS rende le tecniche di rilevamento satellitari sempre più semplici, veloci ed economiche, permettendo al tecnico di ottenere facilmente precisioni sub-decimetriche. L'esito e specie la spedività di campagne di misura GNSS traggono però vantaggio da una accurata fase di planning, soprattutto nel caso in cui il sito oggetto di rilievo presenti caratteristiche che rendano le osservazioni dei satelliti difficoltose. Per agevolare la ricerca di siti idonei alla monumentazione di stazioni permanenti GNSS, si è aggiornato un software, precedentemente sviluppato da uno degli autori; esso permette di ottenere carte di visibilità satellitare realistiche, che tengano cioè conto attraverso modelli digitali delle superfici dell'area di interesse, della morfologia del territorio e della eventuale presenza di edificato. Mediante tale software è stata effettuata un'analisi comparata della visibilità satellitare e dell'indice PDOP in funzione delle diverse costellazioni satellitari GNSS nell'arco delle 24 ore, per un'area territoriale particolarmente complessa. La valutazione della numerosità satellitare realisticamente visibile è integrata da un indice di visibilità percentuale valutato rispetto al numero di satelliti disponibili in assenza di ostruzioni, al fine di facilitare la scelta della posizione delle future stazioni permanenti GNSS della Regione Piemonte.

Abstract

The more and more spread presence of GNSS Permanent Station Networks makes the satellite survey techniques more simpler, quicker and cheaper, allowing the technician to obtain easily sub-decimeteric precisions. However, the result and, above all, the speed of GNSS survey campaign get an advantage out of accurate planning, especially where the site to survey has characteristics that make the satellite observations difficult. To facilitate the search of sites suitable for the installation of GNSS permanent stations, a planning software, previously developed by one of the author, has been updated; it allows to obtain realistic satellite visibility maps, taking into account of the terrain morphology or buildings through digital surface models of the interesting area. By means of such software, a comparative analysis of satellite visibility in function of the different GNSS satellite constellation in the course of 24 hours in a particularly complex area was performed. The evaluation of satellite numbers realistically visible is integrated with an index of visibility percentage with respect to the number of satellite observable without obstructions, so to make easy the choice of the site for the future GNSS permanent stations of Piedmont Region.

• Introduzione

La presenza sempre più diffusa delle reti di Stazioni Permanenti GNSS rende le tecniche di rilevamento satellitari sempre più semplici, veloci ed economiche, permettendo al tecnico di ottenere facilmente precisioni sub-decimetriche.

Un'accurata pianificazione della campagna di misura può agevolare l'esito e soprattutto la spedività della campagna stessa; è prassi comune lasciare all'esperienza dell'operatore e ad un

planning privo di ostruzioni la scelta della finestra oraria nella quale effettuare le misure, affidando al sempre maggior numero di satelliti a disposizione il risultato del rilevamento. Il presente lavoro vuole valutare tale affidabilità effettuando un'analisi della reale visibilità satellitare in un'area sufficientemente complessa.

Lo strumento utilizzato è una nuova versione dei moduli già presentati da uno degli autori in Fruet et al. (1999 e 2000), che permettono di effettuare un planning realistico della visibilità satellitare, tenendo cioè automaticamente in conto le eventuali ostruzioni all'intervisibilità satellite-ricevitore, fornite dalla morfologia del terreno e della eventuale presenza di costruzioni antropiche.

Molti sono i software commerciali oggi disponibili che consentono di effettuare la pianificazione di rilievi per un certo numero di punti che però, come noto, solitamente prevedono ricognizioni in sito particolarmente onerose per valutare le ostruzioni e gli impedimenti al segnale.

I moduli scritti vogliono agevolare proprio la valutazione delle ostruzioni, permettendo di progettare una campagna di misure in funzione del numero di satelliti realmente visibili e del contributo fornito dalla loro configurazione geometrica, particolarmente utile in zone complesse per una scelta ottimale degli intervalli temporali e la relativa organizzazione della sessione di misura.

Un primo modulo determina le ostruzioni realistiche sulle aree in esame, a partire da modelli tridimensionali della superficie orografica e/o dell'edificato (Modello Digitale delle Superfici - DSM); in seguito, utilizzando i principali file di almanacco delle costellazioni GNSS a disposizione, un secondo modulo crea carte sia della realistica visibilità satellitare che dell'indice PDOP, entrambi valutati per singoli istanti o per una finestra temporale a scelta dell'operatore. In questo secondo caso i valori riportati per ciascun punto della carta, rappresentano la peggiore situazione riscontrabile in quel pixel nell'intero intervallo temporale, rispettivamente pari alla minima numerosità satellitare ed al massimo PDOP.

Tali algoritmi, scritti in linguaggio C, originariamente si basavano su funzioni proprie del software GIS free ed open source GRASS nella versione 5.0, quali moduli interni al software stesso.

Nel presente lavoro si è cercato di risolverne i problemi di portabilità, aggiornando le dipendenze verso le librerie presenti nell'attuale versione 6.3 di GRASS; questa infatti differisce particolarmente dalla versione 5.0 proprio nelle librerie che risultano per lo più esterne al software stesso, rendendo così la configurazione più stabile e meno dipendente da future modifiche interne, nell'ottica di una sempre maggiore portabilità del software GIS.

- **Analisi comparata di visibilità satellitare GNSS**

- È stata presa come zona campione della presente analisi un'area circostante la cittadina di Vinadio (Provincia di Cuneo) di dimensione 18 x 27 km e quote variabili tra i 700 m e i 3000 m, rappresentata da un DTM di maglia 50 m x 50 m.

L'almanacco impiegato, del 7 Agosto 2008, ha fornito la disponibilità di 30 satelliti su 31 della costellazione GPS e di 14 satelliti sui 26 dell'intera costellazione GLONASS, per un totale di 44 satelliti.

L'analisi è stata effettuata per le 24 ore della giornata del 8 Agosto 2008.

L'intento è quello di valutare le aree nelle quali risulti eventualmente impossibile l'impiego del posizionamento GNSS e per quanta parte della giornata; si assume a tal fine una finestra temporale pari ad un'ora, quale intervallo minimo considerato per effettuare un rilievo. Si noti che tale ipotesi comporta una discretizzazione di detta giornata su finestre orarie, per ciascuna delle quali sono state create due carte riportanti rispettivamente il minimo numero di satelliti e il massimo valore di PDOP che il generico utente registrerebbe in quel pixel, ossia in quella posizione; si ritiene preferibile infatti indicare non tanto la configurazione istantanea, quanto piuttosto quella che fornisca condizioni cautelative per l'intera durata del rilievo, difficilmente di durata inferiore all'ora. Per una più immediata interpretazione, tali carte sono state riclassificate nelle tre potenziali condizioni di rilievo: insufficienti, sufficienti e buone, alle quali si sono associati rispettivamente i colori nero, bianco e grigio. Per quanto riguarda la visibilità satellitare, si è distinto tra aree in cui il rilievo GNSS non risulta possibile in quanto con meno di 4 satelliti (condizione insufficiente), aree

in cui il numero di satelliti è idoneo per effettuare un rilievo (condizione sufficiente: 4-7 satelliti) ed aree in cui la visibilità satellitare è con più di 7 satelliti (condizione buona); i limiti tra le condizioni sufficienti e buone sono opinabili e per tale motivo possono essere diversamente scelti dall'utente. Per quanto riguarda l'indice PDOP, il contributo che la configurazione geometrica dei satelliti fornisce alla precisione del rilievo si è distinto nelle seguenti condizioni: buona (PDOP inferiore a 3), sufficiente (PDOP tra 3 e 7) ed insufficiente (PDOP superiore a 7 o non calcolabile nel caso siano osservabili meno di 4 satelliti).

In figura 1a e 1b si riportano a titolo d'esempio le carte relative alla sola costellazione GPS per la fascia oraria delle ore 23-24, rappresentativa delle condizioni medie dell'intera giornata.

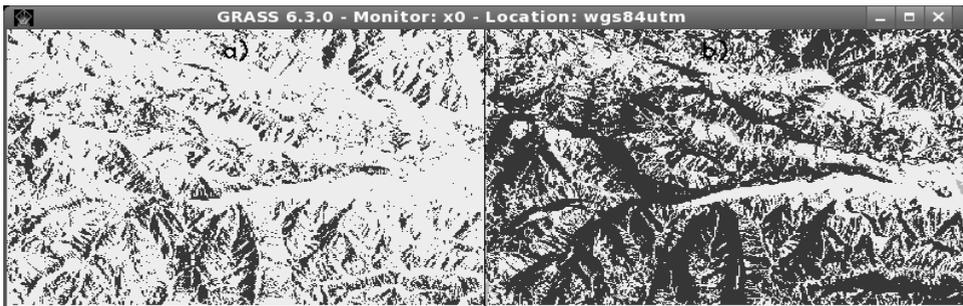


Figura 1 - a) carta visibilità satellitare GPS; b) carta PDOP per la costellazione GPS

Per quanto riguarda la visibilità satellitare per la fascia oraria 23-24, in figura 1a il 22% della regione è caratterizzata da condizioni insufficienti ad un rilievo GPS, in particolare per i versanti esposti a nord e ad est; il restante 78% è caratterizzata da visibilità sufficiente ma quasi mai buona. Sono state comunque osservate delle fasce orarie ottimali (dalle 7 alle 10 e dalle 18 alle 21) nelle quali solo il 5-10% della regione ha condizioni insufficienti ed il 10-15% è caratterizzato da condizioni buone.

Per quanto riguarda l'indice PDOP, in figura 1b il 58% della regione è caratterizzata da condizioni insufficienti, mentre solo il 2% assume valori buoni. Ciò evidenzia come in diverse situazioni critiche, il numero di satelliti potrebbe essere sufficiente per effettuare un rilievo ma la loro disposizione geometrica può essere tale da causare scarse precisioni al rilievo risultante. Tale comportamento è stato osservato anche in altri momenti della giornata; nelle fasce orarie 8-9, 9-10, 19-20 e 20-21, ad esempio, nelle quali la visibilità satellitare risulta insufficiente solamente nel 3-6% della regione, il valore del PDOP è per il 25-50% dei pixel con valore insufficiente al rilievo GPS. Nella fascia oraria 2-3 il 100% dei valori di PDOP risultano insufficienti, contro il 54% della regione con meno di 4 satelliti realisticamente visibili. Ciò evidenzia quanto sia utile ancora oggi individuare la finestra oraria ottimale per l'esecuzione del rilievo.

Le stesse valutazioni sono state effettuate considerando anche la presenza della costellazione GLONASS; le carte rappresentative della visibilità satellitare e del PDOP sono rispettivamente riportate nelle figure 2a e 2b.

Nella medesima fascia oraria delle figure 1, dalle 23 alle 24, la percentuale di territorio in cui sono visibili meno di 4 satelliti passa dal 22% al 2,5%, mentre per il 28,5% dell'area risultano realisticamente visibili oltre 7 satelliti. Anche il PDOP migliora, anche se in maniera meno marcata poiché il 32% della regione risulta comunque caratterizzato da valori insufficienti (contro il 58% della sola costellazione GPS), e solo il 5% assume valori buoni. L'apporto dell'attuale costellazione GLONASS risulta pertanto significativo, anche se non ancora risolutivo.

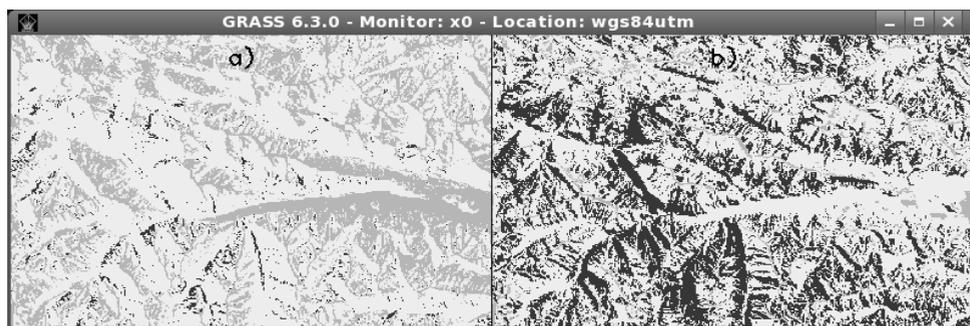


Figura 2 - a) carta visibilità satellitare GPS+GLONASS; b) carta PDOP GPS+GLONASS

Nelle tabelle 1 e 2, rispettivamente per la sola costellazione GPS o per entrambe le costellazioni GPS e GLONASS, sono riportate alcune statistiche relative alle percentuali di aree definite insufficienti, sufficienti o buone. Le percentuali di territorio riportate sono la media, il minimo ed il massimo tra i valori delle 24 fasce orarie, per ciascuna classe di rilievo.

n_sat_min_h GPS	MEDIA	MIN	MAX
insuf	23,3	3,0	54,0
suff	73,7	46,0	91,0
buono	3,0	0,0	16,0

pdop_max_h GPS	MEDIA	MIN	MAX
insuf	56,8	25,0	100,0
suff	40,2	0,0	65,0
buono	3,1	0,0	11,0

Tabella 1 – Percentuali di territorio per visibilità satellitare e PDOP con la sola costellazione GPS

n_sat_min_h GNSS	MEDIA	MIN	MAX
insuf	3,5	0,0	18,5
suff	59,5	16,0	90,0
buono	36,9	2,5	84,0

pdop_max_h GNSS	MEDIA	MIN	MAX
insuf	26,3	5,6	58,5
suff	62,1	41,5	78,0
buono	12,1	0,0	31,0

Tabella 2 - Percentuali di territorio per visibilità satellitare e PDOP, costellazioni GPS+GLONASS

Dal confronto tra le suddette tabelle si può notare l'apporto della costellazione GLONASS, anche se non ancora risolutivo, particolarmente evidente nelle drastiche riduzioni delle percentuali di territorio classificate insufficienti (rilevabili tanto nei valori medi, quanto nei valori estremi di minimo e massimo), quanto nell'incremento delle aree con buone condizioni di rilievo.

Si è quindi cercato di valutare se alcune porzioni di territorio risultassero eventualmente caratterizzate in ogni ora della giornata dall'impossibilità di effettuare rilievi GNSS, sia dal punto di vista della visibilità satellitare che da quella del PDOP; si è pertanto effettuata un'intersezione delle carte orarie precedentemente descritte, per individuare le eventuali aree definite insufficienti (nere) in ogni ora dell'intero arco giornaliero. Considerando la sola costellazione GPS, si è ottenuto che solo 746 pixel, corrispondenti allo 0,4% della regione considerata, soddisfano tale condizione relativamente alla visibilità satellitare mentre per quanto riguarda l'indice PDOP, l'8% della regione

ha valori considerati insufficienti in ciascuna delle 24 analisi orarie. Se questo risultato è da considerarsi favorevolmente allo sviluppo dell'impiego delle tecniche satellitari, occorre altresì tenere presente che nessun pixel ha soddisfatto le condizioni di buona visibilità satellitare per l'intera giornata. L'apporto della costellazione GLONASS fa sì che solo 3 pixel rimangano caratterizzati da visibilità insufficiente nell'arco delle 24 ore, mentre 1141 pixel, corrispondenti al 0,6%, sono sempre caratterizzati da una visibilità realisticamente buona. Per quanto riguarda l'indice PDOP, la porzione di regione caratterizzata sempre da valori insufficienti si riduce fino allo 0,7%; nessuna area risulta invece appartenere alla classe di PDOP buona (valori inferiori a 3) per l'intero arco della giornata, anche se 1600 pixel, pari al 0,8% del territorio in studio, sono classificati buoni per ben 22 ore, con valori di PDOP pari a 3 nelle restanti 2 ore.

Ne segue pertanto che, utilizzando un ricevitore in grado di ricevere i segnali da entrambe le costellazioni, pochissimi sarebbero i luoghi dove l'utente sarebbe impossibilitato per l'intera giornata ad effettuare un rilievo GNSS.

Calcolo dell'indice di visibilità percentuale

Per facilitare la scelta della posizione delle future stazioni permanenti GNSS della Regione Piemonte, nel secondo modulo è stata implementata la possibilità di effettuare il calcolo dell'indice di visibilità percentuale che il software TEQC dell'UNAVCO fornisce per ogni controllo di qualità. Tale indice rappresenta la percentuale del numero di osservabili effettivamente acquisite rispetto alla quantità massima acquisibile in assenza di ostruzioni, valutato sull'intera giornata, avendo ipotizzato un'angolo di cutoff pari a 5°.

Nel presente lavoro il calcolo della disponibilità satellitare e della numerosità di satelliti realisticamente visibili tenendo conto delle ostruzioni fornite dal DSM, viene effettuato ogni 5 minuti ed integrato sulle 24 ore; tali valutazioni sono state effettuate considerando la sola costellazione GPS, per una progettazione cautelativa della stazione permanente.

Nella figura 3 si riporta a titolo d'esempio la carta relativa a tale indice di visibilità percentuale per l'intera zona in studio (figura 3a), con un ingrandimento di dettaglio per il paese di Demonte (figura 3b, indicato mediante un riquadro in figura 3a) alla quale è stata sovrapposta la Carta Tecnica Regionale (CTR) della Regione Piemonte alla scala 1:10.000. I pixel di colore più scuro sono caratterizzati da valori elevati dell'indice, compresi tra l'80% e il 100%, indicativi di una buona visibilità satellitare, prevalentemente dislocati nelle porzioni di fondo valle più aperte e sui crinali; i pixel di colore più chiaro assumono valori percentuali minori, con valore minimo pari al 35% nella figura 3a, ed al 60% nella figura 3b.

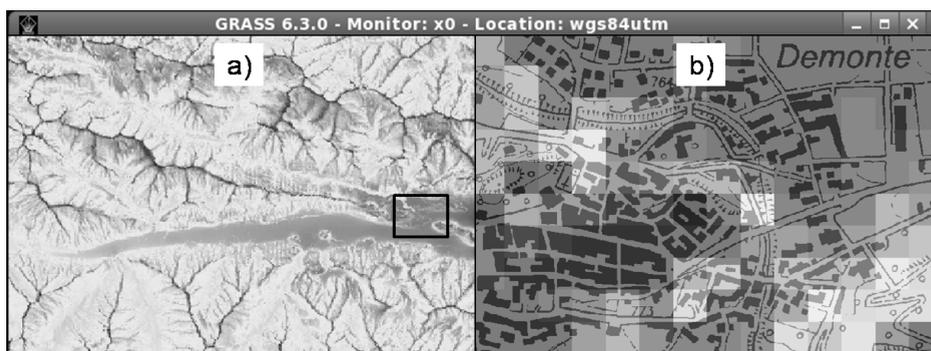


Figura 3 - a) carta dell'indice di visibilità percentuale; b) particolare per il paese di Demonte

I risultati relativi alla figura 3b evidenziano la discretizzazione planimetrica dell'analisi effettuata, pari alla risoluzione del Modello Digitale del Terreno (DTM) di 50 m x 50 m; i risultati ottenuti nel centro urbano sono da considerarsi solo indicativi in quanto l'analisi è stata effettuata considerando

le sole ostruzioni orografiche, trascurando pertanto quelle dovute agli edifici stessi, Una corretta valutazione delle ostruzioni sarebbe possibile integrando le informazioni fornite dal DTM con le altezze degli edifici riportate dalla cosiddetta carta dei tetti o, in alternativa, disponendo di un Modello Digitale delle Superfici (DSM).

Conclusioni

Un software per la pianificazione realistica delle campagne di rilevamento GNSS, già presentato in Fruet et al. (1999 e 2000) ed ultimamente aggiornato nelle librerie per una maggiore portabilità nelle versioni del GIS GRASS, è stato utilizzato come strumento di analisi per evidenziare l'importante contributo che la costellazione GLONASS fornisce nelle aree territoriali particolarmente critiche da un punto di vista della visibilità satellitare. Si è valutato come, per l'area oggetto di studio, la presenza della seconda costellazione renda pressoché nulle le aree nelle quali sia impossibile effettuare un rilevamento GNSS a causa dell'insufficiente numerosità satellitare; per contro, la percentuale della regione per la quale i valori di PDOP sono realisticamente superiori al 7 è ancora considerevole per una buona parte della giornata (tabella 2). Se ne deduce pertanto che l'attuale situazione satellitare non è ancora ottimale per consentire un rilievo satellitare con più di 7 satelliti e PDOP inferiore a 3 (specie dal punto di vista di quest'ultimo parametro) su gran parte del territorio analizzato per l'intero arco della giornata.

Inoltre è stato implementato l'indice di visibilità percentuale, ottenuto dal confronto tra i satelliti realisticamente visibili e quelli osservabili in assenza di ostruzioni, con un angolo di elevazione cutoff di 5°, al fine di facilitare la scelta della posizione delle future stazioni permanenti GNSS della Regione Piemonte.

L'algoritmo utilizzato per le suddette analisi, è in continua evoluzione principalmente per poterne estendere le applicazioni ad aree significativamente maggiori, ottimizzandone i tempi di calcolo. Si ritiene che questo strumento possa trovare utili applicazioni nei servizi di posizionamento offerti dalle reti di stazioni permanenti GNSS, favorendo una maggiore fruibilità delle informazioni, consultabili da parte dell'utente anche tramite Web-GIS.

• Ringraziamenti

Il presente lavoro è sviluppato nell'ambito del progetto PRIN2006 "Galileo ed il posizionamento satellitare modernizzato", coordinato dal Prof. F. Sansò del Politecnico di Milano.

Si ringrazia il Settore Informativo Territoriale della Regione Piemonte, nella persona del dirigente dott. Garretti, per aver messo a disposizione il DTM e la CTR per l'area oggetto di studio.

• Bibliografia

Carli D., Fruet G., Sguerso D., Zatelli P. (2000), "Nuovi sviluppi per la pianificazione di rilievi satellitari cinematici terrestri o aerei", *Atti della 4^a Conferenza Nazionale ASITA*, Genova 3-6 ottobre 2000.

Ciulli M., Sguerso D., Zatelli P. (2000), "GIS applications with GRASS", *Geomatics Workbooks*, n. 1, pp. 1-12, ISSN 1591-092X. <http://geomatica.como.polimi.it/workbooks>. Ed. Geomatics Laboratory, Politecnico Milano-Polo Como.

Fruet G., Sguerso D., Zatelli P. (1999), "Planning GPS automatico con ostruzioni realistiche", *Atti della 3^a Conferenza Nazionale ASITA*, Napoli 9-12 novembre 1999, II 773-778.

Fruet G., Sguerso D. (2000), "La pianificazione di rilievi GPS/GLONASS in ambienti densamente urbanizzati", *Atti della 4^a Conferenza Nazionale ASITA*, Genova 3-6 ottobre 2000, II: 849-854.

Software GRASS del GRASS Development Team, 2006, ITC-irst, Trento: <http://grass.osgeo.org>

TEQC toolkit for GNSS data pre-processing, UNAVCO:
<http://facility.unavco.org/software/teqc/teqc.html>

VALUTAZIONE DELLO STATO EROSIONE DELLE SPIAGGE LIGURI: APPLICAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO GEOGRAFICO

Marco FERRARI (*), Ileana BALDUZZI (*),
Alessandra BOZZANO (*), Corinna ARTOM (**)

(*) Dip.Te.Ris. Università di Genova, Corso Europa, 26, 16132 Genova,
tel +390103538275, ferrari@dipteris.unige.it

(**) Regione Liguria, Ufficio Aree Demaniali Marittime, Via D'Annunzio, 113, 16121 Genova,
tel +390105484251, corinna.artom@regione.liguria.it

Riassunto

La fascia costiera ha un ruolo fondamentale nell'economia della Liguria, infatti, l'attività turistica della regione ha portato, nel tempo, alla concentrazione della pressione antropica in quest'area ed a rilevanti variazioni ambientali. L'urbanizzazione della fascia costiera si è verificata all'incirca negli ultimi due secoli con la realizzazione dei sistemi di comunicazione (ferrovia e rete viaria), l'espansione dei centri abitati e la costruzione di strutture turistiche alberghiere. Ciò ha alterato in modo permanente i delicati equilibri del territorio costiero.

Il bisogno di comprendere e affrontare il fenomeno dell'erosione costiera che caratterizza le coste liguri ha incoraggiato numerosi studi per individuare le cause delle erosioni indotte dall'occupazione della fascia litoranea e dalle variazioni d'uso del territorio.

La Regione Liguria, all'interno del programma Beachmed INTERREG IIIb, finanziato dall'Unione Europea, in collaborazione con il Dip.Te.Ris. dell'Università di Genova, ha promosso studi al fine di definire, identificare e quantificare i fenomeni erosivi lungo tutta la costa della Liguria. Il primo obiettivo è stato quello di stabilire un metodo opportuno per identificare e quantificare tali fenomeni e, soprattutto, prendere in considerazione l'assetto costiero attuale a seguito dell'urbanizzazione. Successivamente è stata prodotta una cartografia a scala regionale, utilizzando un Sistema Informativo Geografico ed un database associato che contiene non solo i dati morfo-sedimentari, ricavati da studi sul campo e da dati bibliografici, ma che è anche in grado di permettere la valutazione dello stato del litorale.

Abstract

The coastal strip plays a fundamental role in the Ligurian economy. In fact, tourist activity in the region has led to a concentration of human activity in the area and the intense exploitation of its various coastal formations. The urbanisation of the coastal strip began roughly two hundred years ago with the construction of major lines of communication, specifically the coastal railway line to France, and the construction of hotels and other tourist facilities in the main towns. All of this altered the delicate equilibrium of the coastal strip permanently.

The need to understand and combat the erosive phenomena taking place along the Ligurian coast as a result of this urban trend has led to numerous studies to determine its exact causes.

The Ligurian regional government and the University of Genoa have cooperated to undertake studies to identify, define and quantify the erosive phenomena occurring along the entire littoral as part of the E.U. Beachmed INTERREG IIIb Programme. Their first objective was to determine a suitable method for identifying and quantifying the erosive phenomena in relation to the actual, post-urbanisation coastal situation. Subsequently a regional-scale map was produced with the help of a Geographical Information System (GIS) and a database that contained all the morphosedimentary data obtained from fieldwork and bibliographic studies and could be used to evaluate the state of the littoral.

Inquadramento dell'area

Il settore costiero della Liguria, oggetto dello studio, ha uno sviluppo di circa 350 km di cui solo circa 100 km sono costituiti da spiagge. L'assetto geologico-strutturale della regione condiziona in modo significativo l'evoluzione della costa e dei bacini idrografici. L'area mostra una piattaforma continentale generalmente poco estesa o estremamente ridotta nel settore occidentale; essa è solcata da numerosi canyon che rappresentano aree di consistenti *bypass* di sedimenti verso la piana batiale (Fanucci et al., 1976). La presenza di rilievi montuosi che spesso raggiungono il mare presentano una neotettonica tuttora attiva ed hanno determinato spartiacque molto prossimi alla costa e assetti strutturali diversificati tra i settori occidentale ed orientale (Vanossi, 1986). I bacini versanti risultano quindi di dimensioni ridotte, fatta eccezione per i fiumi Roya, Centa, Entella e Magra; sono caratterizzati da elevate pendenze e presentano un regime prevalentemente a carattere torrentizio con un trasporto solido episodico e spesso caratterizzato da sedimenti grossolani. Lo sviluppo geomorfologico risulta quindi costituito da una costa alta che racchiude piccole spiagge a tasca ciottolose e delimita aree in cui l'esistenza di piccole piane costiere favoriscono l'instaurarsi di spiagge di una certa estensione, specie nel margine alpino (Fanucci et al., 1990). Questa particolare conformazione del territorio ligure, oltre a determinare una frammentazione del litorale, che risulta suddiviso in numerose unità fisiografiche, ha condizionato lo sviluppo dei centri abitati e delle strutture portuali nei limitati spazi disponibili che hanno causato un notevole impatto antropico.

Per quanto attiene al clima meteomarinario, la costa, pur con diverse esposizioni dovute all'orientazione dell'arco ligure, risulta soggetta alle agitazioni ondose provenienti da meridione e in particolare da SW (Libeccio) che risulta essere il mare regnante e dominante, con un *fetch* geografico superiore a 800 km, da SE (Scirocco) con un *fetch* geografico di 200 km ed infine il settore di Mezzogiorno, subordinato ai precedenti (I.I.M., 1978; AA.VV., 2004). In generale la dinamica sedimentaria, collegata con il trasporto sottocosta generato dal moto ondoso, risulta quindi condizionata dalle ondatazioni di SW che determinano un flusso detritico principale generalmente rivolto verso oriente, mentre alla traversa di SE è imputabile una deriva sedimentaria secondaria con verso opposto che solo in alcuni settori particolarmente orientati può risultare principale (AA.VV., 1997).

Materiali e metodi

Poiché l'indagine condotta si poneva come obiettivo principale di determinare una metodologia idonea ad identificare e quantificare il fenomeno erosivo e di realizzare una cartografia ed un geodatabase associato che incorporasse i dati bibliografici e di campo, sono stati condotti una serie di rilievi morfosedimentologici lungo 360 sezioni delle spiagge alla scala di 1:25.000, oltre ad una raccolta dei dati già disponibili.

I rilievi sono stati condotti secondo le procedure più usuali (Carobene, Brambati, 1975), quali: ampiezza ed altezza della spiaggia, pendenza, quota e distanza della berma di tempesta. Sono stati effettuati prelievi di sedimenti in corrispondenza della battigia, scelta per la sua significatività rispetto alle condizioni energetiche del moto ondoso.

I sedimenti sono stati caratterizzati secondo la classificazione proposta da Folk e Ward (1957) ed inoltre sono stati determinati i principali parametri sedimentologici (media, granulo medio, classazione e *skewness*) secondo le metodiche proposte da Folk (1961).

Valutazione del fenomeno erosivo (parametri indice)

La valutazione dello stato erosivo del litorale è stata effettuata attraverso l'analisi di 5 parametri morfo – sedimentari (Tab. 1) ritenuti indicativi delle condizioni del litorale, secondo le procedure già messe a punto nel progetto Beachmed, Interreg IIIb (Ferrari et al., 2004).

Variatione della linea di riva – determinazione delle variazioni storiche della linea di riva al fine di valutare i fenomeni evolutivi e quantificarne i trend. A tale scopo sono stati utilizzati gli aerofotogrammi dei voli bassi costieri della Regione Liguria per gli anni 1944, 1973, 1983 e 1993. Poiché questa valutazione ha tenuto conto delle caratteristiche del litorale ligure, caratterizzato da spiagge di limitata ampiezza e costituite prevalentemente da sedimenti ciottolosi e ghiaiosi, è stato individuato come valore discriminante dello stato erosivo di un litorale variazioni (V) di 1 m/anno.

Altezza della spiaggia - sono stati messi in relazione l'altezza del profilo di spiaggia ed il *run-up* per quantificare la capacità di un tratto di litorale di dissipare il moto ondoso ascendente sulla spiaggia stessa; a tale scopo sono stati considerati i valori teorici di *run-up* elaborati da Mase (1989): *run-up* massimo (R_{max}), la media dei maggiori 1/3 *run-up* ($R_{1/3}$) ed il *run-up* medio (R_{medio}).

Tipo di profilo – questo parametro è rivolto alla determinazione della capacità di una spiaggia di dissipare il moto ondoso in funzione del suo profilo *cross – shore*; a tale proposito è stato adottato l'indice “ ϵ ” elaborato da Guza & Inman (1975), indice essenzialmente funzione della pendenza della spiaggia e dei caratteri meteorologici.

Parametri sedimentologici – la valutazione delle condizioni tessiturali della spiaggia è stata effettuata con l'utilizzo dei parametri statistici sedimentologici classazione (σ) e asimmetria (Skw); il presupposto di partenza è che un tratto di litorale sottoposto a depauperamento subirà l'allontanamento delle frazioni dimensionalmente meno stabili e conseguentemente il fuso granulometrico andrà ad assumere una elevata classazione (bassi valori di σ) e un arricchimento della componente più grossolana (Skw negativo).

Tabella 1 – Parametri morfo-sedimentologici ritenuti descrittori dello stato della spiaggia

I valori dei parametri morfo – sedimentari (Tab. 2) sono stati immessi in un opportuno algoritmo di calcolo.

Valore	0	1	2	3
Parametro indice				
Variatione linea di riva (V)	$V < 0$ m/a	$0 < V < 1$ m/a	> 1 m/a	$>> 1$ m/a
Altezza spiaggia (H)	$H > R_{max}$	$R_{1/3} < H < R_{max}$	$R_{medio} < H < R_{1/3}$	$H < R_{medio}$
Profilo spiaggia (ϵ)	$\epsilon > 20$	$20 < \epsilon < 2.5$	$2.5 < \epsilon < 1$	$\epsilon < 1$
Classazione sedimenti (σ)	$\sigma > 0.8$	$0.5 < \sigma < 0.8$	$0.35 < \sigma < 0.5$	$\sigma < 0.35$
Asimmetria sedimenti (Skw)	$Skw > 0.1$	$0.1 < Skw < 0$	$0 < Skw < -0.1$	$Skw < -0.1$

Tabella 2 – Valori attribuiti ai parametri indice

Il valore indice totale ottenuto permette di valutare lo stato erosivo del litorale identificato dal parametro “S”. In base alla grandezza di “S” ottenuta, sono stati definiti quattro classi che si differenziano per diverse entità di intervento (Tab. 3).

	Classificazione	Tipologia d'intervento
$S < 4$	Litorale in avanzamento o stabile	Nessun intervento
$4 \leq S < 8$	Litorale sottoposto a blanda erosione	Interventi di riequilibrio
$8 \leq S < 12$	Litorale sottoposto ad erosione	Interventi di ricostruzione
$S \geq 12$	Litorale sottoposto a forte erosione	Interventi strutturali di ricostruzione

Tabella 3 - Indice d'erosione, classificazione del litorale e tipologia d'intervento.

Geodatabase

I dati ottenuti dalle indagini di campo e dalle successive elaborazioni, sono stati inseriti in una base di dati adeguatamente strutturata alle esigenze del progetto (Ferrari et al., 2005). In particolare sono stati individuati 6 ambiti principali ulteriormente distinti in campi e riportati in Tabella 4.

Elemento	Tipologia	Informazioni
Corsi d'acqua	Lineare	Dimensioni bacino versante; Portata solida; Portata liquida; Litotipi principali
Opere di difesa	Lineare	Tipologia; Caratteristiche strutturali; Dimensioni; Anno di costruzione
Spaggia	Poligonale	Tessitura; Morfologici (ampiezza, altezza, pendenza); Valutazione erosione (valori indice); Indice erosione (classificazione, tipologia intervento)
Urbanizzazione	Poligonale	Tipologia (aree urbane, industriali, agricole.); Dimensioni
Dati morfologici e sedimentologici	Puntuale	Dati morfologici (ampiezza, altezza, pendenza); Dati sedimentologici (tessitura e indici sedimentologici); Valori di <i>run-up</i>
Costa alta	Lineare	Dominio; Unità tettonica; Litotipo

Tabella 4 - Struttura della base di dati

La base di dati, che con la componente geometrica e la metainformazione costituisce il geodatabase (Fig. 1), è strutturata su due differenti livelli: nel primo sono inseriti i dati morfo – sedimentologici che permettono di caratterizzare e definire il litorale; il secondo, invece, prevede l'elaborazione dei dati secondo la metodologia precedentemente descritta e quindi consente di definire le diverse entità degli interventi da programmare per la difesa e/o il ripristino dei litorali in erosione. Dall'analisi delle elaborazioni effettuate emerge come il 29% delle spiagge liguri siano soggette ad erosione (con il 2% ad elevata criticità), che spesso trova la causa principale nella pressione antropica aumentata in modo esponenziale fin dal dopoguerra e che si somma al naturale deficit sedimentario registrato da ampie porzioni del territorio nazionale. Soltanto il 16% degli arenili è da considerarsi stabile o in avanzamento, ma questa condizione è raggiunta in massima parte grazie ai numerosi interventi di difesa e di ripascimento operati nel corso degli anni (Fig. 2). Il restante 55% delle spiagge, pur protette con diverse soluzioni che vanno dalle difese rigide ai ripascimenti periodici, mostrano bilanci sedimentari debolmente negativi che le rendono instabili e suscettibili di periodici interventi manutentivi.

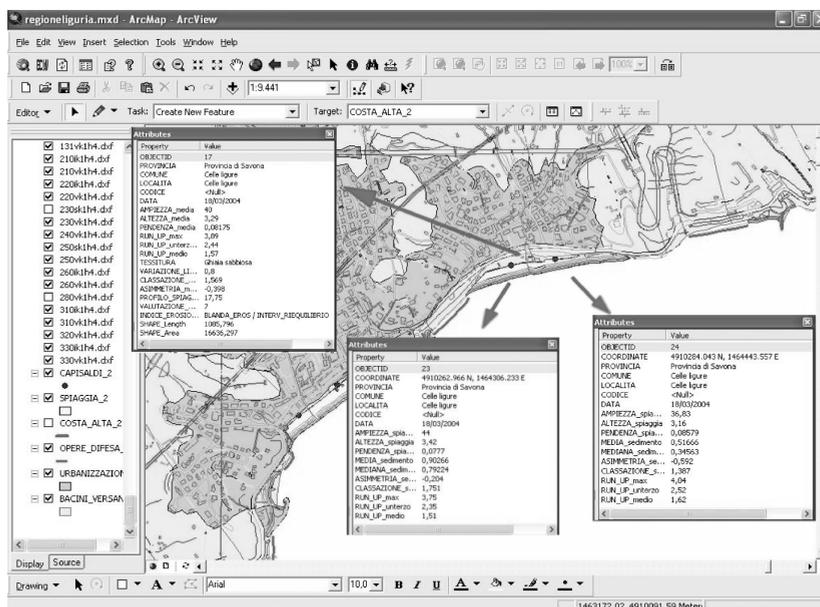


Figura 1 – Visualizzazione dei dati per il litorale di Celle Ligure (Liguria occidentale)

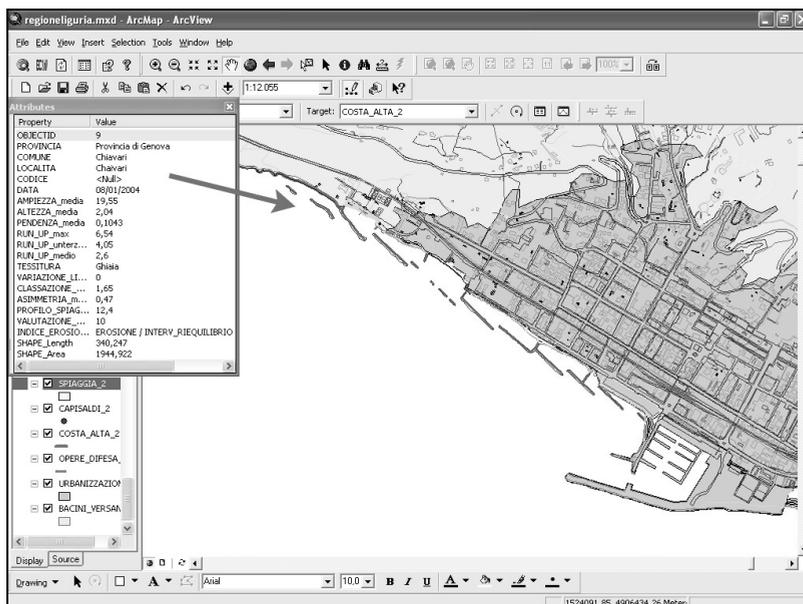


Figura 2 – Costa e infrastrutture della città di Chiavari (Liguria orientale)

La strutturazione del geodatabase risulta costituita, oltre che dalle componenti geometrica ed informativa, anche dalla metainformazione che ne certifica i contenuti dichiarando le condizioni di realizzazione e quindi ne determina le effettive possibilità di riutilizzo. La compilazione della base di dati è stata effettuata secondo i parametri definiti dalla commissione europea e che fanno riferimento allo standard ISO 11179; le informazioni sono state quindi compilate secondo lo standard del *Federal Geographic Data Committee's* (FGDC).

Conclusioni

I dati ottenuti dalle indagini di campo, successivamente implementate su piattaforma GIS con database associato, hanno permesso di ottenere un quadro completo della situazione della costa ligure. I parametri prescelti per la valutazione dell'indice d'erosione costiero si sono dimostrati nella maggior parte dei casi pertinenti ed idonei alla valutazione oggettiva del fenomeno e soprattutto risultano essere significativamente più esauritivi della sola valutazione delle variazioni di ampiezza della spiaggia; infatti, nei litorali studiati, quest'ultima risulta generalmente molto contenuta ed insufficiente a valutare il fenomeno erosivo.

L'applicazione di questa metodologia ha inoltre offerto il vantaggio di poter eseguire confronti tra diversi tratti costieri e, conseguentemente, diviene di fondamentale importanza nella gestione della fascia costiera e nelle azioni di pianificazione territoriale. A tale riguardo risultano molto utili le interrogazioni (*query*), che possono essere rivolte al sistema per individuare le diverse tipologie d'intervento da prevedere nei differenti tratti di litorale.

Infine, l'architettura stessa del sistema offre la possibilità di integrare i dati attuali con successive indagini che potranno portare ad un affinamento sempre maggiore dello studio.

Bibliografia

- AA.VV. (1997), *Atlante delle spiagge italiane*, a cura di: Giuliano Fierro, CNR-MURST., S.EL.CA., pp. 4, tavv. 108
- AA.VV. (2004), *Wind and Wave Atlas of the Mediterranean Sea*, Western European Union, Western European Armaments Organization Research Cell, 34 pp, 386 tavv.
- Carobene L., Brambati A. (1975), "Metodo per l'analisi morfologica quantitativa delle spiagge", *Boll. Soc. Geol. It.*, 94: 479-493
- Fanucci F., Corradi N., Firpo M., Piccazzo M., Tucci S. (1990), "Les côtes de la Mer Ligure: morphologie, dynamique et évolution", *Littoral 1990, Comptes rendus du 1er symposium international de l'Association européenne EUROCOAST*, Marsiglia 9-13 luglio 1990: 82-86.
- Fanucci F., Fierro G., Rehault J.P. (1976), "Evoluzione quaternaria della piattaforma continentale ligure". *Mem. Soc. Geol. It.*, **13**: 233-240.
- Ferrari M., Balduzzi I., Bozzano A., Bolens S. (2004), "Valutazione dello stato d'erosione dei litorali e stima del fabbisogno di sedimenti per il ripascimento delle spiagge liguri", in: *La ricerca di sabbie nel Mar Ligure*, Regione Liguria, 61-71
- Ferrari M., Balduzzi I., Bozzano A., Artom C., (2005), "The use of a GIS to evaluate the erosion of the Ligurian littoral", *International Cartographic Conference, A Coruña, 2005*, CD-ROM file:///D:/htm/pdf/poster/TEMA5/MARCO%20FERRARI.pdf
- Folk R.L., Ward W. (1957), "Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters", *Jour. Sed. Petr.* 27: 3-26.
- Folk R.L. (1961), "Review of grain size parameters", *Sedimentology, Department of Geology University of Texas, Austin*. 143 pp.
- Istituto Idrografico della Marina (1978), *I venti e lo stato del mare*, I. I. M. Genova. 5: 1-14
- Mase H. (1989), "Random Wave Run-up Height on Gentle Slope", *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, Vol 115, 5: 649-661.
- Vanossi M. (1986), "Geologia delle Alpi Liguri", *Mem. Soc. Geol. It.*, **28**: pp 598.

TECNICHE DI GEOSPATIAL INTELLIGENCE PER IL MONITORAGGIO DEI CONSUMI ENERGETICI DEGLI EDIFICI

Andrea FIDUCCIA (*), Milena MIGLIONICO (**),
Giovanna NETTI (***), Luca NOVELLI (****)

(*) Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini, 4 00157, Roma; P: +39.06.43588889;

Fax: +39 06 43254376, andrea.fiduccia@intergraph.com

(**) Progetto H.E.L.I.O.S.-GIS Università degli Studi di Roma "La Sapienza"- Intergraph Italia LLC,
C/O Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini 4, 00157 Roma, milenamiglionico@inwind.it

(***) Progetto H.E.L.I.O.S.-GIS Università degli Studi di Roma "La Sapienza"- Intergraph Italia LLC,
C/O Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini 4, 00157 Roma, nettig@hotmai.com

(****) Archimedes Logica Srl, via Tagliamento 9, 00198 Roma; Tel. +390684241614; inovelli@archimedes.it

Riassunto

Il progetto di ricerca è stato orientato a valutare la potenzialità di utilizzo di immagini da telerilevamento satellitare o aereo per il monitoraggio dei consumi energetici degli edifici secondo quanto prescritto dal D.Lgs 192 del 2005, successivamente modificato dal D.Lgs. 311 del 2006, i quali definiscono le procedure applicative per la certificazione energetica degli edifici e contengono le Linee Guida nazionali. Il certificato energetico è reso obbligatorio per accedere agli incentivi nazionali, regionali e locali che riguardano il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio e nel caso di edifici pubblici dati in gestione a società di servizi. La ricerca ha avuto il fine di avviare lo studio di un modello per il monitoraggio delle temperature superficiali degli edifici da rapportare a quanto dichiarato nelle certificazioni energetiche. Il ricorso ad immagini telerilevate e aviotrasportate consente il continuo aggiornamento dei dati ed offre la possibilità di effettuare un controllo costante nel tempo da integrare con le fasi di indagine sul campo. La sperimentazione ha avuto per oggetto l'area di Porto Marghera nel Comune di Venezia a sud della stazione ferroviaria di Venezia Mestre. Un primo step ha riguardato l'analisi delle caratteristiche dei sensori da telerilevamento satellitare ed aereo riguardo alla risoluzione geometrica ed alla presenza della banda dell'infrarosso termico, necessaria per la rilevazione delle temperature superficiali. I sensori utilizzati sono: Aster, Landsat e MIVIS (quest'ultimo risultando essere il più adeguato ad un'analisi a scala urbana di edificio). Obiettivo successivo è stato classificare gli edifici presenti nella scena secondo la temperatura media della copertura, relazione tale dato con le caratteristiche costruttive, con i materiali di rivestimento, con la classe energetica e associare ad ogni edificio le caratteristiche degli impianti di riscaldamento e/o climatizzazione. Sarà così possibile interrogare e leggere i parametri fondamentali di rendimento energetico, analizzare le singole situazioni evidenziando le anomalie, su cui pianificare le campagne d'ispezione da parte di Comune, Provincia o Regione e creare uno strumento utile nei processi di pianificazione urbana.

Il dato satellitare, classificato e successivamente georiferito, ha permesso di individuare le situazioni anomale (edifici con temperatura superficiale troppo bassa e troppo elevata rispetto a quella esterna) e si è correlata la temperatura al materiale di copertura e alla destinazione d'uso degli edifici. Tale risultato è utile per capire se le cause delle differenze sono dipendenti da fattori interni all'immobile o legati all'ambiente esterno (zone d'ombra, zone esposte ai venti), quindi trarre considerazioni utili sia per i processi di pianificazione che considerazioni su una corretta strategia di acquisizione delle immagini satellitari e i requisiti per le banche dati da relazionare nel modello analitico. In particolare si è focalizzata l'attenzione sulla condizione degli edifici

appartenenti alla classe A e B in quanto oggetto delle disposizioni della Finanziaria 2007 in tema di agevolazioni fiscali per il risparmio energetico. L'approccio analitico implementato integra il dato telerilevato con i dati GIS ancillari eterogenei per formati e sistemi di riferimento spaziale (in quanto prodotti dalle diverse PPAA locali e centrali) realizzando un prototipo di SDSS orientato alla GeoSpatial Intelligence per le analisi urbanistico-ambientali mediante il software Image Scout della Intergraph Corporation.

Abstract

The research project has been orientated to estimate potentiality of remote sensing by satellite or by plane pictures for monitoring energy consumption of buildings in accordance with D. Lgs. 192 of 1995, lately modified by D. Lgs. 311 of 2006, which define applicatory procedures for buildings energy certification and contain national guidelines. To accede to national, regional, local incentive concerning buildings energy performance improvement and in case of public buildings management entrusted to service company it is compulsory to obtain an energy certificate. The research started a study of a model suited to monitoring superficial temperatures buildings to compare to what is declared in energy certification. The use of remote sensing and airborne images enables a continuous data updating, it offers the possibility to carry out a time constant control to integrate on site researches. The experimentation focused on Porto Marghera in Venice Municipality, south Venice Mestre railway station. A first step concerned an analysis of sensor features for remote sensing by satellite and plane, in the matter of geometric resolution and thermal infrared areas of the electromagnetic spectrum existence, requested for survey of superficial temperatures. The used sensor are: Aster, Landsat and MIVIS (the latter it's the most suitable for an analysis on urban scale of a building). The next objective was a classification of existing building in the range using roof material mean temperature, relating this data with constructive features, covering materials, efficiency class and connecting every building with the specified heating and/or air conditioning system. So it is possible read energy performance highlighting every anomaly, on which planning municipality, district, region inspections and establishing a useful tool in town and country planning processes.

The satellite data, classified and lately georeferenced, enable to localize anomalous situations (buildings with superficial temperature too low or too high in comparison to open-air one) and temperature has been correlated with covering materials and building disposition of use such result is useful to understand if the causes of differences are related to internal factors of building or to open-air environment (shadow zones, wind exposure), so drawing useful consideration for pianification processes and a right strategy for acquiring satellite pictures and requirements for database to report to analytic model. We focused our attention on building belonging to A and B classes, because the 2007 Financial Law consents tax relieves for energy conservation in these classes. The analytic approach implemented combine the remote sensing datum with the GIS ancillary data for sizes and spatial reference frames (because they are supplied by local and national administrations) implementing a prototype of SDSS oriented to geospatial intelligence for analysis in urban environment using Intergraph Corporation Image Scout software.

Introduzione

Il progetto di ricerca è orientato a valutare la potenzialità di utilizzo di immagini telerilevate e/o aviotrasportate per il monitoraggio dei consumi energetici degli edifici secondo quanto prescritto dal D.Lgs 192 del 2005, successivamente modificato dal D.Lgs. 311 del 2006, che definiscono le procedure applicative per la certificazione energetica degli edifici e contengono le Linee Guida nazionali.

Il settore abitativo è responsabile di circa un terzo dei consumi energetici. Da studi risulta che i consumi medi per mq degli edifici italiani sono i più bassi al mondo, ma tale valore risulta elevato se si considera il fabbisogno al mq e i gradi/giorno, indice di cattiva coibentazione, basso rendimento degli impianti di riscaldamento e non ottimale regolazione degli stessi. (fonte: libro bianco sull'edilizia ENEA-FINCO 2004).

Le nuove norme stabiliscono il dimezzamento dei consumi energetici degli edifici, che saranno soggetti ad una classificazione in funzione del loro rendimento.

Le Regioni hanno il compito di monitorare il raggiungimento e il mantenimento dei requisiti di prestazione energetica degli edifici espressi nel certificato energetico, di monitorare i consumi legati a riscaldamento, climatizzazione estiva e produzione di acqua calda sanitaria.

Il certificato energetico è reso obbligatorio per accedere agli incentivi nazionali, regionali e locali che riguardino il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio e, nel caso di edifici pubblici dati in gestione, a società di servizi.

La ricerca è rivolta ad analizzare le caratteristiche dei sensori all'infrarosso termico attualmente presenti sul mercato, nel campo del rilievo da satellite e da volo aereo al fine di avviare lo studio di un modello per il monitoraggio delle temperature superficiali degli edifici da riportare a quanto dichiarato nelle certificazioni energetiche. Il ricorso ad immagini telerilevate e aviotrasportate consente il continuo aggiornamento dei dati, offre la possibilità di effettuare un controllo costante nel tempo da integrare con le fasi di indagine sul campo.

La metodologia

La sperimentazione ha avuto per oggetto l'area di Porto Marghera nel Comune di Venezia a sud della stazione di Venezia Mestre.

Un primo step ha riguardato l'analisi delle caratteristiche dei sensori da telerilevamento satellitare ed aereo, riguardo alla risoluzione geometrica ed alla presenza della banda dell'infrarosso termico, necessaria per la rilevazione delle temperature superficiali. I sensori utilizzati sono stati: Aster, Landsat e MIVIS. Il più adeguato ad un'analisi a scala urbana di edificio è risultato il sensore iperspettrale MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer) prodotto dalla ditta statunitense Daedalus e di proprietà del consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR – Progetto LARA). Il MIVIS è costituito da quattro spettrometri che riprendono simultaneamente in 102 bande: 20 (spettrometro 1) nel visibile tra 0,43 e 0,83 micron, 8 (spettrometro 2) nell'infrarosso vicino tra 1,15 e 1,55 micron, 64 (spettrometro 3) nell'infrarosso medio tra 2,0 e 2,5 micron e 10 (spettrometro 4) nell'infrarosso termico tra 8,2 e 12,7 micron. La risoluzione geometrica dipende dall'altezza di volo e varia da 2 a 10 metri, la risoluzione radiometrica è di 12 bit (4096 livelli), la risoluzione spettrale: 20 μm nel visibile e nel vicino infrarosso; 50 μm nell'infrarosso medio; 9 μm nell'infrarosso termico.

Il secondo step ha previsto l'analisi dell'immagine secondo due metodologie differenti: una classificazione supervised con lo Spectral Angle Mapper di ENVI e una classificazione di tipo supervised con il modulo software VLS Feature Analyst nel software Image Scout della Intergraph Corporation. Il software ENVI ed i dati MIVIS sono stati messi a disposizione per la sperimentazione da Archimedes Logica Srl di Roma, il software Image Scout da Intergraph Italia LLC.

L'algoritmo SAM (classificazione in base alla misura dell'angolo n -dimensionale, numero di bande, dei pixel con le firme spettrali di riferimento) implementato in ENVI ha richiesto come input i seguenti dati: identificazione di ROI (regioni di interesse: aree campioni guida sulle quali effettuare test di indagine e verifica), definizione del numero di classi da riconoscere, definizione della soglia minima dell'angolo, definizione dei pixel (ROI) o librerie già esistenti da cui estrapolare le informazioni spettrali (firme spettrali) "per guidare" l'algoritmo di riconoscimento spettrale. Nel caso in esame si sono definite otto classi differenti: laterizi, asfalti, cemento, alberi, prati, terreni, acqua, coperture speciali. Sono chiaramente visibili gli edifici in laterizio in rosso e la vegetazione urbana in verde per il prato e gialla per le alberature, visibile in figura 1. Si genera un po' di confusione tra asfalto e coperture in cemento, ma non è possibile prevedere tutte le tipologie di oggetti presenti nella scena e tutte le possibili alterazioni dei materiali. Da un controllo visivo si è valutata la corrispondenza tra le classi ottenute dalla classificazione SAM e le entità del tessuto urbano leggibili dall'ortofoto e da una mappa delle coperture.

L'informazione quantitativa relativa alla temperatura superficiale, invece, è stata ottenuta attraverso la classificazione con Feature Analyst.

VLS Feature Analyst é un classificatore supervised basato su reti neurali che genera feature vettoriali estraendole dall'immagine attraverso campioni geometrici e spettrali. VLS Feature Analyst utilizza la naturale abilità umana per riconoscere oggetti in un'immagine complessa, mediante esempi di patterns geospaziali. Operando direttamente all'interno di un ambiente GIS (Image Scout), l'algoritmo - a partire da un insieme di "verità" inputate come poligoni vettoriali rappresentativi della classe da estrarre e dalla definizione di una serie di parametri (intorno da analizzare in ampiezza e forma, tipologia degli oggetti che si stanno cercando, bande dell'immagine da utilizzare) - produce feature class vettoriali da sottoporre a successiva elaborazione per eliminare raggruppamenti di pixel inferiori a n pixel, per smoothing delle curve al fine di evitare l'effetto quadrettato dei pixel, ecc.. Attraverso tale classificazione supervised dall'immagine MIVIS si sono ottenute le feature degli edifici con le geometrie e i valori delle temperature.



Figura 1 - Classificazione SAM

Obiettivo successivo è stato classificare gli edifici presenti nella scena secondo la temperatura superficiale della copertura, relazionare tale dato con le caratteristiche costruttive, con i materiali di rivestimento, con la classe energetica e associare ad ogni edificio le caratteristiche degli impianti di riscaldamento e/o climatizzazione, utilizzando dati provenienti da altre banche dati.

É, così, possibile interrogare e leggere i parametri fondamentali per analizzare le singole situazioni evidenziando le anomalie: situazioni di temperature superficiali in copertura molto più alte o molto più basse rispetto alla temperatura esterna su cui pianificare le campagne d'ispezione da parte di Comune, Provincia o Regione così da creare uno strumento utile nei processi di pianificazione urbana.

Risultati

Il dato satellitare, classificato e successivamente georiferito (tale approccio evita che l'alterazione dei DN dovuta al ricampionamento del processo di georeferenziazione generi improprie classificazioni), ha permesso di individuare le situazioni anomale (edifici con temperatura superficiale troppo bassa e troppo elevata rispetto a quella esterna) e di correlare la temperatura al materiale di copertura e alla destinazione d'uso degli edifici. Questo risultato è utile per esaminare se le cause delle differenze sono dipendenti da fattori interni all'immobile o legati all'ambiente esterno (zone d'ombra, zone esposte ai venti), quindi trarre considerazioni utili sia per i processi di

pianificazione che considerazioni su una corretta strategia di acquisizione delle immagini satellitari e per definire i requisiti per le banche dati da relazionare nel modello analitico.



Figura 2 – Confronto tra dati di temperatura e classe energetica



Figura 3 – Confronto tra dati di temperatura e materiali di copertura

Dalle temperature rilevate dall'immagine MIVIS, ripresa nel Giugno 1999, si possono evidenziare situazioni in cui la temperatura superficiale è molto più bassa rispetto alla temperatura esterna: edificio probabilmente eccessivamente climatizzato e non ben isolato, con inevitabile eccessivo consumo energetico e situazioni con valori di temperatura molto più alta rispetto a quella esterna: causata probabilmente da generatori di calore (industrie, centrali elettriche) la cui energia potrebbe

essere riutilizzata. Ovviamente tali situazioni devono essere rapportate con destinazioni d'uso, tipologia del materiale di copertura e classe energetica, come da figura 2 e 3.

L'assetto metodologico sperimentato si presterebbe meglio per l'analisi delle temperature superficiali in periodo invernale in quanto il contributo della radiazione solare sarebbe trascurabile, e sarebbe possibile fare considerazioni tra temperatura superficiale, rilevata dal sensore, tipologia costruttiva dell'edificio e impianti di riscaldamento in dotazione.

In particolare si è focalizzata l'attenzione sulla condizione degli edifici appartenenti alla classe A e B che godono di agevolazioni fiscali in quanto dovrebbero essere ben isolati termicamente e avere bassi consumi energetici.

Conclusioni

L'approccio analitico implementato integra il dato telerilevato con i dati GIS ancillari, eterogenei per formati e sistemi di riferimento spaziale (in quanto prodotti dalle diverse PPAA locali e centrali), realizzando un prototipo di Spatial Decision Support System che sfrutta, secondo l'approccio delle tecnologie "duali", una metodologia propria della GeoSpatial Intelligence militare per le analisi urbanistico-ambientali con riferimento ad un ben preciso "flusso amministrativo".

Poichè di recente il paradigma dei web services ha aggiunto una nuova dimensione all'SDSS, rendendo possibile lo sviluppo di Web-based SDSS (WebSDSS), il flusso definito con la presente sperimentazione può essere in alcune sue parti implementato come componente o servizio che può essere sottoscritto od incluso in altre applicazioni.

Più specificamente, a partire dai dati vettoriali prodotti mediante le tecniche di telerilevamento, le successive analisi si prestano ad essere impostate come web services di analisi in sequenza (chained web services).

Dunque, la ricerca presentata appare particolarmente ricca di potenziali approfondimenti applicativi dato che la "modalità condivisa" di interazione tra le banche dati istituzionali (geografiche e alfanumeriche) che si sta affermando è quella delle Spatial Data Infrastructures come ribadito dalla Direttiva comunitaria INSPIRE.

Riferimenti bibliografici

- Brivio, Lechi, Zizioli (1992), *Telerilevamento da Aereo e da Satellite*, Ed. Delfino, Sassari
- Chrysoulakis, N. (2002), "Energy in the Urban Environment: Use of Terra/ASTER imagery as a tool in Urban Planning". *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*
- Comuzzi A. Zampierin S. (s.i.d.), *Studio dell'Area di San Giorgio di Nogaro mediante l'Utilizzo del Sensore Iperspettrale Aviotrasportato MIVIS*, Studio redatto dalla Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia e da Insiel.
- Di Pace R., Fiduccia A. (2006), *Le soluzioni Intergraph per la Geospatial Intelligence e la Data Harmonisation nel contesto di standardizzazione dei flussi informativi delle SDI*. Atti Conferenza Nazionale AM FM Italia 2006, Roma, pp. 71-78.
- Enea (1984), *Metodologie Di Risparmio Energetico*, Hoepli.
- Lees J., Mott R. (2006), "GeoIntelligence. Change Detection for more actionable Intelligence", *GeoIntelligence*, n.1/2006
- Lillesand T. M., Kiefer R. W. (1999), *Remote Sensing and Image Interpretation*, Wisconsin University, USA.
- Schenone C., (1997) *Sistemi Informativi territoriali: Strumenti GIS nella gestione e pianificazione del territorio*, Jackson Libri
- Tran Thi Van (2005), *Relationship Between Surface Temperature and Land Cover Types Using Thermal Infrared Remote Sensing, in Case of HoChiMinh City*, paper presented at XVI OMISAR Workshop, Ho Chi Min City, Viet Nam.

SERVICE-BASED SPATIAL DECISION SUPPORT SYSTEM IN PROSPETTIVA SDI PER IL TOTAL AIRPORT MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM

Andrea FIDUCCIA (*), Roberto MUGAVERO (**), Alessio Daniele CIANCIO (***)

(*) Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini, 4 00157, Roma; P: +39.06.43588889;
andrea.fiduccia@intergraph.com

(**) Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università degli Studi di Roma - Tor Vergata, Via del Politecnico, 1
00133 ROMA (Italy) - tel. +39 06 7259 7315 fax +39 06 2020519, mugavero@ing.uniroma2.it

(***) Università di Tor Vergata di Roma - Dipartimento Ingegneria dell'informazione, alex.ciancio@gmail.com

Riassunto

L'obiettivo della ricerca è quello di proporre un'architettura di sistema integrato per la gestione completa di uno scalo aeroportuale, ovvero di un Total Airport Management Information System (TAMIS), dedicando particolare attenzione agli aspetti di safety e security, secondo la logica dell'Airport - Collaboration Decision Making (A-CDM).

La constatazione della mancanza di fusione informativa nel contesto della sicurezza aeroportuale ha stimolato l'interesse nell'avvio di questo progetto, il quale nasce con l'obiettivo di dare agli operatori aeroportuali l'opportunità di fornire sempre livelli di safety e security più elevati per i loro passeggeri, gestendo al contempo, nella maniera più efficiente possibile, i servizi.

L'approccio tecnologico adottato è quello dei Service-Based Spatial Decision Support System e delle SDI (Spatial Data Infrastructure) ad integrazione delle tecnologie attualmente sperimentate nei maggiori aeroporti italiani per la gestione delle movimentazioni a terra di velivoli e veicoli.

Dallo studio dei sotto-sistemi che compongono l'infrastruttura aeroporto si è potuto constatare come questi siano delle "isole tecnologiche" non interoperabili: è stata individuata la mancanza di una vera infrastruttura di dati e servizi "backbone" per la multi sensor-fusion.

Il sistema è stato progettato a livello di architettura di sistema secondo il modello Service-Based SDSS: una piattaforma integrata multi-servizi denominata S.I.G.E.A. (Sistema Integrato Gestione Aeroporto), sarà in grado di offrire molteplici funzionalità alle diverse tipologie di utenti presenti in aeroporto che consentiranno ai vari sotto-sistemi di interoperare.

In particolare sono stati definiti il data-tier, i servizi di tipo WMS e WFS dedicati alla gestione delle emergenze e le tipologie di client (web-intranet, desktop e palmari).

La piattaforma multi-servizi costituisce il sistema informativo globale per la gestione di un aeroporto che "eroga e consuma" servizi per la gestione delle emergenze aeroportuali.

Grazie a questo strumento d'ausilio proposto per il monitoraggio della sicurezza aeroportuale, si ottiene una maggiore Situational Awareness riguardo l'infrastruttura in ogni condizione d'operatività: la proposta di una Sala Situazione Aeroporto consente di poter fruire di una Information Superiority in un unico ambiente/strumento "integrato" a salvaguardia dei livelli richiesti - sempre più elevati - di safety e security.

Il contributo di questa ricerca è quello di specificare una soluzione che utilizzi le più moderne tecnologie (le componenti tecnologiche sono state individuate con riferimento alle reali capacità delle tecnologie GeoMedia e I/CAD - Computer Aided Dispatch della Intergraph Corporation largamente adottate in analoghi progetti nella realtà nordamericana ed europea) per ottimizzare sia le procedure in un momento di crisi all'interno dell'area aeroportuale che i molteplici servizi offerti dai diversi operatori aeroportuali (handlers, operatori di manutenzione, controllori del traffico aereo).

Abstract

The objective of the research is to propose an architecture of an integrated system for the whole management of an airport, that is the Total Airport Management Information System (TAMIS), dedicating particular attention to the aspects of safety and security, according to the logic of Airport-Collaboration Decision Making (A-CDM). The observation of the lack of informative fusion in the context of the airport emergencies stimulated the interest to start this plan, which was born with the objective of giving to the airport operators the opportunity to supply, in whatever conditions, levels of safety and security more elevated for their passengers, managing at the same time, in the most efficient way, the services. The adopted technological approach is based on the Service-Based Spatial Decision Support System and the SDI (Spatial Data Infrastructure) like an integration of the technologies currently experienced in the main Italian airports for the management of the movements on the ground of aircrafts and vehicles. From the study of the subsystems that compose the airport infrastructure there had been the possibility to observe these little systems like "technological islands" not interoperable: the lack of a true infrastructure of data and services "backbone" for the multi sensor-fusion had been identified.

The system had been designed at level of system architecture according to the model Service-Based SDSS: an integrated multi-services platform called S.I.G.E.A. (Integrated System Management Airport), will be able to offer multiple functionalities to the different kind of customers present in airport that will allow the several subsystems of interoperate.

In particular the data-tier, the services of type WMS and WFS dedicated to the management of the emergencies and the typologies of client (web-Intranet, desktop and palm) had been stated.

The multi-services platform constitutes the total informative system for the management of an airport, that "provides and uses" services for the management of the airport emergencies.

Thanks to this aid instrument proposed for the monitoring of airport emergencies, it's possible to have a greater Situational Awareness of the infrastructure in every condition of operativity: the proposal of the "Sala Situazione Aeroporto" concurs to have, in an unique "integrated" environment, an Information Superiority instrument to satisfy of the levels demands - more and more elevated - for safety and security. The contribution of this research is to specify a solution that uses the most modern technologies (the technological components had been characterized with reference to the real abilities of technologies like GeoMedia and I/CAD - Computer Aided Dispatch of the Intergraph Corporation widely adopted in analogous plans North American and in European reality) in order to optimize both the procedures in a crisis moment inside the airport area and the multiple services offered by the different airport operators (handlers, maintenance operators, air traffic controllers, etc.).

La Safety aeroportuale

Il progresso dell'aviazione civile è stato contrassegnato da numerose novità tecnologiche che hanno consentito un miglioramento in termini di sicurezza nelle operazioni del trasporto aereo.

Lo studio e l'analisi della casistica di incidenti e disastri, in cui le "management failures" (avarie organizzative) si sono rivelate le cause principali di tali eventi, hanno portato all'adozione di un processo esplicito e sistematico, chiamato SMS, o meglio Safety Management System, per la gestione dei rischi

Il Safety Management System in un aeroporto è un "processo sistematico, esplicito ed omnicomprensivo per gestire i rischi legati alla sicurezza operativa":

- Sistematico perché la safety rappresenta un elemento chiave nella valutazione integrata di tutti i processi produttivi aeroportuali;
- Esplicito perché le valutazioni sulla sicurezza dei processi devono essere messe in evidenza e documentate;
- Omnicomprensivo perché nessun sottosistema aeroportuale deve sottrarsi all'analisi e alla gestione dei rischi che in esso sussistono.

Il concetto di SMS nell'aviazione civile nasce grazie agli studi sulle ragioni "vere" degli incidenti aeronautici, ma è applicabile al contesto più ampio di tutti gli incidenti che potrebbero verificarsi sulla superficie aeroportuale: si tratta sempre di concomitanza ed allineamento di molteplici fattori scatenanti.

Il Regolamento di Scalo richiede che il gestore sviluppi piani di emergenza per attenuare o limitare le conseguenze che derivano da eventi naturali o connessi all'attività umana che hanno impatto negativo sulla operatività dell'aeroporto. Il piano d'emergenza dell'aeroporto consente di affrontare in modo organizzato eventi potenzialmente pericolosi che si possono verificare in ambito aeroportuale individuando le procedure per coordinare l'azione di risposta di diversi enti o servizi, interni ed esterni all'aeroporto. L'estensione dell'area di applicazione del piano di emergenza è determinata dall'ENAC in coordinamento con gli altri soggetti interessati.

Il gestore aeroportuale ha l'onere di garantire, per la parte di propria competenza stabilita dalla predetta procedura, che i servizi di assistenza, oltre che di soccorso, a passeggeri coinvolti in un incidente aereo siano comunque e sempre espletati tempestivamente, anche nelle ipotesi di aeromobile in sorvolo sullo scalo e che normalmente non opera sull'aeroporto interessato dall'emergenza.

Il Centro Operativo per l'Emergenza (C.O.E.) è la struttura messa a disposizione dal gestore, attraverso la quale lo stesso provvede a :

- comunicare lo stato di pericolo - Preallarme, Emergenza ed Incidente;
- gestire le comunicazioni operative.

La gestione delle comunicazioni operative necessarie agli Enti per una migliore efficacia delle azioni di assistenza durante le specifiche situazioni e l'onere di mantenere i necessari contatti con le competenti strutture dell'E.N.A.C. viene assicurata dal Centro Operativo per l'Emergenza, che è in costante contatto radio sulla frequenza di emergenza dello scalo.

La gestione delle comunicazioni operative nell'ipotesi di attivazione delle procedure per la gestione delle Situazioni Anomale (Sala Crisi) viene successivamente trasferita al comitato che opera con le strutture e con le finalità previste dalle vigenti disposizioni della Direzione Aeroporto.

I concetti di riferimento per le architetture di Safety aeroportuale "evolute"

L'acronimo CDM Collaborative Decision Making, viene oggi legato principalmente al progetto in corso di sviluppo in collaborazione con Eurocontrol, che vede coinvolti alcuni tra i maggior Scali Europei ed i locali Enti ATC ed attori del processo di Handling: tale metodologia viene utilizzata per migliorare la cooperazione tra i vari operatori coinvolti nella gestione del traffico aereo con lo scopo di incrementare l'efficienza del servizio e, dato che applicata al contesto aeroportuale, viene meglio definito anche come Airport CDM.

Nel contesto in cui ha operato la presente ricerca, questo concetto di collaborazione continua tra i vari attori, ben si adatta alle caratteristiche del problema: deve infatti essere soddisfatto il requisito di condivisione delle informazioni in real-time strettamente necessario nella gestione delle emergenze aeroportuali e, più in generale, nella gestione della safety e della security.

L'obiettivo dei sistemi aeroportuali integrati o Total Airport Management Information Systems (TAMIS) è la realizzazione del concetto dell'information sharing tra le varie entità presenti nell'aeroporto. Al momento esistono alcuni progetti o sperimentazioni in tutto il mondo, ma nessuno ancora ha ottenuto una piena integrazione dei vari sotto-sistemi in uno unificato: per fare ciò occorre riprogettare in parte i vari sistemi esistenti o renderli interoperabili attraverso la condivisione dei dati o delle funzionalità.

Una possibile soluzione potrebbe essere, invece, quella di offrire in parte dati e funzionalità attraverso web-services, permettendo ai vari componenti/sotto-sistemi di interoperare, ed in parte attraverso un unico database integrato da cui i diversi sotto-sistemi fruiranno sempre dell'informazione del caso più aggiornata.

Avendo la Safety (e la Security) aeroportuale un'esplicita dimensione geografica è possibile modellare l'architettura informativa dell'aeroporto come una vera e propria Spatial Data Infrastrutture ed il sistema informativo di supporto alla gestione emergenza come un Service-Based SDSS.

Gli SDSS sono nati da due sorgenti distinte, ovvero dalle communities che si occupano di ricerca in campo GIS e DSS: la sinergia tra queste due linee di ricerca ha portato all'adozione di soluzioni tecniche ed allo sviluppo di sofisticati SDSS, i quali soddisfano il bisogno dei decision makers ad alto livello.

Recentemente il web ha aggiunto una nuova dimensione all'SDSS, così è stato reso possibile lo sviluppo di Web-based SDSS (WebSDSS) in un certo numero di domini d'applicazione.

Le funzionalità SDSS possono ora essere modularizzate ed implementate come componenti o servizi che possono essere sottoscritti od inclusi in altre applicazioni: tali servizi possono essere eseguiti sul lato provider per alleviare problemi di incompatibilità.

Così, il Service-Based SDSS fornisce accesso globale (coerentemente con il paradigma dell'*ubiquitous GIS*) verso "spatial computational services" ovunque ci si trovi ed in qualsiasi istante di tempo utilizzando una vasta gamma di dispositivi. Compiendo un ulteriore passo possiamo vedere come queste componenti possano attualmente agire come "Chained Spatial Web Service" e gli utenti possano comporre un set di questi servizi per ottenere determinate funzionalità.

Gli SDSS basati sui servizi possono portare notevoli benefici nella minimizzazione del carico cognitivo sull'utente finale, data la loro capacità di operare in presenza di eterogeneità sia a livello di componenti hardware che software, dato che possono essere scritti usando linguaggi differenti. I Service-Based SDSS, basati anche su web services geografici a standard OCG, forniscono interoperabilità prendendosi cura che differenti componenti o servizi possano cooperare.

Il Sistema Integrato per la Gestione dell'Aeroporto (S.I.GE.A.)

Per la realizzazione del sistema informativo integrato di gestione dell'infrastruttura aeroporto, con specifiche funzionalità per la gestione delle emergenze, quello che viene proposto è, dunque, un'approccio di tipo NEC (Network Enabled Capability), ovvero non si pretende, soprattutto perché probabilmente non necessario, di ipotizzare un cambiamento radicale dei sistemi attuali per far sì che possano comunicare e condividere informazioni, ma vengono proposti a tale scopo un database condiviso e web-services "erogati e consumati" dai vari sotto-sistemi: in tal modo non sarà necessario un lavoro di completa re-ingegnerizzazione dei sistemi, quanto di integrazione degli stessi a mezzo delle più moderne tecnologie disponibili, appunto i web-services.

Dopo aver individuato ed analizzato i sistemi attuali e gli strumenti a disposizione per l'implementazione dell'SDI aeroporto, l'attenzione sarà focalizzata sull'integrazione di quei sotto-sistemi che potranno fornire i dati necessari per la gestione delle emergenze in ambito aeroportuale.

Il nome proposto per tale sistema d'integrazione è S.I.GE.A. – Sistema Integrato Gestione Aeroporto: come si può notare, nella scelta del nome, si è voluto dare importanza al concetto di integrazione dei sotto-sistemi, in maniera prioritaria rispetto all'esigenza con cui tale lavoro di ricerca è nato: infatti, la piattaforma di servizi proposta non ha un nome strettamente collegato alla gestione delle emergenze alla luce del fatto che questa integrazione parziale, ipotizzata ad-hoc per la gestione delle emergenze, possa essere il punto di partenza o di integrazione ulteriore di sotto-sistemi (vedi realizzazioni sperimentali dell'Apron Management System), verso un'unica piattaforma integrata di servizi che possa offrire dati e/o servizi all'intera comunità degli enti aeroportuali, permettendo un'interazione cooperativa tra i vari sotto-sistemi.

Il S.I.GE.A. dovrà essere in grado di erogare servizi a diverse categorie di utenti con differenti livelli di privilegio d'accesso (*grant d'accesso*).

I sotto-sistemi che potranno fornire il contributo, a livello di dati, per la realizzazione di questo sistema integrato, relativamente agli aspetti di safety e security ed in particolare alla gestione delle emergenze, sono:

- Sistema di Gestione del Traffico Aereo;
- Sistema Informativo Meteo;
- Sistema di Manutenzione Opere Civili;
- Sistema di Manutenzione Reti Tecnologiche e Pipeline Carburante;
- Sistema di Smistamento e Riconsegna Bagagli;
- Sistema di Accettazione (Check-in)
- Sistema di Sicurezza.

Non si riporta, in questa sede, l'analisi di dettaglio delle sorgenti informative suddette, ma si afferma che queste possano offrire un contributo di decisiva importanza in un quadro di multi-fusione informativa di supporto nella gestione della safety e della security.

Nell'architettura di progetto si propone di inserire le postazioni del C.O.E., che attualmente fanno parte di un nucleo a se stante, all'interno della Sala Situazione Aeroporto (S.S.A.), le quali saranno attivate in seguito ad uno stato d'emergenza per la gestione della stessa.

Elemento centrale del sistema è il Database Geografico Unificato di Aeroporto che sarà utilizzato come supporto tecnologico per la memorizzazione e la conseguente gestione del posizionamento di tutti i mezzi di soccorso, delle reti tecnologiche e di altre informazioni di tipo geografico necessarie alla gestione di una crisi aeroportuale: questo database di tipo geografico nell'ottica di un sistema integrato T.A.M.I.S. fornirà inoltre servizi e/o informazioni di supporto per la gestione del traffico aereo ed anche per la gestione dei servizi di handling, nell'ottica di realizzazione dell'Apron Management Service/System.

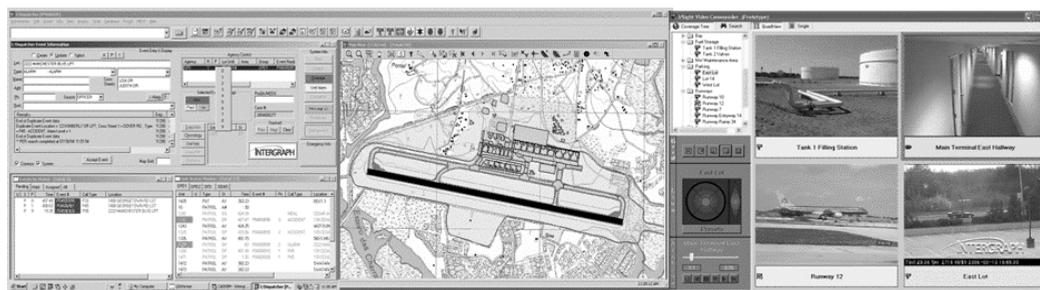


Figura 1 – S.I.G.E.A.: Intergraph I/CAD, I/Dispatcher, I/Sight

Relativamente alla gestione di una crisi (ad esempio nel caso più grave del crash aereo), e nel contesto più ampio di Safety e Security, S.I.G.E.A. dovrà fornire:

- mappe offerte come sintesi dei suoi quadri di conoscenza, indispensabili per monitorare il dispiegamento di mezzi e risorse (C.R.O.P. – Common Relevant Operational Picture) interne/esterne all'aeroporto impegnati nella gestione di una crisi (Location Awareness);
- integrazione di diverse sorgenti informative per l'elaborazione di dati e/o modelli;
- controllo totale nella gestione di una crisi (dispatching, visualizzazione mezzi e risorse, gestione mail/sms, sensori e telecamere controllati da remoto, etc.);
- suggerimento del percorso migliore ai mezzi di soccorso per raggiungere il luogo interessato dall'emergenza (*best-routing*);
- ri-pianificazione in tempo reale dell'allocazione degli asset in base alle eventuali mutate necessità;
- alternative/suggerimenti proposte a C.O.E., ed alle Centrali Operative dei diversi enti preposti al soccorso, per la gestione dello stato d'emergenza;

- allerta e gestione dell'intervento di soccorso esterno (interazioni tra S.I.G.E.A e Sala Emergenza Provinciale dei VV.FF.);
- mappe e/o immagini offerte come quadri di conoscenza specifica (Situational Awareness);
- possibilità di interoperare con sistemi dedicati alla gestione del 118.

Safety e security

La proposta, dunque, è quella di avere delle postazioni dedicate al Centro Operativo per l'Emergenza all'interno della Sala Situazione Aeroporto che saranno attivate solo in caso di emergenza: all'interno di questa Sala sarà invece possibile monitorare il traffico di superficie anche nelle normali operazioni di routine per garantire costantemente adeguati livelli di safety e security.

Attraverso questa ricerca si intende affermare la necessità di questa "funzionalità", la Sala Situazione Aeroporto, che usufruisce dell'infrastruttura informativa proposta finora: al momento negli aeroporti non esiste ancora un siffatto sistema d'integrazione totale, in quanto la maggior parte dei sotto-sistemi non sono interoperabili, oppure determinate tipologie di dato non sono prodotte: ad esempio i dati geografici di posizione relativi a velivoli e veicoli (in scala geografica e non locale), informazione particolarmente utile nel contesto delle emergenze.

L'utilizzo della Sala Situazione Aeroporto sarà affidato al Gestore Aeroportuale che, attraverso questi quadri informativi di situazione, potrebbe garantire un miglior livello di safety e security, avendo "viste" dedicate sull'intera superficie aeroportuale: tali viste devono poter inoltre riguardare l'infrastruttura aeroportuale nel suo complesso.

Sarà opportuno, ove non già presenti, installare sensori e telecamere dislocati in punti strategici dell'aeroporto per ottenere on-demand immagini sulla situazione in tempo-reale: in particolare delle telecamere devono essere posizionate in modo da poter video-sorvegliare i punti d'accesso all'aeroporto (varchi) per innalzare i livelli di security e possibilmente essere accessibili da remoto (Sensor Web Enablement). Inoltre dalla Sala Situazione Aeroporto dovrà poter essere fruibile anche l'informazione relativa ai metal-detector presenti in Land Side e tutte le informazioni che, in un contesto di monitoraggio sicurezza globale, possono essere necessarie.

S.S.A., pertanto, nasce dalla logica di Sensor Fusion come sistema di safety e security: gli operatori che dovrebbero essere impiegati in questa sala avranno a disposizione una serie di strumenti informativi che gli permetteranno di monitorare il quadro completo di situazione dell'infrastruttura aeroporto e di fare prevenzione sugli incidenti.

L'idea è quella di avere in S.S.A. uno strumento di supporto che consenta di monitorare l'intera infrastruttura aeroportuale da diversi punti di vista: integrando dati provenienti dai diversi sotto-sistemi, sarà possibile migliorare notevolmente la Situational Awareness, attraverso viste dedicate e strumenti software all'avanguardia quali le suite SDI Pro, I/CAD – Computer Aided Dispatch e I/Security della Intergraph Corporation.

Bibliografia

- Collaborative Decision Making - <http://www.euro-cdm.org/>
ENAC (26 Settembre 2005), *Il Safety Management System Linee Guida e Strategie*
ENAC - Piano di emergenza aeroportuale – incidente aereo
Nebert D. D. (2004), *The SDI Cookbook 2.0*, GSDI
Sugumaran V., Ramanathan Sugumaran R. (2005), "Web-based Spatial Decision Support Systems (WebSDSS): Evolution, Architecture, and Challenges" Paper Presented at the *Third Annual SIGDSS Pre-ICIS Workshop*, Las Vegas, Nevada
Whitedside A. (2005), *OpenGis web services architecture description*, Open Geospatial Consortium Inc.

INTEGRAZIONI DI TECNICHE PER LA CARATTERIZZAZIONE TERMICA DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI IN AMBITO URBANO

Lorenza FIUMI (*), Teodoro GEORGIADIS (**)

(*) CNR, Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, LARA, Consorzio per l'Università di Pomezia, Via Pontina
Km 31,400 - 00040 Pomezia Roma, Tel: 06/9123680 e-mail: l.fiumi@lara.rm.cnr.it
(**) CNR, Istituto di Biometeorologia, Via Gobetti, 101 - 40129 Bologna, Tel: 051/6399006
e-mail: t.georgiadis@ibimet.cnr.it

Riassunto

La classificazione e l'analisi del dato MIVIS (Multispectral Infrared Visible Imaging Spectrometer), acquisito in aree campione su Roma, Milano e Napoli, ha evidenziato percentuali elevate di superfici adibite a pavimentazioni stradali stimate a circa 28 % nei quartieri centrali, 20% nelle zone semicentrali e periferiche, raggiungendo, invece, il 50% nelle zone più periferiche a causa dell'enorme ramificazione della rete viaria secondaria.

Le pavimentazioni stradali, quasi sempre realizzate in asfalto, oltre al problema della impermeabilizzazione dei suoli, con effetti negativi sulla rigenerazione della falda acquifera, contribuiscono al fenomeno dell'isola di calore urbano, con conseguenze sulla salute umana.

Il lavoro, è rivolto all'analisi delle diverse pavimentazioni stradali presenti in contesti urbani, asfalto, basalto, cemento, laterizio, nonché suoli nudi e prati, ponendo una particolare attenzione alle loro prestazioni termiche.

Conoscere la risposta termica delle diverse pavimentazioni stradali, significa trovare delle possibili soluzioni per mitigare, almeno in parte, il fenomeno dell'eccessivo innalzamento delle temperature in modo tale da migliorare il confort ambientale all'interno delle aree urbane e mitigare il fenomeno dell'isola di calore urbano.

Abstract

The classification and analysis of MIVIS (Multispectral Visible Infrared Imaging Spectrometer) data, acquired in sample areas on Rome, Milan and Naples, showed high percentages of land used for road paving estimated at around 28% in central districts, 20% in peripheral areas, reaching about 50% in more remote areas because of the huge ramification of secondary roads. The road paving, often made of asphalt, in addition to the problem of sealing of soils, with negative effects on the regeneration of the aquifer, strongly contributes to the phenomenon of urban heat, with marked impact on human health.

The work is addressed to the various road paving in urban contexts: asphalt, basalt, cement, gravel and bare soil and grass, and placing particular attention to their thermal performance. The knowledge of the thermal response of various road paving to sun radiation will help in finding solutions to improve their thermal efficiency and, consequently, to mitigate, partially at least, the phenomenon of heat islands.

Introduzione: evoluzione nella realizzazione delle pavimentazioni stradali.

Per pavimentazione stradale si intende la piattaforma adibita al transito di veicoli e persone, può essere una semplice pista in terra battuta, o realizzata in lastricati (basoli, basolato, sanpietrini, selciato, ecc.) o con il più comune asfalto, nello specifico conglomerato bituminoso.

Le pavimentazioni in lastricati, ancora oggi presenti nei centri storici, in alcuni casi erano alternate a tratti in laterizio, erano realizzate con la superficie sempre ruvida per impedire cadute accidentali

e provviste di canaline laterali per consentire la rapida evacuazione di acque meteoriche, nonché evitare ristagni

Le tecniche di realizzazione dei lastricati, indipendentemente dal materiale utilizzato sono sostanzialmente comuni; le malte non venivano quasi mai usate, in particolare, venivano riempite le connessioni degli elementi messi a contatto, con sabbia fine. Nel corso dei secoli la posa in opera delle pavimentazioni stradali è rimasta immutata anche perché ha consentito un facile adeguamento alle mutate esigenze alternatesi nel corso dei secoli. Infatti, ancora oggi è possibile provvedere alla rimozione e la rimessa in pristino senza la necessità di demolizioni onerose o di produzione di materiale di risulta da smaltire. Infine e non per ultimo, l'utilizzo della sabbia permetteva al terreno sottostante di assorbire le acque piovane, con effetti positivi sulla rigenerazione della falda acquifera.

Agli inizi del '900 con l'avvento del petrolio e dell'automobile la tecnica a lastricati fu ben presto sostituita con il conglomerato bituminoso, decisamente più economico. Le principali caratteristiche oltre che la realizzazione di superfici lisce in tempi brevi sono la resistenza a grossi carichi concentrati e, allo stesso tempo, capaci di resistere al degrado da parte di agenti fisico-chimici, alle dilatazioni termiche tali da consentire la massima sicurezza con un'ottima aderenza dei pneumatici. (Fonte: <http://www.fruetcostruzioni.it/storia.php>). Anche se da poco sono stati introdotti i manti fonoassorbenti e drenanti, quest'ultimi ancora troppo costosi, restano irrisolti alcuni problemi come ad esempio il colore nero delle pavimentazioni asfaltiche che raggiungono in estate considerevoli temperature. Negli ultimi anni questo fenomeno se combinato con l'aumento del traffico, contribuisce all'innalzamento delle temperature in ambienti urbani. Altro aspetto di grande impatto e che le pavimentazioni asfaltiche impermeabilizzano il suolo in modo irreversibile, con effetti negativi sul naturale assorbimento delle acque piovane e sul sistema idrogeologico del territorio: inoltre, non permettono la presenza della vegetazione con una conseguente minore difesa del suolo ed una mancata ossigenazione dell'aria, venendo a mancare l'effetto mitigatorio dato dal processo di evapotraspirazione della vegetazione. Infine e non per ultimo, l'impatto dell'eccessiva impermeabilizzazione sulle condizioni climatiche locali e perfino regionali è così elevato da creare quel fenomeno conosciuto come "isola di calore urbano".

Finalità e obiettivi della ricerca

Nell'ambito dell'attività di ricerca del CNR, Istituto Inquinamento Atmosferico, sez LARA sono state messe a punto metodologie che attraverso l'utilizzo di dati MIVIS (Multispectral Infrared Visible Imaging Spectrometer), hanno evidenziato nella città di Roma percentuali elevate di superfici impermeabili adibite a strade che registrano temperature elevate, con conseguenze sull'innalzamento delle temperature dell'aria, contribuendo in modo determinante al fenomeno conosciuto come isola di calore, vedi figura 1. (Fiumi e Rossi, 2007)

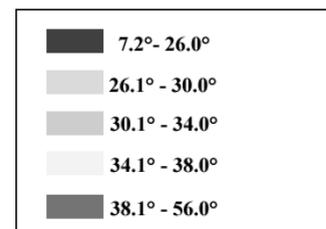


Figura 1 – Roma. Immagine MIVIS visualizzata nel canale 93 corrispondente a 8.2-8.6 micron. Viene descritto il comportamento delle superfici in termini di emissività. In uno slicing su 6 livelli di colore si caratterizzano i valori di temperature al suolo registrati dal sensore.

A partire da queste considerazioni è nata la scelta del gruppo di ricerca di effettuare delle misure di temperatura puntuali nelle diverse ore della giornata, nei diversi mesi dell'anno simulando la ripresa MIVIS con l'obiettivo conoscere le caratteristiche termiche dei diversi materiali con una particolare attenzione alle pavimentazioni stradali.

Attraverso una campagna di terra, ancora in corso, è stato rilevato l'andamento della temperatura nell'arco di tutta la giornata di alcuni materiali comunemente utilizzati come rivestimento di superfici urbane. Le misure sui materiali sono state rilevate mediante un Thermopoint portatile della AGEMA con un *spectral range* di 8-14 micron il 12 settembre, il 14 ottobre e il 3 dicembre 2007, in un contesto urbanizzato, presso il Consorzio per l'Università di Pomezia, Roma.

I materiali sui quali sono state eseguite le misure, utilizzando i corrispondenti coefficienti di emissività sono: Asfalto 0.94 - Basalto 0.72 - Suolo nudo 0.92 - Travertino 0.95 - Prato 0.38. (Pommerantz e al., 2000)

Contestualmente sono stati rilevati i valori della temperatura dell'aria forniti dalla vicina Stazione dell' Aeronautica Militare di Pratica di Mare che l'analisi meteorologica ha permesso di indicare come rappresentativi per le giornate in esame.

Considerazioni

Da una prima lettura dei grafici delle temperatura registrate il 12 settembre il 14 ottobre ed il 3 dicembre 2007, figure 2, 3 e 4 emergono le osservazioni sotto riportate.

L'aria ha subito una diminuzione media di temperatura di circa 15°C tra la sessione di settembre e quella di dicembre, con variazioni tra le diverse fasce orarie.

In generale, si è osservato che tutti i materiali analizzati seguono lo stesso andamento nelle tre sessioni di misura.

Il prato ben si caratterizza rispetto agli altri materiali per un andamento crescente nella fase di massimo irraggiamento e comunque sempre al disotto della temperatura dell'aria in tutte e tre le sessioni, con differenze massime di 15° rispetto all'aria sia nella sessione più calda che in quella più fredda.

Anche il travertino, nei grafici in colore blu, registra temperature inferiori rispetto ad altri materiali a causa del colore chiaro che determina un basso assorbimento solare. Fenomeno particolarmente evidente nella sessione di dicembre, dove si registrano valori di 5° inferiori alla temperatura dell'aria. Il suolo nudo supera la temperatura dell'aria nelle ore centrali della giornata in tutte e tre le sessioni con una diminuzione progressiva di temperatura con l'aria nella sessione nella sessione invernale. Il basalto è tra i materiali quello che subisce un incremento termico elevato superando la temperatura dell'aria nelle sessioni più calde con un incremento di 10° nella parte centrale della giornata. L'asfalto è tra i materiali esaminati quello che registra le temperature più elevate sia nella fase di massimo irraggiamento sia nella fase serale. La differenza di temperatura con l'aria nelle sessioni più calde mediamente sono di circa 10 gradi nella sessione più fredda di circa 3°. Notevole è la differenza di temperatura con picchi di 30° tra prato e asfalto. Al contrario nella sessione invernale registra valori prossimi a quelli dell'aria. Si precisa che purtroppo non sono stati rilevati i valori di intensità del vento direttamente sul luogo di misura per le tre sessioni, pertanto le uniche considerazioni esprimibili sono quelle già riportate nell'analisi meteorologica delle giornate di misura che farebbero comunque escludere effetti rilevanti sui dati ottenuti.

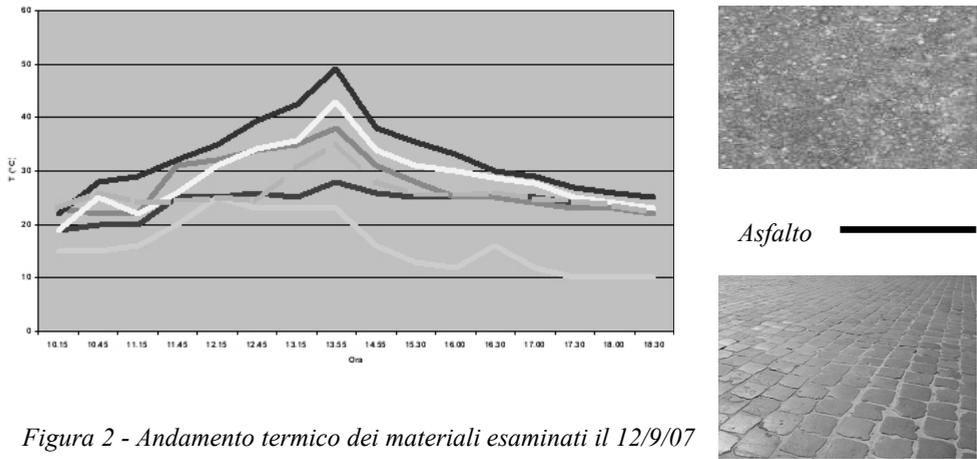


Figura 2 - Andamento termico dei materiali esaminati il 12/9/07

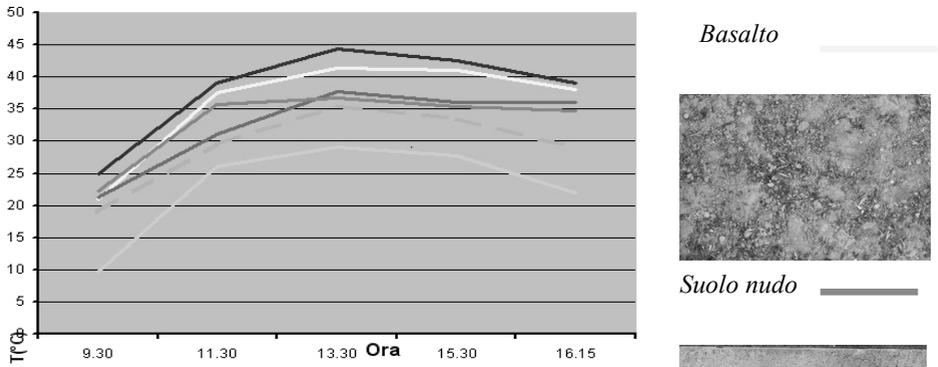


Figura 3 - Andamento termico dei materiali esaminati il 14/10/07

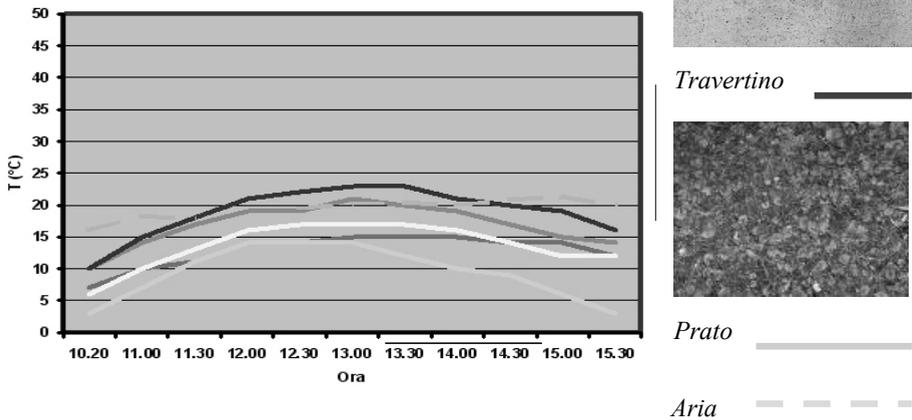


Figura 4 - Andamento termico dei materiali esaminati il 3/12/07

Analisi meteorologica delle giornate di misura

Le analisi delle immagini MODIS, svolte a supporto delle campagne di misura, evidenziano per le giornate di settembre e di ottobre un cielo quasi completamente privo di copertura nuvolosa, vedi figura 5. Nella giornata del 12 settembre e' possibile vedere molto chiaramente un trasporto di sabbia sahariana che, però, rimanendo confinato nel quadrante sud-occidentale del bacino mediterraneo non ha potuto influire sulle misure radiometriche condotte sulle superfici in esame. La giornata del 3 dicembre risulta, invece, essere caratterizzata dalla presenza di formazioni di cumuliformi su tutta la penisola (Figura 5).

Le temperature determinate mediante l'analisi a media scala con MM5 (dati EURAD http://www.eurad.uni-koeln.de/index_e.html) riflettono quindi solo le diverse caratteristiche stagionali delle misure ma anche le caratteristiche determinate dalle diverse condizioni di copertura del cielo. E' da notare l'ottimo accordo della variazione di temperatura tra il risultato del modello per le diverse giornate e l'andamento di temperatura ottenuto mediante l'analisi dei dati della stazione A.M. di Pratica di Mare che ci permette di utilizzare questa stazione come riferimento per tutto l'areale considerato.

I venti, di provenienza dal quadrante orientale per le giornate di settembre e ottobre, e occidentale per quella di dicembre. Hanno avuto intensità modeste (intorno ai 5 ms^{-1} a 10 m) e, anche se non e' stata rilevata la velocità del vento direttamente al sito di misura, si può ipotizzare uno scarso contributo, da parte di questo, sul regime termico dei materiali. Dalla stima dell'altezza dello strato limite planetario (PBL), che per le giornate di settembre, ottobre e dicembre e' stata rispettivamente di 2500, 1500 e 500 m, risulta altresì evidente il ruolo che il riscaldamento superficiale ha giocato nello sviluppo del regime termico di tutta la bassa atmosfera.

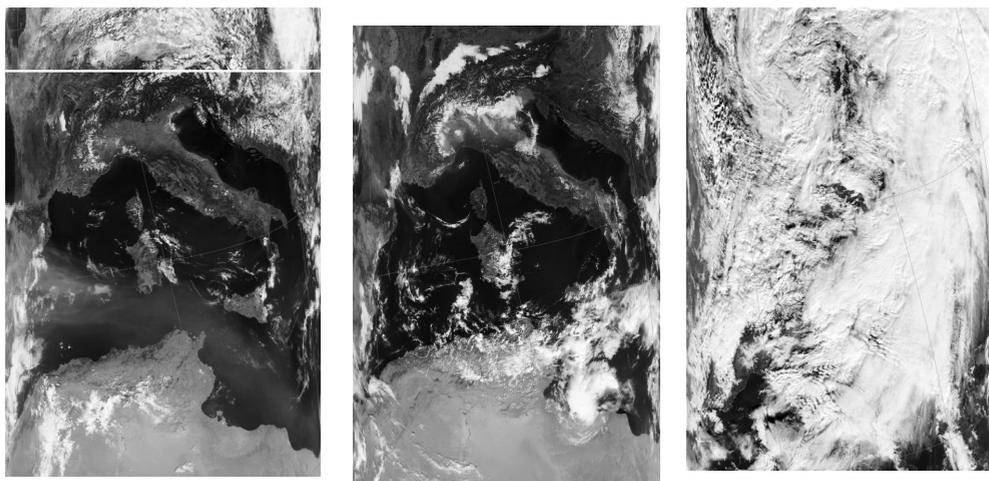


Figura 5 – Acquisizioni del satellite MODIS in data: 12/9/07 a sinistra; 14/10/07 al centro; 3/12/07 a destra.

Conclusioni

Lo studio ancora in corso, seppur limitato a sole tre sessioni evidenzia da un'analisi dal trend giornaliero che le superfici asfaltiche, usate per pavimentazioni stradali, assorbono maggiore radiazione solare fenomeno particolarmente evidente nella sessione più calda.

Escludendo le superfici a prato, che per i già citati processi di evapotraspirazione della vegetazione producono rilevanti modifiche nel regime termico superficiale, tutti i materiali subiscono incrementi

termici nella parte centrale della giornata che superano la temperatura dell'aria fatta eccezione nella sessione invernale del basalto i cui valori si attestano al disotto dell'aria mediamente di circa 3°C.

Più in generale occorre dire che le pavimentazioni stradali realizzate con materiali bituminosi oltre a contribuire all'innalzamento delle temperature in ambienti urbani, impermeabilizzano il suolo sottraendolo ad usi naturali con un carattere di irreversibilità. In considerazione che da precedenti studi condotti dal gruppo di ricerca sono state stimate percentuali di superfici in ambiti urbani variabili tra il 25% e 50% adibite a pavimentazioni stradali, il problema è di grande rilevanza con conseguenze sull'interruzione dei corridoi naturali di comunicazione e di migrazione, compromissione degli originali habitat e biotopi naturali e seminaturali, il cambiamento della morfologia dell'area nonché sull'inquinamento dell'aria. Cito come esempio un recente studio che dimostra come la gomma dei pneumatici delle auto e le particelle di macadam al catrame provenienti dalla superficie delle strade, si combinano in presenza di alti livelli di luce solare per produrre una forma di nebbia inquinante altamente tossica (fonte Ministero dell'Ambiente alla pagina internet http://www.minambiente.it/index.php?id_sezione=969#0).

Si vuole infine sottolineare come la tecnica dei lastricati stradali utilizzate fin dall'antichità, costituiscono a tutt'oggi un esempio di realizzazione fatta nel rispetto dell'ambiente, sia perché in grado di assorbire le acque piovane, sia perché è possibile procedere alla rimozione e la rimessa in pristino senza la necessità di demolizioni onerose o di produzione di materiale di risulta da smaltire, senza dimenticarci che non necessitano di continue manutenzioni ed in particolare come evidenziato in questo studio contribuiscono in maniera inferiore rispetto all'asfalto al fenomeno dell'isola di calore urbano.

In conclusione, sia da modelli applicati alle proprietà ottiche superficiali dei materiali (Chatzidimitriou et al., 2006) che da misure dirette condotte nell'ambiente urbano di città storiche (Oke, 1978; Yilmaz e al., 2008) si conferma l'importanza di alcuni materiali nell'esercitare un effetto di mitigazione sul regime termico superficiale.

Ringraziamenti

Le immagini satellitari sono state ottenute da NASA MODIS Rapid Respons System alla pagina web <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/realtime/>.

Bibliografia

Chatzidimitriou A. et al., (2006) "Ground surface materials and microclimates in urban open spaces". PLEA2006 – *The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Geneva, 6-8 September 2006, pp.6.

Fiumi L. e Rossi S. "Dalla Cartografia storica al telerilevamento: la città di Roma", ISBN 9 788875 572136 Edizione CNR – Pagine. pp. 163.

Oke T. R., (1978) *Boundary Layer Climates*. Methuen Ed. pp. 372.

Pommerantz M., Pon B., Akbari H., e Chabg S. C. (2000) – "The Effect of Pavements, Temperatures on Air Temperatures in Large Cities", *Rapporto Tecnico 43442*, Aprile 2000.

Yilmaz, H., Toy S., Irmak M.A., Yilmaz S., e Bulut Y., (2008) "Determination of temperature differences between asphalt concrete, soil and grass surfaces of the City of Erzurum", Turkey. *Atmosfera*, 21, 135-146

PROGETTO ESDI-NET+: *IMPACT ASSESSMENT* DELL'INFRASTRUTTURA PER L'INFORMAZIONE TERRITORIALE (IIT) IN PIEMONTE

Micol FORBICE (*), Stefania CROTTA (**), Luigi GARRETTI (***)

- (*) Università degli Studi di Torino - stagista presso Regione Piemonte, via Artisti,29 - 10124 Torino, 328-9270144, micolforbice85@yahoo.it
(**) Regione Piemonte, c.so Bolzano 44 - 10121 Torino, 011-4325389, stefania.crotta@regione.piemonte.it
(***) Regione Piemonte, c.so Bolzano 44 - 10121 Torino, 011-4324160, luigi.garretti@regione.piemonte.it

Riassunto

L'espansione dell'Unione Europea comporta la necessità di affrontare nuove problematiche legate ad esempio alla sovrappopolazione, all'inquinamento ambientale, alla congestione del traffico, ai rischi per la sicurezza, allo sfruttamento delle risorse naturali.

Per affrontare le diverse problematiche possono essere di grande ausilio i Sistemi Informativi Geografici (GIS), strumenti utili a fornire l'informazione necessaria per processi di *decision-making*. La potenzialità dei sistemi GIS può essere migliorata attraverso l'implementazione di Infrastrutture di Dati Spaziali (SDI) al livello locale, nazionale e transnazionale nonché attraverso politiche governative mirate a massimizzare l'accesso all'Informazione Geografica attraverso le stesse SDI.

È necessario pertanto riuscire a valutare il valore aggiunto di una SDI in termini di costi/benefici per il contesto territoriale di riferimento. Il problema è quantificare il valore delle SDI.

Per massimizzare i benefici delle SDI, è fondamentale condividere la conoscenza ed è inoltre cruciale avere una rete a livello europeo che favorisca lo scambio e lo studio di *best practices* tra tutti i soggetti interessati. È necessario rafforzare il dialogo tra gli *stakeholders* delle SDI europee; questo è lo scopo del Progetto SDI-Net+, cui la Regione Piemonte partecipa nell'ambito del programma europeo eContentplus

Abstract

Along with the rapid expansion of the European Union new problems like overpopulation, environmental pollution, traffic congestion, security risks, depletion of natural resources, and many other arise. In order to handle these challenges Geographic information systems (GIS) are highly useful devices by providing the necessary information for the appropriate decision-making. The full potential of GIS can only be realised if the necessary spatial data infrastructures (SDIs) are implemented at the respective local, national, and transnational levels. Nevertheless, this technology will only reach its full potential when governments decide to maximise access to geographic information through SDIs.

It is necessary to be able to evaluate the SDI added value in terms of costs and benefits for the territorial context. But how do we attribute a value for an SDI?

In order to maximize the benefits of SDIs across Europe, a knowledge sharing is imperative, more, it is crucial to have a network where best practices can be exchanged and assimilated by all involved. It is necessary to foster the dialogue between European SDI stakeholders; this is what eSDI-Net+ Project aims to do.

Introduzione

Lo sviluppo tecnologico e l'aumento della consapevolezza dell'importanza dei dati geografici a supporto dei processi di decision-making hanno provocato la rapida crescita di questo tipo di contenuti digitali. Purtroppo tale crescita non è stata accompagnata da adeguate misure divulgative mirate a favorire l'accessibilità ed il riuso dei contenuti geografici con conseguenze negative in termini di costi e di condivisione dell'informazione geografica.

L'arricchimento dei dati geografici attraverso metadati ben definiti semanticamente, come previsto nel contesto della Direttiva INSPIRE (direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007 che istituisce una Infrastruttura per l'Informazione Territoriale in UE costruita a partire dalla IIT nazionali per la produzione e integrazione di dati, metadati, e servizi per la catalogazione, la pubblicazione, la distribuzione e l'elaborazione di dati), e la realizzazione su vasta scala di Infrastrutture di Dati Territoriali (IDT, o *Spatial Data Infrastructures*, SDI) che contemplano il riuso esteso dell'informazione geografica, contribuiranno a risolvere tali problemi.

Finalità del progetto eSDI-Net+

Nell'ambito del Programma Europeo *eContentplus*, la regione Piemonte è partner del Progetto eSDI-Net+ - Rete tematica per la promozione del dialogo transfrontaliero e lo scambio delle *best practice* sull'Infrastruttura di Dati Territoriali (IDT) per l'arricchimento e il riuso dell'informazione geografica in Europa; il progetto ha lo scopo di creare una Rete Tematica che funga da piattaforma per la comunicazione e lo scambio di *best practise* tra differenti soggetti interessati e coinvolti nella creazione e nell'uso delle SDI ai sensi della Direttiva INSPIRE; per raggiungere tal fine sono stati coinvolti nel network soggetti che rivestono ruoli chiave all'interno delle Infrastrutture Spaziali dei Dati esistenti a livello subnazionale nonché gli utilizzatori delle SDI. Tale rete intende promuovere le decisioni di alto livello, le discussioni tecniche e lo scambio delle informazioni, cercando di aumentare la presa di coscienza dell'importanza dell'arricchimento dell'informazione geografica e dell'Infrastruttura Spaziale dei Dati per il riutilizzo dei dati geografici, per permettere una visione integrata degli esperti e per permettere la creazione di linee guida, standard e la implementazione delle *best practice*.

All'interno della rete, i meccanismi della comunicazione tra il livello europeo e i livelli locali saranno implementati per massimizzare i benefici di INSPIRE, GMES e GALILEO, che riguardano i contenuti digitali dell'informazione geografica.

Come partner di progetto la Regione Piemonte avrà la possibilità di affrontare gli aspetti multiculturali dell'accesso, sfruttamento, utilizzo e riutilizzo dei contenuti digitali dell'Informazione geografica. Come risultato, il progetto proposto intende contribuire al raggiungimento dell'interoperabilità tra le raccolte di dati nazionali e i servizi attraverso l'adozione di standard comuni e facilitare l'accesso e l'uso del materiale in un contesto di multilinguismo.

L'uso intelligente ed effettivo dell'informazione geografica richiede azioni mirate al coinvolgimento delle comunità di utenti, al fine di testare le soluzioni implementate e misurare i benefici. Il confronto e lo scambio di esperienze relative a differenti iniziative, azioni e servizi basati sull'informazione geografica si sta rivelando fondamentale nel processo di implementazione della SDI Piemontese.

Il network di progetto

All'interno della rete tematica del progetto eSDI-Net+ attualmente sono rappresentati 21 organizzazioni di 15 paesi europei, divisi in quattro gruppi di *stakeholders*: fornitori di dati geografici (autorità a livello locale, regionale e nazionale, organizzazioni private e istituzioni che creano, raccolgono o possiedono dati geografici digitali), utilizzatori di dati geografici (istituti di ricerca, università, produttori di software), associazioni "umbrella" nazionali ed internazionali di informazione geografica, società di consulenza e amministrazioni (coinvolgono anche utenti, organizzazioni interessate ed entità indirettamente coinvolte nel progetto).

Il coinvolgimento strategico di tutti gli interessati accompagnerà tutte le attività di progetto. Ciò permetterà di costruire delle collaborazioni sinergiche, che si spera possano proseguire oltre il progetto.

Impact assessment della SDI regionale

Il progetto si propone di confrontare diverse infrastrutture di dati spaziali sulla base di criteri misurabili con appositi indicatori proposti all'interno del partenariato del progetto eSDI-Net+.

La metodologia di valutazione delle SDI prevede in prima istanza la compilazione per ciascuna SDI di una scheda descrittiva (“*identity card*”) in cui vengono evidenziati gli obiettivi che si intende conseguire con l'implementazione della SDI, le mappe a disposizione, i presupposti di legittimità giuridica, le modalità di costruzione del partenariato ed i suoi vincoli, lo stato di avanzamento del progetto.

I criteri di valutazione delle *best practises* ricomprendono aspetti relativi a:

- visibilità
- accessibilità
- multilinguismo
- grado di utilizzo della SDI
- organizzazione
- network di soggetti coinvolti
- aspetti legali
- funzionalità tecniche, struttura, componenti
- analisi di impatto socio-economico

Al fine di proporre la propria esperienza nell'ambito delle *best practises* che saranno oggetto di valutazione nell'ambito del progetto, la Regione Piemonte ha avviato la predisposizione di un *Impact Assessment* della propria Infrastruttura per l'Informazione Territoriale impostandolo secondo le indicazioni fornite nel documento “*WP2 Identification and analysis of best practice: Methodology for describing sub-national SDI*” e seguendo le indicazioni ricavabili da esperienze analoghe condotte in precedenza da diverse regioni europee (es. Catalonia, North Westfalia, Regione Lombardia).

Tale esperienza ha consentito di “ripercorrere” le scelte effettuate nel corso degli anni e di valutarle al continuo mutare delle esigenze.

Le nuove esigenze sono state così individuate:

- promuovere l'uso ed il riuso dell'informazione geografica rendendo i contenuti geografici facilmente accessibili agli stakeholders, pubblici o privati.
- favorire i confronti tra *data providers* e *users*
- minimizzare i costi e massimizzare i benefici
- ottemperare alle disposizioni europee (Direttiva INSPIRE) e nazionali (regole definite dal Comitato Dati Territoriali istituito ai sensi Codice dell'Amministrazione Digitale SO n. 105 il Decreto legislativo 4 aprile 2006, n. 159”, *Gazzetta Ufficiale del 29 aprile 2006, n. 99*)
- confrontarsi con le esperienze in corso a livello locale, nazionale ed europeo

Uno dei primi elementi su cui si è riflettuto è stato relativo proprio al grado di cooperazione tra l'Infrastruttura regionale il livello sub-regionale e quello nazionale.

Ciò ha richiesto di valutare la capacità della SDI Piemontese di cooperare non solo all'interno dell'Ente Regione Piemonte, ma con l'intero territorio piemontese e nazionale al fine di facilitare l'uso ed il riuso dell'informazione geografica. Dall'analisi effettuata è emerso che per raggiungere gli obiettivi individuati nell'ambito della Direttiva INSPIRE occorre che tale cooperazione, al momento affidata ad azioni di carattere volontaristico, venga strutturata mediante la definizione di “accordi di condivisione dell'informazione geografica” da proporre ai diversi *stakeholders* interni ed esterni all'Ente Regione Piemonte.

Un primo elemento da approfondire riguarda l'utenza dell'infrastruttura e quindi l'individuazione degli *stakeholders*, interni ed esterni alla Regione.

Altro elemento importante è stato relativo alla valutazione dei dati e servizi che si è in grado di condividere con gli utenti della SDI anche alla luce delle disposizioni della Direttiva INSPIRE.

Questo ha comportato un'analisi dettagliata delle risorse geografiche messe a disposizione dalla Regione Piemonte ed un confronto tra queste e quelle contenute negli *Annex* della direttiva INSPIRE al fine di verificarne la completezza; inoltre approfittando del processo di copianificazione in atto relativo alla costruzione del Piano Paesaggistico Regionale si è cercato di testare modalità di condivisione, integrazione e modifica dei dati tematici e di base e relativi metadati da parte dei diversi *stakeholders*.

Questa esperienza ha evidenziato numerose problematiche di natura sia tecnica che economica che legale.

Con riferimento all'analisi costi-benefici legati a questo processo di condivisione, uso e riuso dell'informazione geografica, seguendo approcci già testati, si sono distinti per il calcolo dei *costi*:

- costi di avvio (pianificazione, sviluppo, acquisizione e implementazione);
- costi di gestione;
- costi di organizzazione interni;
- costi di coordinamento,
- costi legati alla definizione degli aspetti legali.

Dal lato dei *benefici*, il discorso diventa più complesso e più difficile da quantificare.

Si sono classificati i benefici derivanti dall'implementazione della SDI in due macro-categorie: benefici economici e benefici socio-politici.

- dal punto di vista economico, i benefici possono essere classificati in termini di efficienza (in particolare, risparmio di tempo e costi per gli utenti interni o esterni all'organizzazione e riduzione e/o reimpiego del personale in altri servizi di mantenimento e di acquisto) e di efficacia (migliore integrazione dei dati e delle piattaforme IT, miglioramento della politica di monitoraggio e di valutazione);
- dal punto di vista socio-politico, l'intera comunità trae beneficio dall'accesso all'Informazione e ai dati spaziali, poiché si sviluppa un cambiamento di mentalità verso una "cultura" di dati condivisa, in cui il contributo di ognuno arricchisce il tutto e può essere condiviso da tutti; facilita la trasparenza, migliorando le azioni a carattere democratico; espande la *knowledge* ed il *training* e nello stesso tempo riduce il *digital divide*; supporta la costruzione di un territorio più efficiente e adatto alle richieste sociali ed ambientali.

Tali benefici sono stati classificati a seconda che il beneficiario sia il cittadino, la Pubblica Amministrazione o il mondo dell'impresa.

In particolare:

- ai cittadini, l'implementazione e l'utilizzo della SDI consente un più ampio accesso all'informazione geografica ed un maggior grado di partecipazione al processo decisionale attraverso una governance più trasparente e responsabile;
- alla Pubblica Amministrazione, la SDI porta vantaggi soprattutto in termini di miglioramento della collaborazione con gli altri *stakeholders* all'interno ed all'esterno del territorio regionale, costituendo un supporto per le relazioni e la comunicazione tra i diversi attori territoriali coinvolti nello sviluppo territoriale, rafforza l'intervento condiviso delle autorità pubbliche nonché forme di *partnerships*, rendendo l'azione governativa più trasparente e attendibile e creando le basi per una maggiore legittimità politica;
- al mondo dell'impresa, l'utilizzo dell'SDI porta ad un maggior grado di innovazione e di *spillovers* di conoscenza, una maggiore ricerca di qualità, nuove opportunità di business e di applicazioni, creazione di opportunità di lavoro.

Riferimenti bibliografici

Salgé F., Salvemini M., *List of common parameters to assess SDI initiatives*, 2008

eSDI-NET+ WP2 Identification and analysis of best practice: Methodology for describing sub-national SDI, 2008

INSPIRE - DIRETTIVA 2007/2/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 14 marzo 2007 (Pubblicata sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea del 25/4/07) che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità

Joint Research Centre, *Report of International Workshop on Spatial Data Infrastructures' Cost-Benefit / Return on Investment: Assessing the impact of Spatial Data Infrastructure*, Ispra, gennaio 2006

Michele Campagna, Università Degli Studi di Cagliari, Dipartimento di Ingegneria del Territorio, *Progetto RELIT : Stato di sviluppo dell'Infrastruttura dell'Informazione Territoriale (IIT) della Regione Lombardia*, dicembre 2007

M.Fornefeld, P.Oefinger, *Boosting of the geospatial data market in North Rhine Westphali: Market Survey*, marzo 2001

Pilar Garcia Almirall, Montse Moix Bergadà, Pau Queraltó Ros, Universitat Politècnica de Catalunya, Centre of Land Policy and Valuations M. Craglia (Editor), European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, *The Socio-Economic Impact of the Spatial Data Infrastructure of Catalonia*, 2008

W.Kuhn, S.Basedow, C.Brox, C.Riedemann, H.Rossol, K.Senkler, K.Zens, Geospatial Data Infrastructure (GDI) in North-Reno-Westphalia

TECNICHE INNOVATIVE DI “REMOTE SENSING” AEREO PER IL MONITORAGGIO DELLA VEGETAZIONE

Flavio FORFECCHIA (*), Luigi DE CECCO (*),
Ludovica Giordano (**), Luigi LA PORTA (*), Sandro MARTINI (*)

ENEA CR-Casaccia, Via Anguillarese 301, 00060 S. Maria di Galeria (RM).

(*) Dipartimento A.C.S. (Ambiente, Clima Globale e Sostenibilità),

Unità Osservazioni Aerospaziali della Terra e Sistemi Informativi Territoriali

(**) Dipartimento Biotecnologie, Agroindustria e protezione della Salute, Gruppo Lotta alla Desertificazione

Riassunto

In situazioni specifiche l'utilizzo di sensori spaziali satellitari attualmente disponibili risulta non ideale a causa di una copertura temporale e/o una discriminazione spaziale e spettrale non sufficienti alle specifiche finalità applicative allora può risultare opportuno introdurre l'utilizzo di tecniche di telerilevamento aereo. In quest'ambito, sono qui descritte alcune metodologie sviluppate per l'utilizzo integrato dell'innovativo sistema di telerilevamento aereo ASPIS (Advanced SPectroscopic Imaging System), nel monitoraggio di specifici parametri biofisici d'interesse per gli effetti dei cambiamenti climatici, della desertificazione e dell'impatto antropico, sulla vegetazione mediterranea semi-naturale ed agricola (cerealicoli e frutteti). Il sistema, integrato con GPS ed altra strumentazione (Camera termica FLIR, sensore multispettrale RGB DUNCAN, altimetro LASER ...) ed installato a bordo di piattaforma ultraleggera SKY ARROW 650 TC, è dotato di caratteristiche tecniche e di flessibilità innovative che insieme alla economicità di gestione ne fanno uno strumento dalle notevoli potenzialità in molti settori applicativi. In particolare, il sensore ASPIS, da cui prende il nome l'intero sistema, è basato su 4 camere CCD (Charge Coupled Device) che possono montare diversi filtri interferenziali per ottenere immagini multispettrali con componenti selezionabili da 0.4 a 1.1 μ , alta risoluzione radiometrica (14 bit) ed ampiezza di banda minore di 10 nm. I dati acquisiti tramite ASPIS su aree d'interesse del Sud-Italia oggetto, nel 2004 e 2005, di campagne di misura a terra di vari parametri biofisici della vegetazione, sono stati impiegati nell'ambito del progetto RIADE (Ricerca Integrata per l'Applicazione di tecnologie e processi innovativi per la lotta alla DEsertificazione) in modo integrato con quelli rilevati per mezzo di vari sensori satellitari (Landsat TM/ETM, IKONOS), per il monitoraggio estensivo di fenomeni di degrado della vegetazione legati a stress idrico (siccità, insufficiente irrigazione) e salinizzazione dei suoli (eccessivo emungimento della falda).

Abstract

Here are described some methodologies developed for ASPIS (Advanced SPectroscopic Imaging System) airborne remote sensing system integrated exploitation in monitoring of Mediterranean semi-natural and agricultural vegetation (cereals and fruits) biophysical parameters, sensible to climate changes, desertification and land degradation effects. The ASPIS System is integrated with GPS and other useful instrumentation (thermal camera FLIR, multispectral sensor RGB DUNCAN, LASER altimeter...) and installed on board of ultra-light aerial platform SKY ARROW 650 TC. This makes it a powerful instrument in terms of its technical characteristics, operation flexibility and management economisation with remarkable potentialities in a wide application fields. In particular, the ASPIS sensor (after which the entire system is named) is based on 4 CCD cameras able to carry different interferential filters in order to obtain high radiometric resolution (14 bit)

multispectral images within the spectral range from 0.4 to 1.1 μ . and bandwidth less than 10 nm. The ASPIS multispectral data, acquired in the years 2004 and 2005 on areas, in the Southern of Italy, together with satellite images taken by means of various satellite sensors (Landsat TM/ETM, IKONOS) and with field measurements of vegetation biophysical parameters, were utilised in the framework of RIADE (Research Integrated for the Application of technologies and processes for Desertification combat) Project [2], in monitoring some vegetation degradation phenomena connected to water stress (drought, insufficient water supply,..) and soil salinisation (excessive deep water exploitation).

Introduzione

Le moderne tecnologie di osservazione satellitare forniscono ormai una fonte insostituibile di dati relativi alla superficie terrestre in grado di garantire informazioni estensive su variabili geofisiche e biofisiche caratterizzate dall'ampia copertura spaziale e dalla ripetitività nel tempo necessarie per il tempestivo ed efficace monitoraggio degli ecosistemi a scale globali, regionali e locali.

Ciò premesso va detto che se con l'avvento delle nuove tecnologie spaziali, per lo più legate ai satelliti, (alcuni dei quali prettamente dedicati al monitoraggio ambientale a varie scale), oggi è possibile affermare che i dati ambientali acquisiti a scala globale coprono molte delle necessità di cui sopra, oltretutto ad un costo sempre decrescente, rimangono tuttavia inadeguate la produzione e la reperibilità del dato telerilevato a scala locale, di dettaglio, con caratteristiche di flessibilità e tempestività nelle modalità di acquisizione. La necessità di questi ultimi può manifestarsi ad esempio al verificarsi di un evento catastrofico (alluvione, incendio) ma anche per l'identificazione ed il controllo dei processi ecologici allo stadio iniziale e/o meno evidente quali, ad esempio, quelli di degrado e stress della vegetazione, che unitamente alla notevole frammentazione sempre più spesso caratterizzano gli agro-ecosistemi della regione del bacino del Mediterraneo. In altre parole l'utilizzo di sensori spaziali satellitari attualmente disponibili talvolta risulta non ideale a causa di una copertura temporale (tempo che intercorre tra un'acquisizione e la successiva nella stessa area) e/o una discriminazione spaziale e spettrale non sufficienti alle specifiche finalità applicative.

In quest'ottica, può risultare opportuno introdurre rilevamenti da piattaforma aerea a scala di maggior dettaglio. Tali dati possono essere convenientemente utilizzati anche per realizzare una calibrazione intermedia, col supporto della quale procedere al processamento dei dati telerilevati satellitari, riducendo il numero (e quindi i costi) delle misure a terra altrimenti necessarie per una calibrazione diretta del dato da satellite.

Con questi presupposti, nell'ambito del progetto SADE (*Sensori Aerospaziali per il monitoraggio dei fenomeni di Desertificazione*), sviluppatosi in sinergia con le altre linee di ricerca del PON (MIUR 2002-2005) RIADE (*Ricerca Integrata per l'Applicazione di tecnologie e processi innovativi per la lotta alla DEsertificazione*), in collaborazione con l'Università della Tuscia[2], è stata avviata e condotta un'attività dedicata alla messa a punto di metodologie e strategie per l'utilizzo efficace del sensore aviotrasportato ASPIS (*Advanced SPectroscopic Imaging System*) [1]. L'obiettivo è stato da una parte sperimentare e mettere a punto questo sistema innovativo per telerilevamento aereo e dall'altra supportare una più efficace calibrazione dei rilievi satellitari (Ikonos e Landsat) impiegati in altre attività [2] del progetto RIADE, nello specifico contesto operativo relativo al monitoraggio della vegetazione semi-naturale ed agricola soggetta a stress abiotici di tipo idrico e/o salino.

Nel seguito sono descritte le procedure di correzione e di calibrazione sviluppate per i dati ASPIS, acquisiti in contemporanea a campagne di misura a terra di specifici parametri biofisici della vegetazione nel 2004 e 2005. Le aree d'interesse sono localizzate in Italia Meridionale (costa Ionica della Basilicata, aree di Foggia e Manfredonia), in zone dove la vegetazione è soggetta a fenomeni di stress sopra menzionati.

La rilevazione a terra di parametri biofisici specifici, quali il contenuto idrico fogliare, il contenuto salino dei suoli e l'indice di area fogliare (LAI), unitamente alle riflettanze (iper)spettrali acquisite con radiometro portatile ASD FieldSpecPro, sulle associazioni vegetali d'interesse, ha permesso

altresi la calibrazione e la correzione atmosferica delle varie bande spettrali di ASPIS e dei relativi indici al fine del loro utilizzo per la stima dei vari parametri biofisici della vegetazione.

Il sistema ASPIS

Il sistema ASPIS nato come sistema di telerilevamento aereo dalla collaborazione fra il Consorzio per le Ricerche Alimentari (CO.RI.AL) di Foggia, la DTA di Pisa, il CNR IBIMET, l'OPTEC di Milano e il Dipartimento di Scienze Forestali dell'Università della Tuscia [1] ed attualmente gestito dalla Terrasystem s.r.l., si caratterizza per l'economicità e la flessibilità nell'utilizzo notevoli. Il sensore principale, da cui prende il nome l'intero sistema, è basato su 4 camere digitali indipendenti a CCD, ognuna con la propria ottica e con filtri intercambiabili che permettono di selezionare le bande di acquisizione nello spettro del visibile e vicino infrarosso (NIR) sino a 1.1 μ , in funzione delle necessità della missione. La risoluzione spettrale, di circa 5-7 nm., e radiometrica di 14 bit, rendono le caratteristiche del sensore paragonabili a quelle dei sistemi di telerilevamento iperspettrali, dalla gestione notevolmente più pesante ed impegnativa. Oltre agli usuali componenti nel visibile (RGB) e NIR l'apparato è, per esempio, in grado di riprendere con 4 bande in

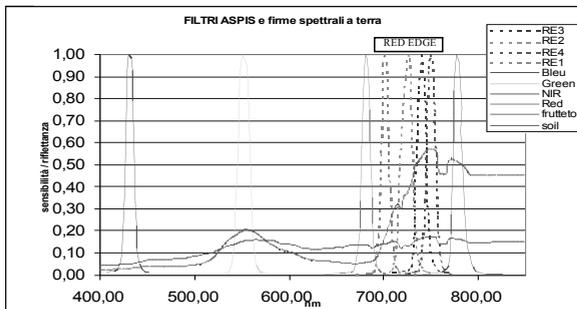


Fig. 1 - Risposte spettrali dei canali ASPIS e riflettanze (firme) iperspettrali di suolo (soil) e foglie (frutteto) rilevate nel 2004 tramite radiometro portatile ASD.

corrispondenza della zona spettrale cosiddetta *red edge* (Fig. 1, Fig.11), collocata tra il "red" e NIR, (da circa 700 a 750 nm), range spettrale in cui la vegetazione presenta un incremento notevole della riflettanza che risulta particolarmente sensibile al genere di fattori di stress abiotico sopra citati (stress idrico e/o salino). Inoltre la sua piattaforma, un aereo certificato SKY ARROW 650 TC biposto, a metà strada tra un ultraleggero ed un aereo standard, ha un'autonomia di volo di 3.5 ore, consente l'utilizzo di aereopiste e non vincola l'impiego del velivolo alle

onerose procedure tipiche degli aeroporti. Il sistema dispone anche di un ricevitore GPS integrato, in grado di acquisire punti di riferimento sui quali è stata impostata la rotta e la successiva correzione geometrica nel preprocessing delle immagini riprese. Considerando la possibilità di operare contemporaneamente con 4 canali su 8 disponibili nei rilievi APIS si è operato con due configurazioni spettrali denominate rispettivamente NDVI (dall'indice spettrale omonimo) ed RE. La prima comprende i canali (Fig. 1) Green, Red, RE1, NIR mentre la seconda quelli nell'intervallo *red edge* (RE1,RE2,RE3,RE4).

Preprocessing

Le immagini multispettrali acquisite mediante telerilevamento da aereo e da satellite necessitano solitamente di processi di elaborazione preliminari (*pre-processing*) al fine di un loro utilizzo per analisi quantitative degli oggetti ripresi. Esse infatti in generale sono affette da distorsioni di tipo geometrico e da effetti indesiderati di tipo radiometrico, generati dall'influenza della geometria di osservazione/illuminazione e dallo strato di atmosfera interposto tra il sensore e la scena investigata. Le distorsioni di tipo geometrico derivano invece dalla geometria di acquisizione, dalle variazioni di assetto e velocità della piattaforma durante l'acquisizione, dalla rotazione terrestre, dalla variabilità dell'andamento altimetrico del terreno. A differenza dei sensori per telerilevamento comunemente utilizzati, ASPIS acquisisce le immagini nelle 4 bande selezionate attraverso le differenti ottiche delle relative camere CCD, con conseguenti problemi di sovrapposizione per la ricostruzione del file multi spettrale.

Nella figura (Fig. 2) sono riportate ad esempio le 4 componenti spettrali grezze relative ad un'immagine acquisita nel luglio 2004 sull'area agricola nei pressi del bosco Pantano. Come si vede, le immagini differiscono oltre che per le tonalità di grigio derivanti dai diversi canali selezionati anche per caratteristiche geometriche (rotazione e copertura a terra) dovute al differente assetto delle camere CCD. Al fine di valutare i parametri angolari che definiscono tale assetto, in assenza di un sistema inerziale si è deciso di mettere a punto una procedura di ortocorrezione con un processo di triangolazione che garantisca la sovrapposibilità delle 4 componenti corrette. Al fine di assicurare la compatibilità e sovrapposibilità delle immagini ASPIS ortocorrette con le altre informazioni cartografiche del progetto (Fig. 4) è stata

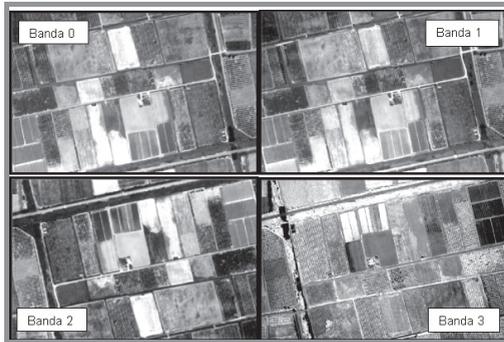


Fig. 2 – Ripresa ASPIS a 4 bande non georiferita dell'area agricola di Pantano acquisita il 13 luglio 2004. Banda 0: red edge (701 nm); banda 1: green (550 nm); banda 2: red (680 nm); banda 3: near infrared (780 nm).

adottata la proiezione cartografica UTM ed i relativi parametri (Sferoide: International1909, Datum: European1950, Zona UTM: 33 Nord). Le immagini, per le operazioni di triangolazione, sono state trattate geometricamente come un blocco di 4 componenti. Con un numero medio di 7 punti di controllo a terra (GCP - Ground Control Points) per blocco, opportunamente distribuiti si è pervenuti a triangolazioni soddisfacenti con RMSE (errore quadratico medio sui GCP) mediamente dell'ordine del m. Ciò è stato ottenuto utilizzando software commerciale specifico che ha permesso di tener conto anche delle distorsioni introdotte dalle ottiche delle CCD attraverso procedure sviluppate "ad hoc". Di ciascuna immagine relativa a ciascuna banda utilizzata sono stati ottenuti i parametri di assetto del volo (X_0, Y_0, Z_0 del centro di prospettiva; ω , rotazione intorno all'asse X, ϕ , rotazione intorno all'asse Y, K , rotazione intorno all'asse Z. Tali dati sono necessari per ricostruire la geometria del processo di acquisizione delle bande delle diverse immagini, in particolare per la stima dei loro angoli di vista (zenit ed azimut) di ogni pixel derivanti dal FOV (38°) delle camere. In Fig. 3, a titolo di esempio è riportata a falsi colori un'immagine ortocorretta (sinistra) dell'area di Pantano e le relative distribuzioni dello zenit (destra-basso) ed azimut (destra-alto) di vista per la componente verde. In

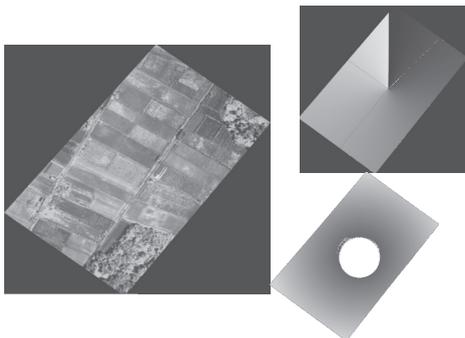


Fig. 3 – Immagine ASPIS a falsi-colori ortocorretta dell'area di Pantano (sinistra) con zone boschive ed appezzamenti agricoli e relative distribuzioni degli angoli di vista, zenit (basso-destra) ed azimut (alto destra), della componente green.

Fig. 4 sono riportate alcune delle immagini ASPIS ortocorrette in sovrapposizione ad una ortoimmagine IKONOS pancromatica della stessa area (Pantano).

Il pre-processing radiometrico delle immagini ASPIS è consistito nella calibrazione e nella attenuazione degli effetti di rumore introdotti dall'atmosfera, tramite l'utilizzo del codice di simulazione atmosferica 6S e di misure di riflettanza a terra, effettuate per mezzo del radiometro iperspettrale portatile ASD FieldSpecPro.

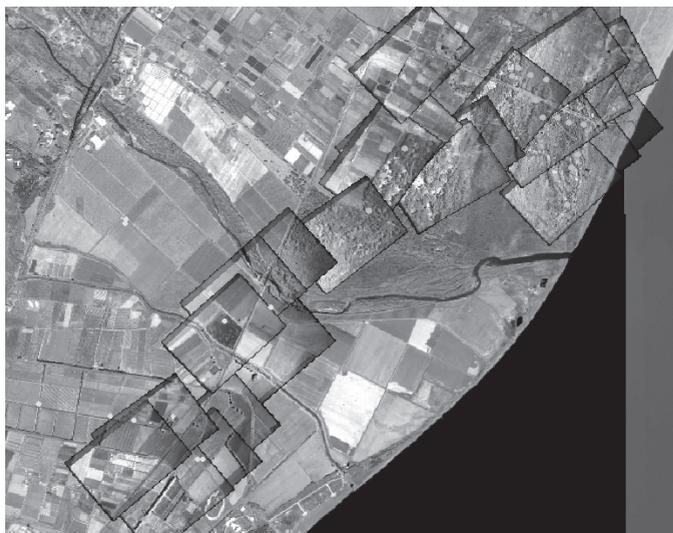


Fig. 4 –Area Pantano- pancromatica IKONOS in sovrapposizione a falsi colori RE -ASPIS ortocorrette e punti di misura a terra (in arancio e celeste)

Analisi dati

Per l'analisi dei dati effettivi ASPIS, acquisiti durante le campagne ed opportunamente preprocessati come più sopra descritto, sono state estratte dalle immagini le firme spettrali (riflettanze nelle varie bande) utilizzate per il calcolo dei vari indici spettrali in corrispondenza dei punti di misura a terra del LAI e degli indici di contenuto idrico fogliare [3] RWC (Relative Water Content), FMC (Feuel Moisture Content) (Fig. 4). Sono nel seguito descritti alcuni risultati ottenuti dai rilievi ASPIS del luglio 2004 su alcune aree agricole di test, utilizzando l'usuale indice spettrale di vegetazione $NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red}$ unitamente al REIP (Red Edge Inflection Point),

basato sull'andamento della derivata della riflettanza (punto di flesso) della vegetazione in zona *red edge* [4]. Sulla stessa area a titolo d'esempio è stata calcolata una distribuzione di LAI utilizzando i dati ASPIS nelle 2 configurazioni a 4 canali suddette ed una metodologia d'inversione dei modelli PROSPECT-SAIL (Fig. 6) basata su reti neurali. In Fig. 5 sono riportate le immagini corrette (geometricamente e radiometricamente) in falso colore (la vegetazione è nelle tonalità del rosso) delle riprese ASPIS di aree agricole a peschieti della costa Ionica relative a due giorni diversi, nelle stesse condizioni d'illuminazione. La prima, a sinistra, è stata acquisita il 13-7-2004, mentre la seconda è stata rilevata due giorni dopo, il 15-7-2004, a seguito di vari eventi piovosi sulla zona in data 14-7-2004. Dopo la pioggia, con l'aumento di umidità dei terreni, risulta un incremento dell'NDVI delle relative colture dovuto prevalentemente alla riduzione di riflettanza nel visibile (in particolare nel *red*), con l'eccezione di quelle che risultavano sufficientemente irrigate già prima della pioggia.

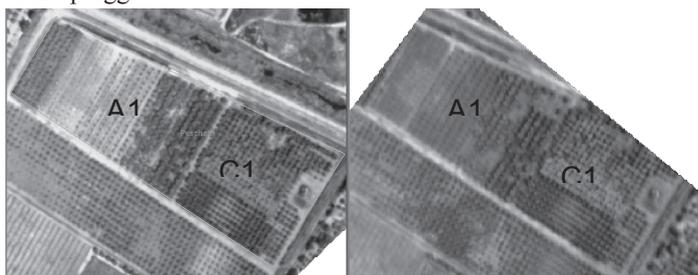


Fig. 5 - ASPIS (NIR, Green, Red) prima (sinsitra) e dopo (destra) eventi piovosi

Allo scopo di evidenziare queste caratteristiche nella risposta spettrale, in Fig. 6 sono riportate le distribuzioni di indice spettrale NDVI prima e dopo la pioggia (prime 2 mappe a sinistra in alto), una mappa delle differenze di NDVI (in basso a sinistra), nonché una mappa dell'indice REIP (in basso a destra). Si nota che per le colture sufficientemente irrigate, riportate nella mappa con colori verde-azzurro (ad esempio nel punto C1), le differenze di NDVI si mantengono relativamente basse mentre tendono ad aumentare per quelle con irrigazione

tate nella mappa con colori verde-azzurro (ad esempio nel punto C1), le differenze di NDVI si mantengono relativamente basse mentre tendono ad aumentare per quelle con irrigazione

inesistente o insufficiente (nelle tonalità violetto-rosso, per esempio il punto A1 ricadente in un pescheto) potenzialmente soggette a stress-idrico. Tale situazione è confermata anche dalla mappa di REIP (Fig. 6, in basso al centro), calcolata dalle riprese ASPIS (in configurazione RE) del 13-7-

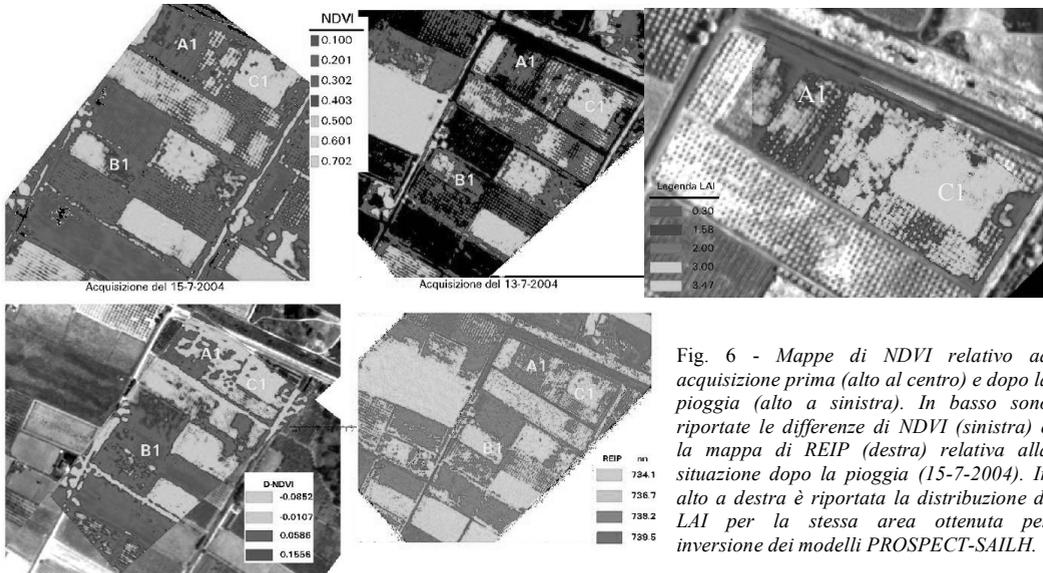


Fig. 6 - Mappe di NDVI relativo ad acquisizione prima (alto al centro) e dopo la pioggia (alto a sinistra). In basso sono riportate le differenze di NDVI (sinistra) e la mappa di REIP (destra) relativa alla situazione dopo la pioggia (15-7-2004). In alto a destra è riportata la distribuzione di LAI per la stessa area ottenuta per inversione dei modelli PROSPECT-SAILH.

2004 utilizzando un modello regressivo ottenuto per la distribuzione di RWC basato su misure a terra [3], che risulta in buon accordo con quella relativa alle differenze di NDVI, con l'eccezione dell'appezzamento indicato con B1 in Fig. 6, probabilmente occupato da colture particolari dalle limitate esigenze idriche.

Bibliografia

1. Belli C., 2003. - *L' Advanced SPectroscopic Imaging System (ASPIS). Un nuovo sistema digitale di telerilevamento aereo per lo studio delle risorse agricole - forestali*. Tesi di Dottorato di Ricerca in Ecologia Forestale XV Ciclo. DISAFRI, Università degli Studi della Tuscia.
2. Giordano L., Borfecchia F., De Cecco L., Trotta C., Iannetta M. (2005) - *A multiple sensors study for vegetation monitoring in Mediterranean areas*. Proceedings of the 1st Conference on Remote Sensing and Geoinformation Processing in the Assessment and Monitoring of Land Degradation and Desertification, September 7th to 9th, Trier (Germany).
3. Borfecchia F., Della Rocca A. B., De Cecco L., Giordano L., Farneti A., Marcoccia S., La Porta L., Martini S., Belli C., De Vita P. (2006) - *Il telerilevamento satellitare ed aereo per lo studio degli effetti della desertificazione sulle colture*. 10^a Conferenza Nazionale ASITA, 14-17 Novembre 2006 Fiera di Bolzano, Bolzano - Italy
4. Horler, D.H.N., Dockray, M., Barber, J., 1983. *The red edge of plant leaf reflectance*. Int. J. Remote Sens. 4, 273-288.

USO DEI DATI LIDAR PER STIMA DELLA BIOMASSA FORESTALE IN UN BOSCO MISTO DI LATIFOGIE UN CASO STUDIO IN VALSASSINA (LC)

Sara FUSCO (*), Dirk PFLUGMACHER (**), Alan KIRSCHBAUM (**),
Warren COHEN (***), Donato CHIATANTE (*), Antonio MONTAGNOLI (*)

(*) University of Insubria, Department of Environmental Sciences, Via Valleggio, 11 22100 Como Italy
tel +3931326213 cell +3932.4841180 sara.fusco@uninsubria.it

(**) Oregon State University, Department of Forest Science, 321 Richardson Hall, Corvallis, OR 97331, United States

(***) USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Forestry Sciences Laboratory,
3200 SW Jefferson Way, Corvallis, OR 97331, United States

Riassunto

La stima della biomassa forestale per l'inventario di carbonio ha acquisito importanza notevole in seguito alla convenzione sul clima e al protocollo di Kyoto. Molti studi hanno dimostrato che il LiDAR può essere usato come uno strumento preciso per la stima della biomassa forestale. Tuttavia, i risultati variano a seconda dei tipi di foresta, le condizioni del terreno e la qualità dei dati LiDAR. In Italia molti governi regionali hanno acquisito i dati LiDAR con una bassa densità di punti per metro quadro, infatti, questo tipo di dati viene spesso utilizzato a scopo topografico o per la mappatura batimetrica. Questo studio si pone come obiettivo di esaminare se questo tipo di dati può essere utile anche per la misura di parametri forestali, come la biomassa.

Abstract

Estimation of forest biomass for inventorying carbon stocks has gained importance as a result of the Climate Convention and the Kyoto Protocol. Estimation of forest biomass on the regional and global scale is therefore of great importance. Many studies have demonstrated that LiDAR is an accurate tool for estimating forest biomass. However, results vary with forest types, terrain conditions and the quality of the LiDAR data. In Italy many regional governments are acquiring low density LiDAR data for topographic and bathymetric mapping. We examine whether this type of data are useful for measuring forest attributes, such as biomass.

Introduzione

Una buona conoscenza del funzionamento degli ecosistemi forestali è particolarmente interessante e funzionale al controllo dei gas serra e alla conservazione della biodiversità.

Lo stesso Protocollo di Kyoto sostiene l'importanza di un'approfondita conoscenza della riduzione di CO₂ associata alla crescita di vegetazione ed affronta la necessità di una linea d'azione condivisa da ogni istituzione governativa perché tale riduzione risulti possibile. In questo contesto, quindi, assume un'importanza significativa ogni processo di controllo ed ogni cambiamento di destinazione di uso del suolo, in particolare in merito ai processi di forestazione, riforestazione, deforestazione e cambio di gestione del bosco (Schulze et al., 2002.).

L'osservazione della Terra con sensori passivi e la relativa produzione di immagini è una metodologia da tempo utilizzata per lo studio della vegetazione relativamente ad ampie estensioni di suolo; essa utilizza molti sensori e dall'interpretazione delle connesse immagini si è giunti all'individuazione di vari indicatori descrittivi della vegetazione (NDVI EVI ect...). Il vantaggio di questa metodologia è certamente la rapidità delle misurazioni, la possibilità di estenderle su larga scala e l'opportunità di effettuare analisi multi-temporali. Spesso, però, i risultati dipendono dalle contingenti condizioni ambientali (diffusione atmosferica, l'esposizione del versante o riflettanza bidirezionale ecc. (Fusco et

al.,2003)) per la cui normalizzazione bisogna conoscere diversi parametri, processi fisici e biologici, utili alla corretta ed univoca interpretazione dei dati telerilevati; non di rado tali operazioni risultano essere particolarmente artificiose inficiando la precisione del risultato.

In questo contesto l'uso del LiDAR (Light Detection And Ranging) rappresenta una valida alternativa ai sensori fino ad ora utilizzati. Questo sensore attivo permette di misurare, ad esempio, l'altezza delle foreste e di individuarne la canopy grazie alla registrazione di due impulsi laser di ritorno che si propagano verticalmente attraverso la vegetazione e che vengono registrati e successivamente interpretati in funzione al loro tempo di ritorno (Barilotti et al., 2005). Questa metodologia, infatti, è indipendente da qualsiasi fattore o interferenza ambientale in quanto registra la risposta ad un impulso inviato dal sensore (Dubayah et al., 2000, Lefsky et al., 2002 Naeset et al.,2001).

In questo studio, si è esaminato se la bassa densità dei punti nei dati LIDAR usati (<2 punti m²) è funzionale alla stima di biomassa forestale in boschi misti di latifoglie.

Area studio

Per un primo studio abbiamo selezionato un'area di 2x2 km localizzata nel bacino del torrente Pioverna nell'area montagnosa della Val Sassina in provincia di Lecco, Lombardia.

La vegetazione di questa area è caratterizzata da boschi misti di latifoglie con stand di densità e composizioni di specie arboree variabile. Il sito è rappresentativo per la regione pre-alpina sia in termini di geomorfologia, complessivamente l'area presenta pendenze elevate, sia in termini di tipologie forestali. La principale gestione del bosco è il ceduo con piantagioni di castagno (*Castanea sativa*), faggi (*Fagus sylvatica*), betulla (*Betula pendula*), tigli (*Tilia cordata*), frassino (*Fraxinus excelsior*), pioppo (*Populus tremula*) e aree naturali con la presenza di quercia (*Quercus spp*).

Materiali e Metodi

I dati LiDAR sono stati acquisiti nell'Ottobre 2003 dalla Compagnia Generale Ripreseeree SpA (CGR) di Parma per conto della Regione Lombardia D.G. Territorio e Urbanistica Infrastruttura per l'Informazione Territoriale. In Tabella 1 sono stati inseriti i dettagli tecnici riguardanti il volo LiDAR

DSM mapping			
Scan angle	20°	Scan angle	20°
Flying height	2000 m	Flying height	2000 m
Pulse rate	33.000 hz	Pulse rate	33.000 hz

Tabella 1 dettagli tecnici riguardanti il volo LiDAR

La raccolta dei dati in campo è avvenuta nel Maggio 2008. Nell'area di studio sono stati individuati random 27 plot circolari di raggio di 10 metri. Per ogni plot sono state individuate le specie arboree presenti, per ognuna si esse è stata misurata l'altezza e il diametro (DBH), si è deciso di escludere gli alberi con un diametro inferiore a 5 cm. Per ogni plot sono state prese le coordinate geografiche del centro del plot.

Per la stima della biomassa totale al soprassuolo (*total aboveground biomass*) di un singolo albero sono state usate equazione allometriche desunte dalla letteratura (Alberti et al.2006, Leonardi 1985, Steven et al., 1997, Zianis et al.. 2005) In seguito si è calcolata la biomassa totale al livello di ogni singolo plot.

Usando le coordinate geografiche prese in campo sono stati estratti tutti i punti LiDAR ricadenti in ogni plot.

I dati di altezza dei punti sono stati normalizzati utilizzando il DTM, prodotto dagli stessi dati LiDAR con risoluzione spaziale di 2metri. Da una osservazione successiva si è deciso di eliminare ulteriormente i punti al di sotto dei due metri di altezza dal suolo: Questi dati appartenenti al sottobosco sono stati erroneamente attribuiti al suolo. Un esempio di questo processo è riportato in figura 2 e 3.

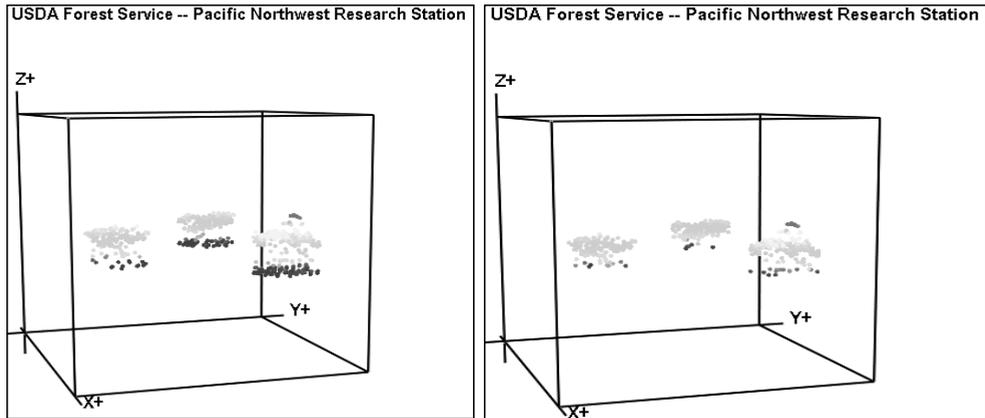


Figura 2 plot di dati LiDAR normalizzati con il DTM figura 3 plot di dati LiDAR normalizzati con il DTM e con un successivo taglio di punti a 2 m dal suolo.

Risultati e discussione

In questa parte dello studio ci siamo occupati di individuare una prima correlazione tra la biomassa ricavata dai dati di campo e i punti LiDAR dei singoli plot. Da bibliografia (Bortolot et al., 2005, Pilli et al., 2006) si evince che la biomassa forestale è strettamente correlata dall'altezza della foresta, per cui si è indagata la correlazione esistente tra le misure di altezza (*plot-level*) prese in campo e le misure di altezza dei punti LiDAR (*plot-level*).

Il miglior risultato per le misure di altezza mostra un R^2 , derivante dal modello finale, di 0.87 descritto dal grafico 4, un RMSE 1.02 Mg ha⁻¹ (8,3% della media) e un BIAS di 0 (grafico 5). La cross validation mostra un RMSE di 2.02 m (16,4% della media) e un BIAS di 0.02.

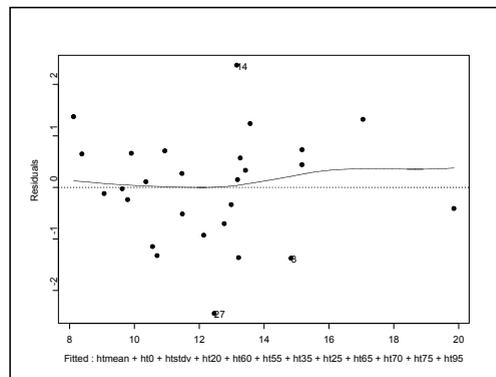
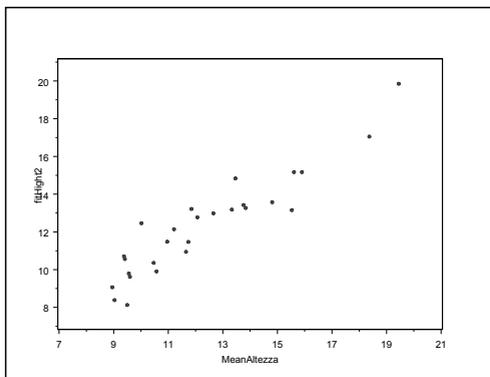


Grafico 4 retta di regressione tra i dati LiDAR e la media delle altezze osservate in campo, grafico 5 BIAS dell'altezza verso i dati fittati di altezza derivanti dai punti LiDAR

Infine, il miglior modello di biomassa ottenuto indica il 76% (R^2) di varianza rispetto alla biomassa misurata in campo, risultato mostrato nel grafico 6 con un RMSE di 30.56 Mg ha⁻¹ (20,9 % della media) e un BIAS di 0 (grafico 8) La cross validation mostra un RMSE di 53,7 Mg ha⁻¹ (36,8% of the mean), il BIAS è di 3.67185.

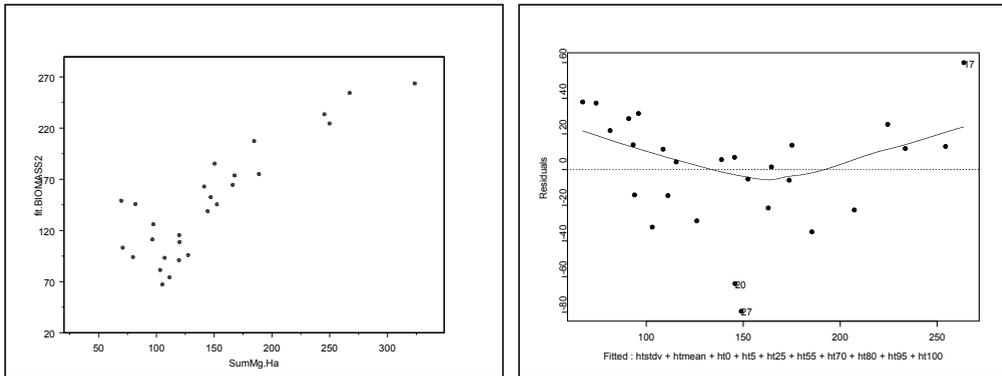


Grafico 6 retta di regressione tra i dati LiDAR e la biomassa media osservate in campo, grafico 5 BIAS della biomassa verso i dati fittati di altezza derivanti dai punti LiDAR.

Conclusioni

Gli obiettivi di questo lavoro sono stati quelli di sviluppare modelli di biomassa forestale da dati di altezze LiDAR, e di capire se nonostante la bassa densità di punti LiDAR sia comunque possibile avere una stima precisa di biomassa forestale.

I nostri risultati indicano che la bassa densità di punti LiDAR può essere usata per stimare la biomassa forestale nella nostra regione con un accettabile accuratezza.

Tale risultato potrebbe essere utile allo scopo di produrre mappe di biomassa forestale, facilmente aggiornabili con dati LiDAR. Questa metodologia potrebbe rispondere alle esigenze di monitoraggio della biomassa forestale come richiesto dal recepimento italiano del protocollo di Kyoto (linee guida nazionali per la riduzione delle emissioni dei gas serra).

Bibliografia

- Alberti G, et al. (2006) Accumulo di carbonio e produttività delle piantagioni legnose (Kyoto forests) del Friuli Venezia Giulia. *Society of Silviculture and Forest Ecology*.
- Bariolotti A. Turco S. Napolitano R. Bressano E. et al., (2005) La tecnologia LiDAR per lo studio della biomassa negli ecosistemi forestali. *XV Congresso della Società Italiana di Ecologia Torino*.
- Bortolot Z.J., Wynne R.H. (2005) Estimating forest biomass using footprint LiDAR data: An individual tree-based approach that incorporates training data. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 59 342-360
- Dubayah, R.O., and J.B. Drake. 2000. LiDAR remote sensing for forestry. *J. For.* 98(6):44-46.
- Fusco S. Colombo R., Scippa G.S., D. Chiatante (2003) Utilizzo dei dati MIVIS nella gestione forestale per la prevenzione di fenomeni di dissesto. *ATTI 7° ASITA*, pp 1117-1122
- Lefsky, M.A., Cohen, W.B., Parker, G.G., & Harding, D.J. (2002). LiDAR remote sensing for ecosystem studies. *Bioscience*.
- Leonardi S. (1985) Biomass, litterfall and nutrient content in *Castanea sativa* coppice stands of southern Europe. *Ann.Sci.For* 1996 53, 1071-1081
- Naesset, E., Bjerknæs, K.O. (2001). Estimating tree heights and number of stems in young forest stands using airborne laser scanner data. *Remote Sensing of Environment*, 78, 328-340
- Pilli R. Afrodillo T. Carrer M. (2006) Towards a functional and simplified allometria for estimating forest biomass. *Forest Ecology and Management* 237 583-593.
- Schulze, E.D., Valentini, R., Sanz, M.J. (2002). The long way from Kyoto to Marrakesh: Implications of the Kyoto Protocol negotiations for global ecology. *Global Change Biology*, 8, 505-518
- Steven P. Dmitri H., Zamolodchikov G., George N. KorovinViktor V. Nefedjev V., (1997) Estimating the carbon content of russian forests; Comparison of phytomass/volume and allometric projections. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2: 247-265, 1997.
- Zianis D., Muukkonen P, Mäkipääand R., Mencuccini M. (2005) Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe. *SILVA FENNICA Monographs* 4 2005 The Finnish Society of Forest Science The Finnish Forest Research Institute.

NUOVO SISTEMA DI FOTOGRAMMETRIA DIGITALE DA PALLONE AEROSTATICO: IL CASO DI STUDIO DEL CASTELLO DI SHAWBAK

Roberto GABRIELLI (*), Andrea ANGELINI (*), Guido VANNINI (**),
Michele NUCCIOTTI (**), Luca MENCINI (***)

(*) Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali, ITABC-CNR di Roma,
roberto.gabrielli@itabc.cnr.it, andrea_ang@libero.it.

(**) Dipartimento di studi storici e geografici, Università degli studi di Firenze,
vannini@unifi.it, nucciotti@unifi.it.

(***) Menci Software, Arezzo, luca@menci.it

Estratto

Nato da una collaborazione tra l'ITABC¹ del CNR di Roma e la Menci Software di Arezzo, la tematica dell'intervento riguarda la messa a punto di uno strumento che permetta di svolgere un rilievo archeologico-topografico mediante l'aerofotogrammetria digitale automatica in maniera veloce ed affidabile, utilizzando un pallone aerostatico a bassa quota. Per questo strumento è stato scelto come caso di studio il castello crociato di *Shawbak* in Giordania nell'ambito del progetto archeologico "*Petra Medievale: Archeologia degli insediamenti di epoca crociato-ayyubide in Transgiordania*" finanziato dal MIUR e dal MAE e condotto al prof. Guido Vannini dell'Università degli Studi di Firenze in collaborazione con l'ITABC del CNR di Roma. Gli obiettivi del lavoro sono stati quelli di ottenere un modello tridimensionale completo del castello che possa essere utilizzato per studiare eventuali interventi di restauro, che permetta di ottenere a vari livelli le planimetrie complete degli edifici e che permetta una navigazione tridimensionale all'interno della fortezza. È stato inoltre possibile ottenere un modello digitale del terreno (DTM) per un'analisi dettagliata del territorio finalizzata al recupero di strutture ancora interrate per una maggiore conoscenza della distribuzione degli spazi interni al castello.

Abstract

Born by a collaboration among the institute for the Technologies Applied to the Cultural Heritage of the CNR of Rome (ITABC) and the Menci Software of Arezzo, the intervention concerns the development of a device that allows to carry out an archaeological-topographical survey through the automatic aerophotogrammetry, in fast and reliable way, using an aerostatic balloon. For this device has been selected, as case of study, the castle of *Shawbak* in Jordan relating to the archaeological project "*Medieval Petra. Archaeology of Crusader-Ayyubid settlement in Transjordan*" financed by the MIUR and MAE and conducted by Prof. Guido Vannini of the University of the Studies of Florence in collaboration with the ITABC -CNR of Rome. The purpose of the job has been to get a complete three-dimensional model of the castle that can be used for studying the interventions of restauration. Model will allow to get complete planimetries of the buildings and a three-dimensional navigation inside the fortress. Besides it has been possible to get a digital terrain model (DTM) for detailed analysis of the territory finalized to the recuperation of structures still buried and for understanding the distribution of the inside spaces of the castle.

¹ Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali.

Petra “Medievale” e Shawbak: il progetto archeologico

La missione archeologica Petra 'medievale': archeologia dell'insediamento crociato-ayyubide in Transgiordania - Progetto Shawbak, promossa dal Dipartimento di Studi storici e geografici dell'Università di Firenze, fa parte di un programma di attività del Ministero degli Affari esteri (Progetto Pilota dal 1999) e del Ministero dell'Università e della Ricerca ('Progetto scientifico di interesse nazionale 'dal 1987; Progetto FIRB 2005-8) e coinvolge un'*équipe* di ricercatori provenienti anche dalle Università di Udine, Urbino, Venezia, l'Aquila, ITABC-CNR di Roma, CNRS-LSIS di Marsiglia (Drap et al., 2007). La missione, diretta da Guido Vannini, opera, dal 1999, all'interno del progetto strategico dell'ateneo fiorentino "La società feudale mediterranea: profili archeologici. Apogeo e declino, alle origini dell'Europa moderna " ed è dedicata allo studio archeologico delle strutture materiali della società feudale mediterranea (Vannini, 2007).

L'obiettivo principale del progetto archeologico, a carattere territoriale, è costituito dall'analisi delle forme dell'incastellamento crociato nell'area meridionale della Signoria di Transgiordania nel 12° secolo, sia negli aspetti propriamente strutturali, sia come 'osservatorio' sulla frontiera crociato-musulmana, in relazione con i modelli di insediamento Ayyubidi e Mamelucchi.

Tra i principali risultati di quasi due decenni di ricerca si ricordano in particolare l'identificazione del rinnovato ruolo centrale di Petra nella Transgiordania di 12 ° secolo, dove emerge un sistema classico di "Incastellamento" della valle (con i centri fortificati di al-Habis, al-Wu'ayra, Wadi Farasa (Schmid, 2005), Hormuz e il villaggio 'arabo-latino' di Beidha) collegato con il grande centro castrense regio di Ash-Shawbak ("Crack deMontral"). Un risultato più recente della missione, che a partire dal 2002 si è progressivamente focalizzata sull'analisi di quest'ultimo sito (dal 2006 in diretta collaborazione con il Department of Antiquities of Jordan), è stato infine il riconoscimento del ruolo di preminenza politica, amministrativa ed economica che Shawbak, fondato da Baldovino I nel 1115 sui ruderi di un antico forte del *Limes Arabicus*, esercita con rinnovato slancio in età Ayyubide e nel primo periodo mamelucco (Vannini, 2007). Il complesso archeologico-monumentale del castrum di *Mons Regalis/Shawbak* è localizzato a circa 25 chilometri a nord di Petra e costituisce uno degli insediamenti medievali meglio conservati dell'intero Medio Oriente. Il villaggio fortificato occupa una posizione strategica nel sistema viario principale (*darb al-malik* o *darb al-sultan* – Milwright, 2006) che collegava il Mar Morto e Damasco al Mar Rosso, al Cairo e alla Penisola Arabica. La fortezza, edificata sulla sommità di un rilievo calcareo emisferico, rappresenta uno dei rari esempi di castello crociato rioccupato con funzione militare e amministrativa in epoca Ayyubide, all'indomani della sconfitta subita dagli europei ad Hattin nel 1187. La cittadella, investigata estesamente attraverso i metodi dell'archeologia leggera (36 cf sono stati attualmente analizzati – Nucciotti, 2007), è dotata di un sistema difensivo complesso e continuo, con una planimetria quasi perfettamente ellittica, articolato in tre cinte murarie (già dal XII secolo) intervallate da torri e bastioni aggettanti, databili dalla fondazione crociata all'epoca Mamelucca. Le strutture murarie di molti edifici medievali (incluse due chiese, una cappella, i resti dei palazzi crociato e ayyubide e le imponenti torri mamelucche), conservate estesamente in elevato, permettono ancora oggi di percepire la monumentalità di un sito chiave nel controllo della Giordania meridionale per tutto il medioevo.

Z-Scan

Il dispositivo di acquisizione dati è supportato da un software, Z-Scan, per la generazione di nuvole di punti sviluppato dalla Menci Software.

ZScan basa il proprio funzionamento su un sofisticato algoritmo di rettifica multifocale mediante la quale le immagini vengono ricampionate epipolarmente secondo piani variabili in funzione della morfologia dell'oggetto da ricostruire. La rettifica è seguita da un processo di *image matching* multioculare che consente di ottenere un'elevata qualità ricostruttiva sia della forma che del colore della nuvola di punti.

Le fasi del processo di elaborazione sono suddivisibili in due grandi categorie: la preparazione della tripletta² e la ricostruzione della superficie. La preparazione inizia con la contro-distorsione delle immagini per l'eliminazione delle aberrazioni ottiche. Le immagini vengono analizzate mediante un operatore d'interesse per la ricerca di un numero di *features* dipendente dalle loro dimensioni, ma che di solito non è inferiore alle 1500. La disposizione delle *features* influenza le fasi successive del calcolo. È necessario che esse siano distribuite su tutto il fotogramma e che quest'ultimo sia omogeneamente *texturizzato*. Un algoritmo di ricerca delle *features* omologhe e del loro filtraggio mediante geometria epipolare, conduce alla ricostruzione degli orientamenti dei tre fotogrammi. I valori angolari ottenuti per l'assetto di presa sono prossimi a zero e la loro entità dipende dalle tolleranze costruttive della slitta, dal posizionamento della camera sul carrello, dall'oscillazione della barra ed eventualmente del supporto che la sostiene. La correttezza dell'orientamento è il presupposto indispensabile per la buona riuscita del processo di ricostruzione.

Nota l'orientamento, si procede alla fase di rettifica trinoculare al fine di annullare simultaneamente la parallasse verticale sui tre fotogrammi. La rettifica è particolarmente complessa in quanto le condizioni di presa sono prossime a quelle di perfetto allineamento che costituisce una condizione degenera per il tensore trifocale. A tale scopo è stato messo a punto un algoritmo di rettifica trinoculare senza l'uso del tensore trifocale. La ricostruzione della superficie avviene per *image matching* mediante metodi di programmazione dinamica. Il calcolo della cross-correlazione è simultaneo sulle tre immagini e sfrutta le componenti cromatiche RGB.

Applicazione del dispositivo sperimentale

Dalla collaborazione tra la Menci Software di Arezzo e l'ITABC-CNR di Roma è stata sviluppata una nuova strumentazione che sfruttasse il *software Z-scan* da pallone aerostatico applicato su aree archeologiche.

Il dispositivo consiste in una barra metallica in alluminio di m 2 di lunghezza, sulla quale sono poste ad una distanza nota tre camere digitali *reflex* precedentemente calibrate. Per questo tipo di applicazione si è deciso l'utilizzo di un 24 mm fisso che potesse assolvere alle esigenze di ampia ripresa ed una distorsione ottica ridotta. Dal centro della barra principale si diparte in direzione ortogonale un'altra barra a formare una T, sempre in alluminio, della stessa lunghezza di quella principale e del peso inferiore per compensare eventuali momenti sull'asse verticale dell'asta principale. Su tale coda è agganciata una fune per direzionare il dispositivo nella posizione desiderata. Con l'ausilio di tre cavi, agganciati sui tre vertici estremi della T, il dispositivo è stato appeso ad un pallone aerostatico di 3.5 m di diametro. Il sistema è munito di un radio comando per lo scatto remoto e la sincronizzazione delle camere sul soggetto da riprendere.

Fly-scan è stato sperimentato sul complesso archeologico del castello di *Shawbak* sul quale sono state eseguite riprese dall'alto per la generazione di nuvole di punti dettagliate. La sperimentazione è durata soltanto quattro ore³ durante le quali sono stati scattati più di 800 fotogrammi/triplette⁴. Il lavoro è stato diviso in due parti: una relativa al primo volo, fatto da m 25 di altezza per assicurare un corretto funzionamento dello strumento. L'altra fatta durante le prime ore del mattino in maniera tale che la luce radente del sole evitasse forti contrasti tra luci e ombre, poiché gli elementi in ombra non vengono restituiti correttamente. In questo caso gli scatti sono stati effettuati da un'altezza di m 40 che simulasse anche l'altezza massima alla quale siamo obbligati in Italia⁵. Da tale altezza, montando un 24 mm l'area di ripresa a terra è stata di m² 1000⁶. In questa maniera, in poche ore è

² Per tripletta si intende lo scatto in successione sulla camera digitale.

³ Le ore sopracitate fanno riferimento al tempo effettivo della fase di acquisizione totale. Prima di tale fase è necessario preparare lo strumento per poter essere alzato in volo.

⁴ Ciascuna camera digitale ha scattato 800 fotogrammi utili alla ricostruzione tridimensionale del sito.

⁵ L'altezza massima stabilita dall'ENAC è di m 40. Oltre tale altezza bisogna richiedere dei permessi specifici e comunque non oltre determinate altezze, soprattutto in presenza di aeroporti.

⁶ Per implementare l'area di ripresa dalla stessa altezza è possibile montare un 14 mm. Bisogna tenere presente però due fattori: il primo relativo alla distorsione maggiore che si ha considerando che un 14 mm è un obiettivo grandangolare

stata coperta l'area relativa a metà castello. E' doveroso fare delle precisazioni riguardo all'intervento eseguito. *In primis* l'area indagata è priva di vegetazione e strutture molto alte che possano evitare un volo idoneo del pallone poiché l'area è sita in un contesto desertico. Sul sito però sono presenti forti correnti di vento a diversi nodi di velocità che possono alterare il lavoro di ripresa considerando anche il peso della struttura pari a ca. kg 10⁷. La maggiore difficoltà è stata quella relativa allo spostamento sul sito che doveva essere fatta in maniera razionale, utilizzando la tecnica nota in aerofotogrammetria, ossia per *overlap* e *sidelap* (Bonora et al., 2000) per evitare che ci siano zone non coperte dalla ripresa⁸. Dopo la fase di acquisizione delle riprese, si è proceduto all'analisi delle foto appena fatte e, attraverso l'uso di un GPS differenziale, sono stati presi dei punti fiduciali su elementi architettonici ben riconoscibili sulle foto e a terra (Colosi, 2001; Gabrielli, 2001). Per ogni fotogramma si è resa necessaria l'acquisizione e l'identificazione di almeno 4 punti sul territorio⁹. Questo si è reso necessario sia per una corretta georeferenziazione delle singole nuvole, che per evitare distorsioni che non permettano una esatta collimazione delle strutture durante la mosaicatura delle nuvole.

Attraverso il *software* dedicato, le triplette hanno dato origine a nuvole di punti di ca. pp 300.000 con una risoluzione a terra di 1 punto ogni cm 5. Questo livello di risoluzione è stato frutto di un compromesso tra la precisione del dato e la sua dimensione massima che ne permettesse la gestione¹⁰. In via sperimentale è stato eseguito un *test* su un edificio del castello¹¹ alla medesima altezza aumentando notevolmente la sensibilità ed ottenendo una nuvola di punti contenente più di 2.000.000 punti e con una risoluzione a terra di 1 punto ogni cm (fig. 2). Inoltre è in via di definizione una strisciata da m 100 di altezza per i quali è stata calcolata una risoluzione massima a terra di cm 2.

Lo scopo principale della campagna di acquisizione è stato quello di ricreare nuvole di punti sulle quali ricostruire fedelmente le strutture e il territorio attualmente presenti per una fruizione *web* di tutto il complesso archeologico, in maniera tale da rendere disponibili non solo le informazioni quantitative e dimensionali atte più ad un uso specifico, ma anche quelle di tipo qualitativo legate al colore, che insieme possano dare all'utente una percezione spaziale il più reale possibile.

Questo modello tridimensionale servirà anche allo studio intensivo delle strutture del castello e allo studio relativo alla loro disposizione all'interno della spazio intramurale, nonché a tutte le operazioni di rilievo e georeferenziazione relative alle emergenze archeologiche.

Le riprese dall'alto inoltre hanno lo scopo di contestualizzare le strutture all'interno dell'ambiente nel quale sorgono. Con questa finalità si possono ottenere *DTM* (*Digital Terrain Model*) del territorio ben definiti e a colori¹², che godono del vantaggio di coprire dall'alto aree molto vaste. E' noto come una visualizzazione e interpretazione degli elementi dall'alto possa fornire informazioni interpretative diversificate rispetto alla vista dal basso soprattutto là dove aree vegetative nascondono strutture murarie di dimensioni non trascurabili (Carandini, 1991). Tramite la fotogrammetria automatica, si acquisisce la dimensione spaziale di ogni singolo punto a terra,

molto spinto, il secondo relativo alla distribuzione più rada dei pixel sulla superficie acquisita che restituirà una risoluzione più bassa.

⁷ L'uso di un pallone aerostatico garantisce una maggiore stabilità dovuta all'annullamento delle forze vettoriali: la spinta del pallone verso l'alto contrasta quella laterale del vento, diminuendo notevolmente la deriva del pallone. In questo caso la forza peso del dispositivo tende ad annullare la spinta verso l'alto facilitando in questa maniera la spinta laterale del vento.

⁸ Sulle *reflex* attuali non è possibile visualizzare l'anteprima dello scatto. Di conseguenza gli operatori si muovevano su linee parallele contando dei passi dopo i quali veniva effettuata l'acquisizione. Per questo motivo a fine ripresa veniva eseguito un *back up* delle triplette che successivamente erano analizzate per conoscere le zone coperte e quelle ancora da coprire.

⁹ La disposizione dei punti sul fotogramma deve essere distribuita su tutta la superficie e non concentrata in alcune aree.

¹⁰ Questo tipo di risoluzione è legata al processore di calcolo e alla memoria *ram* di cui si dispone.

¹¹ L'edificio in questione è la così detta Chiesa Grande.

¹² Il sistema è in grado di associare il grado RGB alle coordinate del punto.

ottenendo modelli 3D integrabili con altre informazioni relative alla presenza e all'intervento dell'uomo sul territorio.

In merito a questa metodologia e al campo di applicazione sopra descritto, bisogna sottolineare la versatilità, la leggerezza e le dimensioni esigue dello strumento, che permettono una facilità di trasporto in ambienti logisticamente difficili come il sito di *Shawbak* in Giordania dove altrimenti strumenti della stessa categoria (i.e. *laser scanner*) avrebbero dei costi di gestione e trasporto superiori. In ambito di *upgrading* del *software* e dell'*hardware*, diversamente da molti strumenti (i.e. stazione totale, *laser scanner*), dove il prodotto nuovo sostituisce quello vecchio in maniera completa, per ottenere risoluzioni maggiori nel caso di *Fly-scan* è necessario cambiare solo le camere fotografiche poiché la barra rimane comunque sempre la stessa ed anche il *software* di gestione dati. Il notevole vantaggio consiste nel cambiare camera digitale con una a risoluzione maggiore, tale da aumentare la definizione della nuvola di punti. Attualmente a m 40 si possono ottenere nuvole con una risoluzione a terra di 1 punto ogni cm. Utilizzando sensori da MP 20 si possono ottenere risoluzioni prossime al cm a m 100 di altezza¹³. Altro fattore sicuramente molto importante consiste nella scelta della risoluzione. Impiegando un *laser scanner* durante la fase di acquisizione è necessario stabilire una risoluzione che non sempre si rivela efficace e corretta per il tipo di lavoro che si sta svolgendo. In questo caso la fase di acquisizione non dipende dalla risoluzione dello strumento¹⁴; soltanto durante la fase di *process* dei dati sceglieremo la risoluzione idonea al tipo di intervento che si è fatto. In questo caso rispetto alla definizione del castello che si voleva ottenere si è scelta una risoluzione di 1 punto ogni 5 cm per avere una visione generale del castello che potesse essere anche gestita in maniera rapida. Non ultima la velocità di elaborazione del dato che può variare per ogni singola nuvola da un minimo di pochi secondi fino a un paio d'ore ottimizzando tutti i parametri per l'ottenimento della massima risoluzione.

La possibilità di scegliere la risoluzione ci aiuta a riflettere sugli scopi che ci dobbiamo prefiggere ogni qual volta decidiamo di fare un lavoro, dove non sempre la massima risoluzione è richiesta ed è sinonimo di qualità e affidabilità. Viceversa nuvole ad altissima risoluzione possono creare disagi nella gestione dei dati stessi che dunque si rendono inutilizzabili.



Figura 1 – Veduta del castello di Shawbak (Giordania).

¹³ L'utilizzo attuale di tali sensori comporta una spesa economica ingente.

¹⁴ Le camere digitali compiono uno scatto fotografico al massimo della risoluzione di acquisizione del sensore

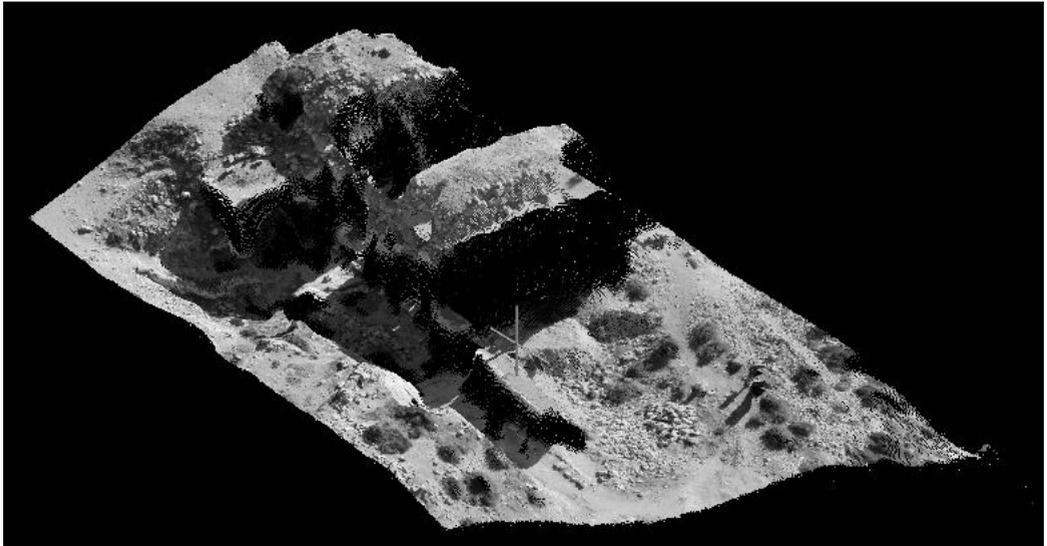


Figura 2 – Vista prospettica della nuvola di punti generata con Fly-Scan dell'area relativa alla Chiesa Grande.

Bibliografia

- Bonora G., Dall'Aglio P., Patitucci S., Uggeri G. (2000), *La topografia antica*, CLUEB, Bologna, 161-174.
- Carandini A. (1991), *Storie della terra. Manuale di scavo archeologico*, Einaudi, Torino, 38-85.
- Colosi F., Gabrielli R., Peloso D., Rose D. (2001), "Impiego del Differential Global Positioning System (DGPS) per lo studio del paesaggio antico: alcuni esempi rappresentativi", *Archeologia e Calcolatori*, 12, 2001, 181-197.
- Drap P. et al. (2007), *Photogrammetry and archaeological knowledge: toward a 3d information system dedicated to medieval archaeology: a case study of Shawbak castle in Jordan*, in Remondino El-Hakim a c. (2007), *Proceedings of the 2nd ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2007: "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures"*, Zurich;
- Gabrielli R. (2001), "Introduzione all'uso dei GPS in archeologia", in Campana S., Forte M. (eds.), *Remote sensing in Archaeology*, Firenze, All'insegna del Giglio, 1-25.
- Milwright M. (2006), "Central and southern Jordan in the Ayyubid period", *Journal of Royal Asiatic society*, s 3, 16-1: 1-27;
- Nucciotti M. (2007), *Shawbak. Analisi stratigrafiche degli elevati: primi risultati*, in Vannini G. a.c. (2007), 27-55;
- Schmid S. G. (2005), "The international Wadi Farasa Project, preliminary report of the 2004 season", *Annual of the Department of Antiquities of Jordan*, 49: 71-80;
- Vannini G. a.c. (2007), *Archeologia dell'insediamento crociato-ayyubide in Transgiordania. Il Progetto Shawbak*, Insegna del Giglio, Firenze;

DISTRIBUZIONE PUNTUALE DEI FLUSSI DI TRAFFICO SIMULATO

Roberto GABRIELLI (*), Alessandra GUIDAZZI (*), Raffaele MISEROCCHI (*)
Marco Antonio BOSCHETTI (**), Vittorio MANIEZZO (**), Matteo ROFFILLI (**)

(*) Servizio Pianificazione territoriale, Provincia di Forlì-Cesena
e-mail: {gabrielli.roberto, guidazzi.alessandra,raffaele.miserochi}@provincia.fc.it
(**) Scienze dell'Informazione, Università di Bologna
e-mail: {boschett, maniezzo, roffilli}@csr.unibo.it

Riassunto

La gestione e la pianificazione del territorio richiedono sempre di più una conoscenza puntuale dei principali parametri di interesse al fine di ottimizzare al meglio la distribuzione delle risorse e la loro fruibilità da parte dei cittadini. Uno degli aspetti più importanti riguarda sicuramente la gestione dei flussi di traffico che sono alla base di qualsivoglia ottimizzazione quantitativa delle risorse. Essendo quanto mai difficile ottenere una conoscenza globale perfetta dei flussi di traffico reali, il pianificatore spesso fa uso di simulazioni e previsioni dei flussi di traffico ottenute tramite appositi pacchetti applicativi che combinano una conoscenza, anche parziale, delle matrici origine-destinazione con la rete viaria per inferire possibili scenari. Un limite intrinseco di questi applicativi risiede nel produrre una granularità di dettaglio minima dei flussi simulati non sufficiente per analizzare quantitativamente aree di territorio relativamente piccole con intervalli di confidenza accettabili sui dati prodotti. Questo in gran parte è dovuto o a intrinseche mancanze nelle matrici origine-destinazione a disposizione o ad assunzioni necessariamente grossolane nei modelli simulativi ad agenti.

Alla luce di queste considerazioni, in questo lavoro presentiamo un modello innovativo di simulazione e ottimizzazione dei flussi di traffico in grado di fornire simulazioni quantitativamente consistenti anche per aree estremamente piccole – finanche al singolo numero civico – che è stato validato su un caso d'uso reale: la rete stradale della provincia di Forlì-Cesena. Alla base del modello vi è un innovativo utilizzo della distribuzione dei numeri civici che permette di inferire una distribuzione non isotropa delle informazioni contenute nella matrice origine-destinazione.

L'applicazione è basata sul GIS open source Ertha, disponibile gratuitamente online. La semplicità di utilizzo è garantita da una serie di tool automatizzati in grado di generare i dati necessari a partire da un set minimo di informazioni disponibili presso ogni comune italiano: il grafo stradale, la distribuzione dei numeri civici e il censimento ISTAT. I risultati presentati sono incoraggianti sia dal punto di vista delle previsioni sia per quanto riguarda l'interattività con l'utente finale che riesce in modo semplice ed efficace ad analizzare lo stato attuale del proprio territorio e a generare previsioni consistenti a fronte di modifiche dell'assetto viario.

Abstract

Nowadays managing and planning territorial services require a deep knowledge of the area main parameters of interest, in order to optimize as best as possible the accessibility to local resources. One of the crucial points is the traffic flow simulation and forecast, which gives the basis for any quantitative analysis of the optimization process. Given that gathering the right value for each simulation parameter is too hard, the planning service exploits, when possible, flow simulations and forecasts achieved by means of software suites that combine information regarding the original-destination matrix with the road network. The objective is to produce from the current state possible

future scenarios. One of the many drawbacks of current algorithms is that the scale for which the forecast is statistically valid is too large for analyzing small local areas. The cause should be found either in the quality of the origin-destination matrices or in the many a priori assumptions that any agent-based algorithm must consider in order to converge.

Given this, we present here an application which implements an innovative simulation and optimization approach, able to achieve good results also for small-scale areas ranging from single town to local streets. The application has been validated on a real-world case study, the road network of the province of Forlì-Cesena. At the core of the model, a novel exploitation of the distribution of civic enumeration makes it possible to infer a non isotropic distribution of the traffic flow accordingly with the origin-destination matrix.

The deployed application is interfaced with the Ertha open source GIS, freely available online. Special attention was given to the interaction with the user, by developing several automatic tools able to generate the right configuration of the required data, by starting from basic information available to each municipality: the road network, the civic enumeration, and the ISTAT census data. The results are satisfying both for the quality of the forecasts and for the ease with which the operator can control all basic parameters and generate alternative future scenarios.

Introduzione

La pressante richiesta di sostenibilità ambientale sta ponendo i gestori delle risorse di fronte a problemi organizzativi sempre più complessi. Se fino a qualche anno fa decisioni prese sulla base di considerazioni qualitative del territorio, studiate su carte topografiche statiche, erano sufficienti per una corretta gestione, ora la complessità delle interazioni e degli scenari richiede necessariamente un supporto informativo dinamico ed evoluto. In particolare le pubbliche amministrazioni locali sono sempre più interessate a strumenti di supporto alle decisioni per la pianificazione e il controllo dei processi e delle infrastrutture (reti stradali, reti fognarie, linee telefoniche, idriche, gasdotti, linee di distribuzione della elettricità, riserve idriche, reti di trasporto) che sono attivi nel loro territorio di competenza.

La gestione e la pianificazione del territorio richiedono sempre di più una conoscenza puntuale dei principali parametri di interesse al fine di ottimizzare al meglio la distribuzione delle risorse e la loro fruibilità da parte dei cittadini. Uno degli aspetti più importanti riguarda sicuramente la gestione dei flussi di traffico che sono alla base di qualsivoglia ottimizzazione quantitativa delle risorse. Essendo quanto mai difficile ottenere una conoscenza globale perfetta dei flussi di traffico reali, il pianificatore spesso fa uso di simulazioni e previsioni dei flussi di traffico ottenute tramite appositi pacchetti applicativi che combinano una conoscenza, anche parziale, delle matrici Origine-Destinazione (OD) con la rete viaria per inferire possibili scenari. La soluzione ottenuta dipende inoltre da un numero cospicuo di parametri operativi, i cui valori influenzano in modo determinante i risultati ottenuti, sia globalmente che localmente. Questo aspetto è di solito mascherato negli applicativi proposti sul mercato che richiedono una forte personalizzazione dei parametri da parte dell'utente, rallentando ulteriormente la velocità di elaborazione. Appare scontato che l'ottimizzazione della rete viaria porti implicitamente numerose ricadute benefiche su tutto il tessuto economico-sociale. Ad esempio un miglioramento dei tempi di percorrenza della rete produce una diminuzione delle emissioni nocive, un miglioramento dell'aria, una diminuzione dei costi e in generale un vantaggio competitivo del territorio.

Alla luce di queste considerazioni, il contributo principale di questo lavoro risiede nell'estensione di una metodologia già da noi proposta (Boschetti *et al.*, 2007) per la simulazione dei flussi di traffico veicolare e merci. L'estensione riguarda la possibilità di distribuire i punti di ingresso e di uscita del flusso veicolare non genericamente all'interno delle celle della matrice OD ma puntualmente ed in modo non omogeneo sui singoli nodi stradali. Ciò è permesso inferendo una possibile distribuzione dei punti di ingresso e di uscita prendendo in considerazione la distribuzione dei numeri civici all'interno del grafo stradale. Questa informazione è di solito disponibile presso l'anagrafe cittadina.

Per validare la bontà dell'approccio proposto abbiamo utilizzato dati georeferenziati a livello provinciale relativi alla rete stradale della provincia di Forlì-Cesena (regione Emilia-Romagna). La rete consta di circa 30000 archi stradali e di una zonizzazione ISTAT dell'area di interesse composta da circa 4000 zone ognuna delle quali è rappresentata nella matrice OD sia come origine che come destinazione. La matrice OD è stata rilevata nel 2005. La Figura 1 mostra gli elementi rilevanti del territorio di nostro interesse: il grafo stradale, le zone della matrice OD e la distribuzione dei civici.

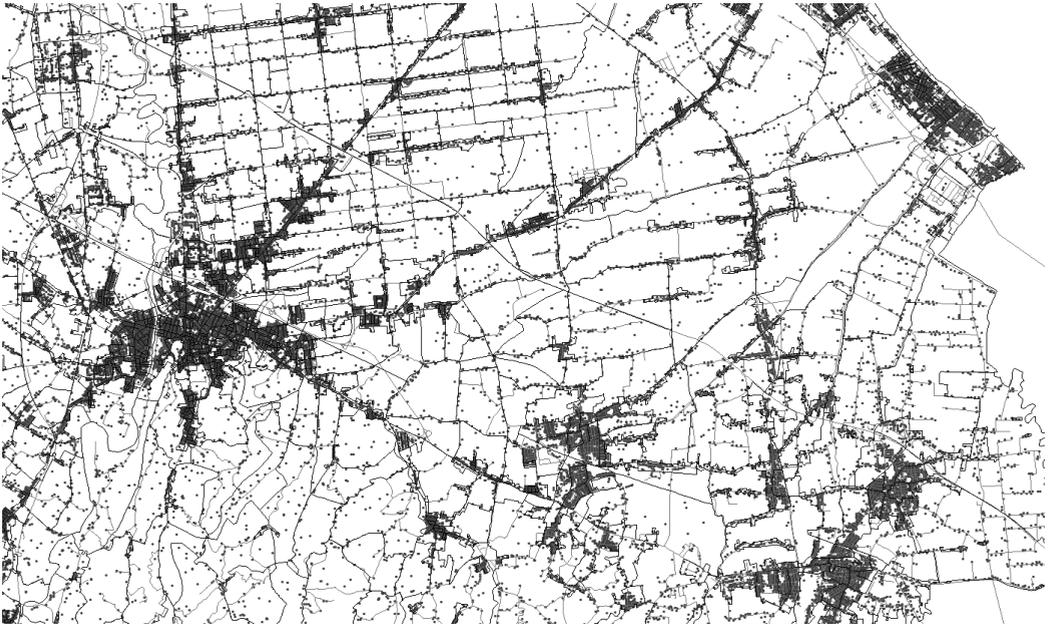


Figura 1 – Gli elementi rilevanti del territorio di nostro interesse: il grafo stradale (rosso), le zone della matrice OD (nero) e la distribuzione dei civici (punti blu).

Formulazione matematica

Dal punto di vista matematico il problema è stato modellato come segue. La rete stradale è stata rappresentata come un grafo $G = (V, A)$, dove $V = V_s \cup V_c$ è il set dei nodi e $A = A_s \cup A_c$ il set degli archi. A_s è il subset degli archi realmente esistenti and V_s il subset dei relativi nodi terminali. V_c è il subset dei nodi virtuali (ovvero creati artificialmente), ognuno dei quali è associato o ad un'origine o ad una destinazione e A_c è il subset degli archi che connettono i nodi virtuali relativi a origine e destinazione a tutti i nodi in V_s che appartengono a quella particolare zona.

Modellizzazione del traffico

Per ogni arco $(i,j) \in A_s$ sono disponibili diversi parametri fisici come lunghezza, larghezza, capacità, pendenza, tortuosità, etc. Questi parametri sono utilizzati dall'algoritmo di assegnamento per calcolare un costo generalizzato di percorrenza dell'arco che permette in seguito di ottenere un costo minimo di assegnamento.

La soluzione finale deve specificare per ogni arco $(i,j) \in A$ una stima del flusso f_{ij} che lo attraversa. Il costo generalizzato c_{ij} è relativo al tempo necessario per attraversare l'arco, in accordo con il principio di Wardrop, ed è funzione del relativo flusso.

La matrice OD è modellizzata come un set indicizzato $\Lambda = [\ell]$ di coppie OD, ognuna delle quali ha associata una richiesta $\omega_\ell \in \Omega$. Le richieste sono quindi distribuite sul flusso φ_p che attraversa il percorso direzionato $p \in \Phi_\ell$ dove Φ_ℓ è l'indice del set dei percorsi per la coppia OD ℓ e $\Phi = \bigcup_{\ell \in \Lambda} \Phi_\ell$. Il risultante problema di assegnamento è il seguente:

$$(P) \quad \min \sum_{(i,j) \in A} c_{ij}(f_{ij}) \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{p \in \Phi_\ell} \varphi_p = b_\ell, \quad \ell \in \Lambda \quad (2)$$

$$f_{ij} = \sum_{p \in \Phi} \delta_{ij}^p \varphi_p \leq u_{ij}, \quad (i,j) \in A \quad (3)$$

Nella formulazione, b_ℓ rappresenta la richiesta da origine a destinazione per la coppia OD ℓ , δ_{ij}^p è una costante uguale a 1 se l'arco (i,j) appartiene al percorso p e a 0 in caso contrario, mentre u_{ij} è la capacità teorica dell'arco (i,j) . L'assegnamento deriva perciò dalla ricerca del punto di equilibrio dei flussi pertinenti a differenti coppie OD nel contesto di un modello deterministico a richiesta finita (Florian, Hearn, 1999). L'algoritmo di assegnamento è un'estensione che gestisce gli assegnamenti parziali dell'approccio all-or-nothing, basato su un codice per Min-Cost Multicommodity flow, che è infine decomposto in un sottoproblema di tipo Min-Cost flow (MC_k) per ogni origine $k \in V_c$.

Mentre per ogni arco $(i,j) \in A_s$, ovvero gli archi reali, i parametri sono disponibili a priori, per gli archi virtuali del subset A_c i parametri devono essere impostati automaticamente. Un modo nativo consiste nell'imporre che ognuno di questi archi abbia capacità infinita e tutti gli altri parametri costanti. In questo modo la percorrenza dell'arco virtuale è non significativa per il percorso origine-destinazione ed ha l'unico scopo di collegare le informazioni sulla sezione ai nodi stradali presenti al suo interno.

Distribuzione puntuale

Un effetto secondario di questa scelta consiste nel fatto che, se gli archi interni alla sezione sono sufficientemente capacitivi, il flusso entrante ed uscente si distribuisce solo ai bordi della sezione minimizzando in questo modo il costo di percorrenza. Una seconda soluzione consiste nell'imporre che il flusso si distribuisca in modo omogeneo all'interno della sezione. Per ottenere questo risultato è sufficiente imporre che la capacità degli archi virtuali non sia infinita ma costante ed uguale al flusso entrante (uscente) diviso il numero di archi entranti (uscanti). In questo modo gli archi che connettono i nodi ai bordi verranno velocemente saturati dal flusso e l'algoritmo in seguito andrà automaticamente ad utilizzare i nodi più interni. Questo approccio evita cadute improvvise del flusso che difficilmente possono essere interpretate se non come anomalie ed imprecisioni dei dati. Nonostante ciò, ad un'attenta analisi i flussi risultanti non sono ancora soddisfacenti in quanto una singola sezione può contenere aree altamente abitate o produttive e aree pressoché deserte. Avere flussi continui in aree dove non ci dovrebbero essere può generare erronee deduzioni se la scala di interesse non è a livello comunale ma di singoli quartieri o settori del territorio.

La soluzione che noi proponiamo si basa sull'assunzione che i veicoli partano ed arrivino in prossimità di abitazioni o strutture dotate di numero civico. Per sfruttare questa informazione è sufficiente avere una distribuzione georeferenziata dei punti associati a numeri civici di solito a disposizione dell'ufficio anagrafe che la utilizza per altri scopi. Con questa informazione disponibile è possibile associare agli archi virtuali una capacità proporzionale ai numeri civici associati al nodo reale dell'arco.

L'algoritmo è il seguente:

1. associa ogni numero civico ad un arco stradale;
2. associa ai nodi terminali di ogni arco esattamente metà dei civici associati all'arco di appartenenza. Se il nodo appartiene a più archi somma i valori dei civici associati;
3. calcola la somma dei civici associati ai nodi interni ad ogni sezione;
4. per ogni sezione: associa ad ogni arco virtuale una capacità uguale alla somma dei civici diviso il numero di civici del proprio nodo reale.

La soluzione proposta genera flussi di traffico continui e distribuiti in modo conforme al territorio mantenendo la medesima formulazione del problema ed agendo unicamente in fase di pre-processing dei dati. Ovviamente, ove i dati fossero disponibili, la distribuzione delle capacità degli archi virtuali potrebbe essere ulteriormente raffinata utilizzando anche il numero di persone residenti presso ogni numero civico o altre informazioni che possano ulteriormente raffinare la scala di dettaglio.

Caso di studio

I risultati ottenuti utilizzando il plugin di simulazione e previsione flussi di traffico, inserito nel pacchetto applicativo open source Ertha (Ertha project, 2008), che implementa il modello descritto sono stati validati sulla rete della nostra provincia. Abbiamo interfacciato il codice, implementato tutto in C# e C++, con il GIS della provincia di Forlì-Cesena, accedendo direttamente agli shapefile dei dati e ottenendo quindi un'integrazione completa e una totale interoperabilità con l'ArcGis della provincia. La Figura 2 mostra i risultati della simulazione del traffico per un'area di interesse con le tre tipologie di distribuzione: a capacità infinita (sinistra), a capacità omogenea (centro) e a capacità basata sui civici (a destra). L'area rappresenta un comune di piccole dimensioni inserito in un contesto provinciale più esteso e comprende un centro storico con mobilità consentita ridotta, alcune aree residenziali e artigianali e alcune direttrici stradali principali. Come si può notare anche visivamente il flusso ottenuto con la soluzione originale cade bruscamente appena raggiunta la sezione centrale di censimento risultando inadeguato per un'analisi dettagliata a scala locale. La qualità del risultato migliora sensibilmente utilizzando una distribuzione omogenea che spalma i flussi anche all'interno della sezione. Con l'utilizzo dei numeri civici i flussi interni sono ulteriormente incrementati ed emerge una direttiva locale principale (dal quadrante sud-ovest) che convoglia i flussi locali verso il centro storico. Un'analisi quantitativa a posteriori di questi risultati ha messo in evidenza che la direttiva locale è effettivamente utilizzata dai veicoli come ingresso preferenziale verso il centro storico confermando così la bontà del risultato e confortando le aspettative dei pianificatori. In definitiva, le stime così ottenute dell'impatto ambientale degli schemi di mobilità previsti hanno avuto un ruolo centrale nella valutazione dell'accessibilità ambientale e territoriale degli insediamenti e nelle scelte infrastrutturali del piano provinciale. Questo rappresenta un riferimento essenziale per la valutazione delle scelte contenute nel piano strutturale dei comuni controllati. Più specificamente, la previsione di mobilità sottolinea l'esigenza di complementare il sistema infrastrutturale con nuove, più articolate politiche modali (centri logistici, incentivazione all'uso del trasporto pubblico, ecc.), dato che le infrastrutture previste, da sole, non saranno in grado di affrontare efficientemente la richiesta crescente di mobilità nel territorio.

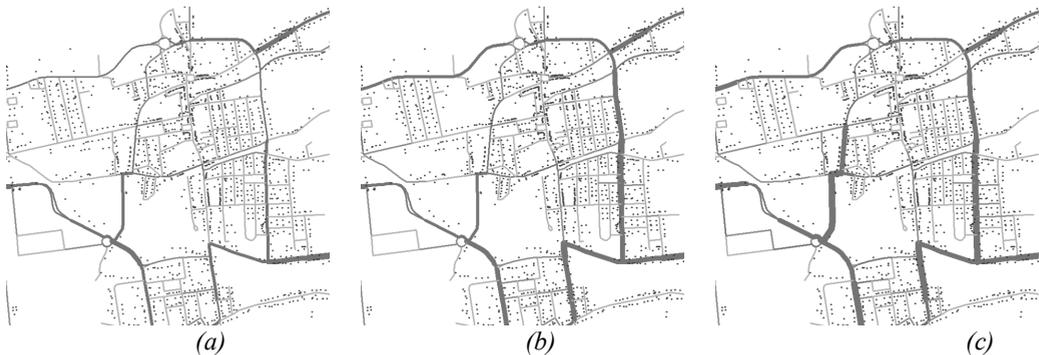


Figura 2 – Risultati della simulazione del traffico per un'area di interesse contenente un centro storico con limitato transito veicoli consentito. Lo spessore delle linee rappresenta in scala non lineare il flusso veicolare ottenuto con le tre tipologie di distribuzione: a capacità infinita (a), a capacità omogenea (b) e a capacità basata sui civici (c).

Riferimenti bibliografici

- Boschetti M.A., Gabrielli R., Guidazzi A., Maniezzo V., Miserocchi R., Roffilli M., (2007), "Simulazione adattiva dei flussi di traffico", Proc. of 11^a Conferenza Nazionale ASITA - Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali
- Ertha project, (2008), <http://astarte.csr.unibo.it/ertha/>, <https://sourceforge.net/projects/ertha>
- Florian M., Hearn D. (1999), "Network Equilibrium and Pricing", *Handbook of Transportation Science*, Hall R.W. (ed), Kluwer Academic Publishers, 361-393

USO DI DATI ANCILLARI A LIVELLO REGIONALE PER LA CLASSIFICAZIONE DI IMMAGINI SATELLITARI DI ARCHIVIO

Andrea GALLI (*), Ernesto MARCHEGGIANI (*),
Giovanni CIABOCCO (*), Mauro TIBERI (**)

(*) Dipartimento SAIFET – Università Politecnica delle Marche, 60131, Ancona, Tel +39 071 2204965,
a.galli@univpm.it, e.marcheggiani@univpm.it, g.ciabocco@univpm.it

(**) Centro Operativo Servizio Suoli – ASSAM (Agenzia per i Servizi Settore Agroalimentare delle Marche),
Via Alpi 21, Ancona, Tel +39 071 8081, info-suoli@regione.marche.it

Abstract

In the lack of a specific set of ancillary data dedicated to the supervised classification of a multi-spectral high-resolution IKONOS imagery, aiming to the realization of a land cover map, at the 1:10'000 scale, authors has tested to retrieve necessary information through the reuse of several preexistent information from existing regional information systems and monitoring networks.

Abstract

In assenza di un opportuno set di dati ancillari per la classificazione supervisionata di immagini multispettrali ad alta risoluzione IKONOS, al fine della realizzazione di una carta di uso/copertura delle terre, alla scala 1:10'000, si è sperimentato il recupero delle necessarie informazioni mediante il riuso di una serie di dati e informazioni di archivio derivanti dalle banche dati dei preesistenti sistemi informativi e dalle reti di monitoraggio regionali.

1. Introduzione e obiettivi

I servizi tecnici delle pubbliche amministrazioni nell'espletamento delle ordinarie funzioni a cui sono deputati specificamente, o per rispondere alle nuove istanze che sempre più frequentemente vengono poste loro in merito alla razionalizzazione delle risorse, hanno crescenti esigenze di operare valutazioni e analisi a scala territoriale, integrando il costante flusso informativo derivante da verifiche, misure o monitoraggi operate in sito o mediante dati di archivio. Questa evenienza può nascere da una reale esigenza di operare su dati pregressi per analisi ex-post, o dalla volontà di recuperare e valorizzare dati acquisiti per diversi scopi al fine di produrre nuova informazione. In tale contesto, il tema della conoscenza aggiornata dell'uso/copertura del suolo, rappresenta un banco di prova adatto alla sperimentazione di tecniche per utilizzare e valorizzare dati di archivio oramai riccamente presenti nelle pubbliche amministrazioni italiane.

L'aggiornamento e la corretta gestione delle informazioni alla scala territoriale rappresentano esigenze particolarmente importanti in primo per i settori della pubblica amministrazione dedicati all'agricoltura e ai servizi ambientali in genere. Per essi la disponibilità di informazioni aggiornate e affidabili è alla base della programmazione delle loro attività. Le più recenti politiche europee in materia ambiente e salute dei cittadini, espresse dalle direttive UE, e in particolare, le più recenti normative in materia di Politica Agricola Comunitaria (PAC), sono rapportabili alla definizione di procedure atte a valutare l'impatto ambientale e le ricadute socio-economiche derivate dalle misure del Piano di Sviluppo Rurale (PSR). Il rispetto di tale volontà politica, espressa a livello comunitario, crea l'esigenza di una rete di che metta a disposizione tutte le informazioni disponibili al fine di produrre le necessarie valutazioni e analisi.

In tale contesto, bisogna in primo luogo rilevare come la situazione italiana, in generale, e quella della regione Marche, a cui gli autori si riferiscono, sia contraddistinta da un profondo ritardo sia tecnologico, sia concettuale. Uno dei nodi particolarmente critici è rappresentato proprio dall'assenza di efficaci reti di monitoraggio interoperanti. In particolare, la programmazione agroforestale regionale Marchigiana, in ambito PAC e in merito al PSR, evidenzia una sempre crescente necessità di *territorializzazione* degli interventi. La disponibilità di informazioni sullo stato delle coperture diviene, in tale senso, necessaria per una corretta valutazione ex-ante degli interventi.

	Usi Agricoli	% su SAU totale	% su Area totale	ha SAU
1	Cereali (Frumento)	39,79	28,87	4785
2	Barbabietola	6,25	4,53	752
3	Erba Medica	5,69	4,13	685
4	Vite	3,24	2,35	390
5	Orzo	3,15	2,28	379
6	Olivo	1,28	0,93	155
7	Arboree (Frutteti)	0,35	0,25	43
8	Pascolo Polifita	0,30	0,22	37
9	Prato Pascolo Permanente	0,27	0,19	33
Num.	Usi Forestali			
1	Rimboschimenti Di Conifere			
2	Querceti Di Roverella			
3	Orno-Ostrieti			
4	Boschi Di Latifoglie Miste			
5	Leccete			
6	Formazioni Riparie			
7	Cerrete			
8	Arbusteti (Gariga Arborata)			

Tabella 1 - Categorie di uso agricolo e forestale presenti nell'area presa in esame, in particolare, gli usi sono corredata dalla loro ripartizione percentuale in funzione, rispettivamente, della Superficie Utile e Totale.

2. Materiali e metodi

2.1. Definizione del set di verità a terra

L'immagine utilizzata si riferisce all'area agricola prossima al Monte Conero ed al centro abitato della città di Ancona, questa è stata acquisita dal sensore IKONOS-2 in data 07 maggio 2006, con i seguenti parametri di ripresa: Sun Angle Azimuth 153.7476°, Sun Angle Elevation 61.39686°, Scan Azimuth 271.41° e Cross & Along Scan 0.82 m.

La prima fase del lavoro ha portato all'ortorettificazione dell'immagine, in accordo con il sistema di proiezione UTM 33 Nord, e Datum WGS84. La procedura effettuata mediante *PCI – Orthoengine®* utilizzando quale set di controllo a terra (GCPs), ha permesso di definire 15 punti selezionati riferendosi alla Carta Tecnica Regionale (CTR) serie 1:10.000, relativa all'anno 2000, correlandoli ai punti individuati nell'immagine pancromatica. Il risultato ottenuto presenta un errore RMS (*Root Mean Square*) inferiore al pixel, quindi al metro a terra. Tale risultato è basato sulla costruzione di un dettagliato set di verità a terra GTs (Ground Truths) riferita allo stato delle coperture del suolo per relative all'anno 2008; due anni dalla presa dell'immagine. Con particolare attenzione alle aree agricole e forestali. Mentre per la realizzazione dello stato di copertura delle aree urbane si è proceduto per classica fotointerpretazione, sfruttandone la relativa stabilità nel tempo. Le informazioni inerenti aree agricole e forestali sono state derivate dalla integrazione delle informazioni derivate da differenti sistemi informativi presenti all'interno dei servizi tecnici regionali. In particolare, sono state utilizzate: (1) il servizio catastale di visualizzazione on-line (Fogli e Parcelle), (2) gli estratti delle dichiarazioni, effettuate annualmente dagli imprenditori agricoli, inerenti le colture praticate, in regime di pagamento del premio PAC, relative alla campagna agricola 2006, (3) il *Sistema Informativo Agricolo Nazionale*, SIAN, in continuo

aggiornamento, e infine (4) il *Sistema Informativo Forestale Regionale*, SIFR Marche *relativo all'anno 2000*.

Per la classificazione delle coperture si è preso a riferimento legenda Corine Land Cover - European Environmental Agency (EEA) adattandola al caso di studio. L'approccio diacronico rappresenta un elemento essenziale per caratterizzare la variabilità nel tempo delle coperture all'interno dell'area in esame. In merito all'uso agricolo del territorio, l'area in esame mostra uno stato delle Superfici Agricole Utilizzate, SAU di 12.025 ettari, contraddistinte da circa 75 colture differenti. Le colture sono state raggruppate in 16 classi potenziali, in base all'andamento fenologico, di cui solo 9 classi: Frumento, Orzo, Barbabietola, Erba medica, Vite, Olivo, Frutteti, Prato polifita, Pascolo sono risultate essere presenti all'interno dell'area oggetto di studio, con un'estensione pari a circa il 60% della SAU totale.

Mentre, l'analisi delle coperture forestali effettuata utilizzando i dati della Carta dei Tipi Forestali della Regione Marche alla scala 1:25.000, realizzata nell'ambito del progetto del SIFR Marche, ha portato alla definizione di 23 tipi forestali, raggruppati in 8 categorie forestali, riportate in tabella 1.

Per la realizzazione del set di GTs è stata seguita una procedura basata su interrogazioni (overlay querying) a carico degli strati informatizzati inerenti le coperture catastali registrati (georiferiti) all'immagine IKONOS. Lo strato digitale georeferenziato dei fogli catastali è stato realizzato dal servizio Suoli dell'ASSAM (Agenzia per i Servizi Agroalimentari delle Marche), attraverso la digitalizzazione delle cartografie comunali e successiva georeferenziazione e trasformazione. Successivamente, il record relativo a ciascuna particella catastale è arricchita attribuendole la cultura praticata sfruttando il servizio WebGIS del SIAN.

Per le aree forestali si è proceduto invece all'overlay tra carta dei Tipi forestali e immagine IKONOS, definendo, per ogni categoria forestale, una serie di poligoni suddivisi in aree test (*trainig-site*) e aree di controllo. Come precedentemente descritto, le classi di uso/copertura del suolo afferenti alle classi 1 e 5 del I° livello gerarchico della legenda Corine Land Cover, sono state classificate direttamente sull'immagine IKONOS per fotointerpretazione. Di seguito (Tab. 3) si riporta la legenda del set di verità a terra collezionato per la classificazione dell'immagine in oggetto.



Figura 1 - Confronto tra l'immagine IKONOS 2006 con lo strato dei fogli catastali (destra) e l'ortofotocarta con i particellari nel SIAN (sinistra).

2.2. Analisi di separabilità spettrale tra il set di verità a terra

Al fine della determinazione della migliore combinazione tra bande spettrali e del set ottimale di GTs da utilizzare nelle successive fasi di classificazione supervised, è stata eseguita l'analisi della separabilità mediante algoritmo Jeffries-Matusita (JM), implementato sul software ENVI®. Tale metodologia permette di valutare il grado di separabilità per coppie di classi spettrali basandosi sulla distanza di Bhattacharyya. In particolare l'algoritmo JM fornisce valori oscillanti tra 0 e 2 in cui l'estremo superiore, pari a 2, rappresenta la massima separabilità (Richards J.A., 1999).

L'analisi della separabilità è stata condotta sulla base dell'immagine IKONOS a 11bit utilizzando dapprima il set completo di ROI a disposizione (24 livelli), e ripetuto per tutte le possibili combinazioni tra bande spettrali. Ciò ha permesso di individuare quale migliore combinazione quella in cui tutte 4 le bande spettrali a disposizione sono utilizzate. In figura 2 sono illustrati i risultati della matrice least to most che rappresenta in maniera sinottica tutti i rapporti di separabilità tra classi. Si noti come l'uso di 24 livelli risulti essere ridondante in considerazione del fatto che molte combinazioni mostrano un grado di separabilità estremamente scarso.

Scegliendo quale soglia accettabile un valore di JM pari a 1.8 sono state eliminate le classi con valori inferiori a tale limite (1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1208, 1210, 1301, 1302, 1306, 1307, 1402), eliminando così le firme spettrali che generano confusione all'interno del set di verità dato. La procedura di valutazione della separabilità tra classi spettrali è stata ripetuta utilizzando le restanti 12 classi. In questo caso i risultati hanno fornito valori di separabilità accettabili ($JM > 1.8$) per tutte le classi. Il set di ROI selezionato mediante esclusione delle classi che non hanno raggiunto il limite di scoring di separabilità è stato utilizzato per le successive fasi di classificazione supervised.

Num.	Codice	Classe	Codice Clc	Classe Clc Corrispondente
1	1101	edifici con tetti in coppi, tegole	1.1	zone urbanizzate di tipo residenziale
2	1102	superfici di materiali riflettenti (cemento...)	1.2.1	aree industriali, commerciali e dei servizi pubblici e privati
3	1103	superfici asfaltate, edifici con coperture bituminose e ferrovie	1.2.2	reti stradali, ferroviarie e infrastrutture tecniche
4	1201	Cereali	2.1.1	seminativi in aree non irrigue
5	1202	Vite	2.2.1	vigneti
6	1203	Olivo	2.2.3	oliveti
7	1204	Arboree	2.2.2	frutteti e frutti minori
8	1205	erba medica	2.1.1	seminativi in aree non irrigue
9	1207	Orzo	2.1.1	seminativi in aree non irrigue
10	1208	Foraggi	2.1.1	seminativi in aree non irrigue
11	1209	Barbabetola	2.1.1	seminativi in aree non irrigue
12	1210	prato/pascolo di polifite	2.3.1	prati stabili (foraggere permanenti)
13	1211	suolo nudo umido	2.1	seminativi
14	1212	suolo nudo secco	2.1	seminativi
15	1301	rimboschimento di conifere	3.1.2	boschi di conifere
16	1302	lecceta xerofila	3.1.1	boschi di latifoglie
17	1303	gariga arborata	3.2.4	aree a vegetazione boschiva ed arbustiva in evoluzione
18	1304	Cerrete	3.1.1	boschi di latifoglie
19	1305	formazioni riparie	3.1.1	boschi di latifoglie
20	1306	orno-ostrieti	3.1.1	boschi di latifoglie
21	1307	querceti di roverella	3.1.1	boschi di latifoglie
22	1401	corsi d'acqua	5.1.1	corsi d'acqua, canali e idrovie
23	1402	Laghi	5.1.2	bacini d'acqua
24	1403	Mari	5.2.3	mari e oceani

Tabella 3 – Legenda del set di verità a terra utilizzato per la classificazione dell'immagine e corrispondenza di questa con la legenda CLC.

2.3. Classificazione

La procedura di classificazione *supervised* (Curran, P. J. and Williamson, H. D., 1985), eseguita mediante classificatori classici: Maximun Likelihood, ML e Spectral Angle Mapper SAM, (Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W., 1994, Kruse F.A et Al. 1993), è stata ripetuta utilizzando il medesimo set di verità a terra, sia per il set a 12 ottenuta mediante analisi JM, sia quello originale a 24 classi. In entrambi i casi si sono mantenuti invariati i parametri di input di default dall'algoritmo classificatore (ENVI®, Research Systems, Inc.). La classificazione ML utilizzando l'intero set di 24 classi, ha prodotto una accuratezza (*Overall Accuracy*) pari a 86.08% (*Kappa Coefficient* uguale a 0.7247) e nessun pixel non classificato, mentre il classificatore SAM ha prodotto una accuratezza pari a 81.94% (*Kappa Coefficient* uguale a 0.6419) con il 25,85% di pixel non classificati.

Nella classificazione mediante ML, le uniche classi che hanno bassi errori sia del primo sia del secondo ordine (prossimo a 0) sono la 1402 e la 1403 (rispettivamente Water Bodies and Sea), le quali hanno di conseguenza elevata Producer User accuracies (prossimi al 100%). All'opposto altre classi (ad esempio 1203, 1204, 1302 e 1210) presentano valori di ommissione e commissione molto

alti (prossimi al 100%) con Producer and User accuracies molto basse (inferiori al 15%). Altre classi appaiono relativamente vicine al primo gruppo (1102, 1103, 1211, 1212) presentando valori di omissione e commissione relativamente bassi (inferiori al 30%) e Producer and User accuracies relativamente alte (intorno all'80%). Le rimanenti classi presentano valori intermedi e accuratezza inferiori o di poco superiori al 70%. Complessivamente, come era nelle attese tale classificazione non può essere considerata soddisfacente. Similmente, per il classificatore SAM si ritrovano i due gruppi estremi. Da una parte troviamo le classi con bassi errori ed elevate accuratezze (1402 e 1403), dall'altra quelle con elevati errori e basse accuratezze (tra cui 1203, 1204, 1302 e 1210), e progressivamente le situazioni intermedie a questi due estremi. Si deve infine notare come il non classificato mostri una numerosità di pixel pari al 22.84%, in cui la classe 1102 mostra una numerosità decisamente più attendibile (1.46%). Alcune considerazioni devono essere fatte in merito agli errori di prima specie (Omission) e di seconda specie (Commission) e alle accuratezze (Producer Accuracy and User Accuracy) relative alle singole classi (Congalton, R.G., 1991, Wickham, J.D., et Al., 2004, Stehman, S.V., et Al., 2003). E' noto che gli errori di omissione (*Omission Errors*) sono dovuti al rifiuto del classificatore dell'ipotesi assunta come vera di appartenenza di un certo pixel a una certa classe (ipotesi definita dal set di GTs) calcolati a partire dai valori sulle colonne e fuori diagonale della matrice di confusione (*Confusion Matrix*). Mentre gli errori di commissione (*Commission Errors*) sono dovuti all'accettazione da parte del classificatore di false ipotesi di appartenenza di un pixel a una certa classe, calcolati a partire dai valori sulle righe e fuori diagonale della matrice di confusione. Di conseguenza, le omissioni comportano una sottostima delle classi d'informazione mentre le commissioni ne comportano una sovrastima (Swain, P. H., 1978).

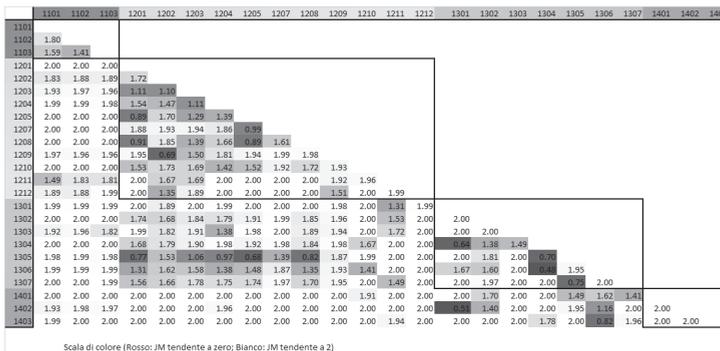


Figura 2 – Analisi di separabilità mediante algoritmo Jeffries-Matusita, classe per classe sul set a 24 classi. La gradazione di colore identifica il progressivo grado di allontanamento da valori accettabili di separabilità.

La classificazione del set a 12 classi mediante ML ha prodotto una Overall Accuracy pari a 94.13% (Kappa Coefficient uguale a 0.8550) e nessun pixel non classificato, mentre mediante SAM si è ottenuta una Overall Accuracy pari a 89.60% (Kappa Coefficient uguale a 0.7422) ed il 25,43% di pixel non classificati. Più nello specifico, nella classificazione ML si osserva un primo gruppo di classi (1304, 1403) con bassi errori di commissione e omissione (prossimi a 0) ed elevate Producer and User accuracies (superiori al 90%) e un secondo gruppo (1103, 1207, 1209, 1303, 1305) che presenta Producer and User accuracies abbastanza alte (intorno a 80%) ed errori di prima e di seconda specie relativamente contenuti, inferiori al 35%. Inoltre, le classi 1211 e 1212, pur avendo errori relativamente contenuti (inferiori al 30%) manifestano Producer and User accuracies più basse dei due gruppi precedenti. Infine la classe 1401 ha un comportamento particolare che la differenzia dalle altre, soprattutto per la bassa Producer Accuracy. Nella classificazione SAM si osservano alcune differenze rispetto ai gruppi precedenti. Un primo gruppo di classi (1403) con bassi valori commissione e omissione (prossimi a 0) ed elevate Producer and User accuracies

(prossime al 100%) e un secondo gruppo (1209, 1303, 1304) che presenta Producer and User accuracies relativamente alte (intorno a 70%) ed errori di prima e di seconda specie relativamente contenuti (inferiori al 35%). Il terzo gruppo di classi (1101, 1103, 1211, 1212, 1401) presenta sia errori sia Producer and User accuracies non omogenei (Commission alto e Omission basso oppure viceversa) con conseguenti accuratèzze variabili. Da questi è facile osservare la correlazione inversa che sussiste tra Omission Error e Producer Accuracy da una parte, e tra Commission Error e User Accuracy dall'altra. Infine la classe 1305 ha entrambi i tipi di errore abbastanza elevati e mostra le peggiori accuratèzze.

3. Conclusioni

Il presente lavoro dimostra come in assenza di specifici investimenti per l'implementazione di uno specifico servizio (regionale) dedicato al monitoraggio permanente dello stato di utilizzazione del territorio e delle sue dinamiche di trasformazione nel tempo, gli enti in servizio alla pubblica amministrazione possono trarre vantaggio dal riutilizzo delle informazioni già presenti nelle loro banche dati. Attraverso l'integrazione delle informazioni preesistenti e attraverso le classiche tecniche di Telerilevamento, utilizzando anche immagini satellitari a basso costo, è stato possibile produrre utili strati informativi di supporto alle classiche fasi di classificazione supervisionata di un set IKONOS multispettrale ad alta risoluzione. La piena attuazione di un tale sistema, a una adeguata scala di rappresentazione (ad esempio 1:10'000), non è di facile implementazione nella Regione Marche. L'inadeguatezza strutturale e la scarsa attitudine all'innovazione tecnologica dei dirigenti regionali, impedisce a molti servizi di pubblica utilità di sfruttare le potenzialità offerte oggi dalle moderne tecnologie, nel nostro caso, di gestione dell'informazione geografica (GIS) e di trattamento dei dati telerilevati. Tale situazione pregiudica gravemente la maggior parte dei servizi del territorio regionale che gli enti pubblici devono fornire obbligatoriamente sia ai cittadini sia alle altre istituzioni.

Bibliografia

- Congalton, R.G. (1991), "A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data", *Remote Sensing of Environment*, 37, 35-46
- Curran, P. J. and Williamson, H. D. (1985), "The accuracy of ground data used in remote-sensing investigations", *International Journal of Remote Sensing*, 6 (10), 1637-1651.
- Kruse F.A., Lefkoff A.B., Boardman J.W., Heiderbrecht K.B., Shapiro A. T., Barloon P.J., et. al. (1993), "The spectral image processing system (SIPS), Interactive visualization and analysis of imaging data", *Remote Sensing of the Environment*, 44: 145-163
- Kruse F.A., Lefkoff A.B., Dietz J.B. (1993), "Expert System-based mineral mapping in northern Death Valley, California/Nevada using the Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer", *Remote Sensing of the Environment*, 44:309-336
- Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. (1994), *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley and Sons, Inc., p. 468
- Richards, J. A. (1995), *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction*, 2nd ed., Springer-Verlag.
- SIFR, (2000), "Sistema Informativo Forestale Regionale", IPLA Torino, Regione Marche.
- Stehman, S.V., J.D. Wickham, J.H. Smith and L. Yang (2003), "Thematic Accuracy of the 1992 National Land-Cover Data for the Eastern United States: Statistical Methodology and Regional Results", *Remote Sensing of Environment*, 86: 500-516.
- Swain, P. H. (1978), *Fundamentals of pattern recognition in remote sensing. In Remote Sensing: The Quantitative Approach*, McGraw-Hill, pp. 136-187.
- Wickham, J.D., S.V. Stehman, J.H. Smith and L. Yang (2004), "Thematic Accuracy of the 1992 National Land-Cover Data for the Western United States", *Remote Sensing of Environment*, 91: 452-468.

IL PROGETTO ReNDiS: STATO DI ATTUAZIONE ED ACCESSIBILITÀ DEI DATI

Pier Luigi GALLOZZI (*), Luca GUERRIERI (*), Daniele SPIZZICHINO (*),
Giorgio VIZZINI (*), Claudio CAMPOBASSO (*)

(*) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Via Curtatone, 3 - 00185 Roma;
e-mail pierluigi.gallozzi@apat.it

Riassunto

Il progetto ReNDiS è un'estensione dell'attività di monitoraggio sugli interventi per la difesa del suolo svolta dall'APAT, ora ISPRA per conto del Ministero dell'Ambiente. Il repertorio consiste in un archivio informatizzato di tutti gli interventi per la salvaguardia dal dissesto idrogeologico che può essere interrogato su base geografica o tipologica.

La piattaforma *ReNDiS-web*, appositamente realizzata per la consultazione on-line, è in via di pubblicazione. I dati, comunque, sono già accessibili attraverso il portale geografico dell'ISPRA dove possono essere visualizzati nel servizio "ReNDiS-interventi" della cartografia web-gis.

Abstract

The ReNDiS project aims at implementing a database collecting updated information about measures (engineering works as well as not structural measures) funded for the mitigation of hydrogeological risk, and monitored by APAT, now ISPRA. Data can be accessed by geographical and typological queries, are already available in the geographic portal of ISPRA and can be viewed in the web-gis cartography using the service "ReNDiS-interventi".

A ReNDiS-web platform, suitable for web-consulting, is almost ready to be published.

Premessa

Dalla fine del 1999 ad oggi il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha finanziato una serie di successivi piani e programmi di interventi urgenti per la mitigazione del rischio idrogeologico, tutti riconducibili ai criteri definiti dal D.L. 180/98 – "Decreto Sarno".

La tempistica di attuazione dei programmi, insieme alle caratteristiche tecniche degli interventi, sono fin dall'inizio sottoposte ad una attività di monitoraggio affidata all'APAT, le cui strutture e relativi compiti sono recentemente confluiti nell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - istituito con Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112).

A partire dall'esperienza maturata in questa attività, è stato avviato il progetto di un "*Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo (ReNDiS)*" per migliorare la gestione e la condivisione del patrimonio informativo del cosiddetto *Monitoraggio DL 180/98*, ma anche per renderne possibile l'implementazione con dati riguardanti altre tipologie di interventi (L. 183/89, Ordinanze di Protezione Civile, fondi regionali e comunitari, etc.). L'obiettivo principale è la progressiva costruzione di un quadro unitario delle risorse impegnate per la difesa del suolo, organizzato su base geografica e costantemente aggiornato, da mettere a disposizione delle Amministrazioni coinvolte nella pianificazione e programmazione degli interventi, consultabile anche da parte dei cittadini (Gallozzi et al., 2005).

Lo sviluppo del progetto, avviato operativamente nel 2005, ha avuto un andamento discontinuo, con lunghe fasi di “fermo” dovute a difficoltà di natura prevalentemente amministrativa, e non è tuttora concluso. Nei successivi paragrafi vengono descritti i criteri generali con cui è stato impostato il Repertorio, le parti del progetto completate e le modalità per la consultazione dei dati attualmente disponibili o di prossima attivazione.

I criteri di organizzazione dei dati

Nell'ambito del ReNDiS le informazioni sono organizzate a livello di «intervento», inteso come *insieme di attività e/od opere correlate ad uno specifico finanziamento*. In tal senso su una stessa area a rischio possono coesistere più «interventi» (diversi finanziamenti) e questi possono essere destinati sia a realizzare congiuntamente un unico insieme di opere (cofinanziamento) oppure opere distinte ed indipendenti per ciascuno di essi. Ogni intervento può a sua volta essere suddiviso o realizzato in più «lotti» (generalmente ogni lotto rappresenta un singolo progetto ed una corrispondente “aggiudicazione di lavori”), che vengono censiti nel ReNDiS come sub elementi del relativo «intervento».

Per poter gestire unitariamente dati con contenuti informativi di livello molto diverso (tipologie di opere eterogenee, realizzate da una molteplicità di Enti, con strumenti di finanziamento diversi, censite con criteri disomogenei, spesso con carenza di informazioni georiferite) si è adottata una impostazione a bassa “rigidità”. Pertanto il set delle “informazioni indispensabili”, richiesto per l'inserimento del dato nel Repertorio, è stato ridotto al minimo: la norma di finanziamento, l'importo finanziato, l'ente destinatario, il comune di ubicazione, la denominazione dell'intervento; per i campi *località* e *tipo di dissesto*, pur essendo obbligatori, è ammesso il valore “non definito” poiché a volte non riportati nella norma di finanziamento.

Tutte le altre informazioni sono considerate “accessorie”, compreso il posizionamento esatto dell'intervento nonostante che l'intera struttura del Repertorio sia finalizzata alla gestione “territoriale” dell'informazione. E' infatti molto diffusa la carenza di dati sulla posizione geografica degli interventi, soprattutto nelle fasi iniziali del loro iter attuativo, e considerarla “necessaria” avrebbe impedito l'inserimento di moltissimi interventi. Per garantire la gestione geografica dei dati, laddove la posizione esatta non risulti (ancora) disponibile, le informazioni vengono comunque associate al “centroide” del comune (baricentro del territorio comunale).

Le altre informazioni accessorie sono sia di natura tecnica che amministrativa: le caratteristiche del dissesto e della litologia, la tipologia delle opere in esecuzione, i dati relativi al quadro economico ed allo stato di attuazione dell'intervento. Mediante un sistema di catalogazione e classificazione gerarchizzato e “flessibile”, il loro inserimento nel db è funzione del livello di dettaglio e precisione disponibile.

La struttura generale e le componenti informatiche

Nel complesso il Repertorio è costituito da un archivio centrale e da due distinte interfacce: una per la gestione diretta dei dati (*ReNDiS-ist*) e l'altra (*ReNDiS-web*) per l'accesso e la consultazione on-line da parte delle diverse tipologie di utenza (Figura 1).

Le informazioni dell'archivio centralizzato sono ripartite tra due distinti database, tra loro interconnessi: l'archiviazione dei dati alfanumerici è eseguita su un database Access mentre per la gestione dei dati spaziali è utilizzato un db Postgres (PostgreSQL G.D.G., 2008) integrato con la componente Postgis, nel quale viene anche replicata la parte dei dati alfanumerici utilizzata dall'interfaccia web.

L'inserimento, analisi e consultazione dei dati avviene attraverso un'applicazione appositamente sviluppata (interfaccia *ReNDiS-ist*) che, in un unico ambiente omogeneo, gestisce sia le informazioni di tipo geografico che alfanumerico, assicurando l'allineamento costante tra le due sezioni della banca dati.

La pubblicazione e la condivisione dei dati via internet avviene, invece, mediante un'interfaccia di tipo web-gis (*ReNDiS-web*) che ne consente la visualizzazione, la ricerca e l'interrogazione sia su base geografica che alfanumerica.

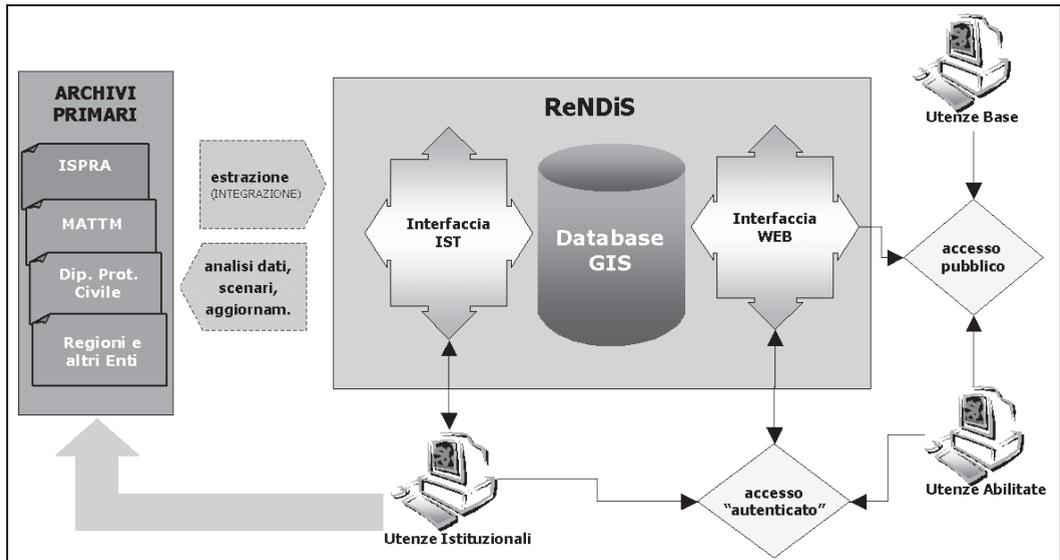


Figura 1 - Schema generale del sistema informativo.

Nel *ReNDiS-web* le “basi” di sfondo utilizzate per la pubblicazione dei dati (limiti amministrativi, cartografie IGM, immagini landsat, ecc.) sono costituite da tematismi di tipo sia vettoriale che raster. I dati vettoriali sono memorizzati direttamente nelle strutture di Postgis mediante conversione da shapefile e creazione di opportuno indice spaziale. I dati raster vengono invece gestiti nei formati originali, previa creazione del layer vettoriale rappresentativo dei rettangoli di ingombro di ogni immagine. Queste funzionalità utilizzano congiuntamente sia le componenti open source di Postgis che quelle di DbMAP ASJ (Abaco s.r.l., 2008).

I risultati raggiunti e l'accesso ai dati

È stata da tempo completata l'integrazione nel progetto ReNDiS di tutte le attività svolte nell'ambito del *Monitoraggio DL 180/98*, e tutta la gestione delle informazioni di monitoraggio (così come buona parte della reportistica trasmessa al MATTM) viene ormai realizzata utilizzando l'interfaccia *ReNDiS-ist*.

Come già accennato in premessa, sono censiti nel ReNDiS tutti gli interventi che il Ministero dell'ambiente ha finanziato dal 1999 con piani e/o programmi di interventi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico, compresi i due programmi del 2001 per le aree percorse da incendi, finanziati ai sensi della O.M. 3073/2000.

Si tratta complessivamente di oltre 2.600 interventi distribuiti su tutto il territorio nazionale, per un importo totale di quasi due miliardi di euro (Figura 2).

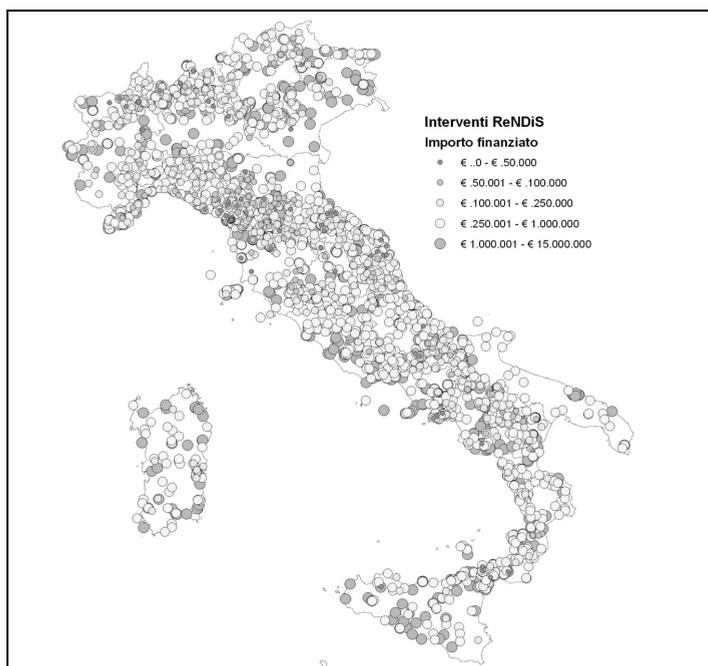


Figura 2 - Distribuzione geografica degli interventi censiti nel ReNDiS (per classe di importo)

Per quanto riguarda l'integrazione nel repertorio degli interventi realizzati con altri strumenti di finanziamento (L. 183/89, Ordinanze di Protezione Civile, fondi regionali e comunitari, etc.), sono state inizialmente eseguite delle analisi di compatibilità con le strutture di dati campione fornite dall'AdB Po e della Protezione Civile; è stato poi realizzato un test operativo di integrazione con i dati del Sirdis, il sistema informativo per la difesa del suolo della Regione Lazio (Bicocchi, 2007), che ha fornito ottimi risultati. La concreta "condivisione" delle banche dati detenute da altri Enti non è però di imminente attuazione, poiché correlata a specifici accordi e convenzioni, la cui definizione non è ancora concretamente avviata.

Anche l'interfaccia *ReNDiS-web* per l'accesso on-line ai dati è stata completata. Da giugno 2008 è attiva su internet la versione definitiva anche se, alla data di invio del presente contributo, ancora con accesso riservato: il suo inserimento nell'area pubblica del sito web dell'ISPRA è comunque imminente.

La struttura dell'interfaccia prevede accessi differenziati per tipologia di utente, consentendo la consultazione pubblica (utente base) di un set parziale d'informazioni mentre gli Enti e le Amministrazioni coinvolti nei progetti (Enti attuatori, Regioni, Autorità di Bacino, ecc.) possono utilizzare la modalità di collegamento "utente registrato" che consente l'accesso ad un set più esteso di informazioni (soprattutto dettagli sull'iter d'attuazione e sui quadri economici) e ad alcune funzionalità specifiche che permettono, tra l'altro, di trasmettere direttamente all'amministratore della banca dati, in modo automatico, rettifiche ed integrazioni riguardanti i dati di diretta pertinenza.

La pagina principale del *ReNDiS-web* (Figura 3) consente la visualizzazione e la ricerca degli interventi sia per zona amministrativa di interesse (tramite i menu della finestra di selezione) che in

modalità geografica (utilizzando i pulsanti dell'area strumenti è possibile eseguire, direttamente dalla mappa, la navigazione e la selezione degli interventi). Nella sottostante area dati vengono visualizzati gli elementi identificativi degli interventi selezionati con l'una o l'altra modalità. Le caratteristiche di dettaglio di ciascun intervento vengono visualizzate "cliccando" sul codice intervento nell'area dati; contemporaneamente l'area mappa esegue uno zoom sull'intervento selezionato.

Come si è già accennato, ciascun "intervento" finanziato è individuato da un codice univoco (ID intervento) cui è associato un identificativo di "lotto" che consente di contraddistinguere i diversi "progetti" che eventualmente compongono un intervento (generalmente ogni lotto rappresenta un singolo progetto ed una corrispondente "aggiudicazione di lavori"). A ciascun lotto sono associate le principali informazioni sul finanziamento, lo stato di attuazione, la tipologia delle opere e del dissesto nonché sulla posizione geografica. Per quanto riguarda quest'ultima si distinguono due casi:

- *lotti su centroide*; nei casi in cui il progetto non è ancora definito, e non è possibile individuare il punto esatto di realizzazione, come posizione è utilizzato il "centroide" del comune (baricentro del poligono associato al territorio comunale);
- *lotti georiferiti*; la posizione corrisponde al punto esatto di esecuzione delle opere (la scala di riferimento è 1:25.000) e, per gli interventi più complessi, possono essere indicati anche più punti per lo stesso lotto.

Quando la scala di visualizzazione è sufficientemente dettagliata le due tipologie di lotti/interventi vengono rappresentate su due "temi" separati; a scale inferiori viene utilizzato un unico layer.

Come per ogni web-gis è inoltre possibile, dalla finestra legende, attivare o escludere dalla visualizzazione sia i temi relativi alle cartografie di sfondo (variabili in funzione della scala attiva nell'area mappa) sia quelli specifici degli "interventi". Agendo sul menù a tendina associato ad ogni layer, è anche possibile personalizzare la visualizzazione di ciascun singolo tema in base a diverse legende predefinite. In particolare è possibile differenziare gli interventi per tipologia di dissesto o per stato di attuazione.

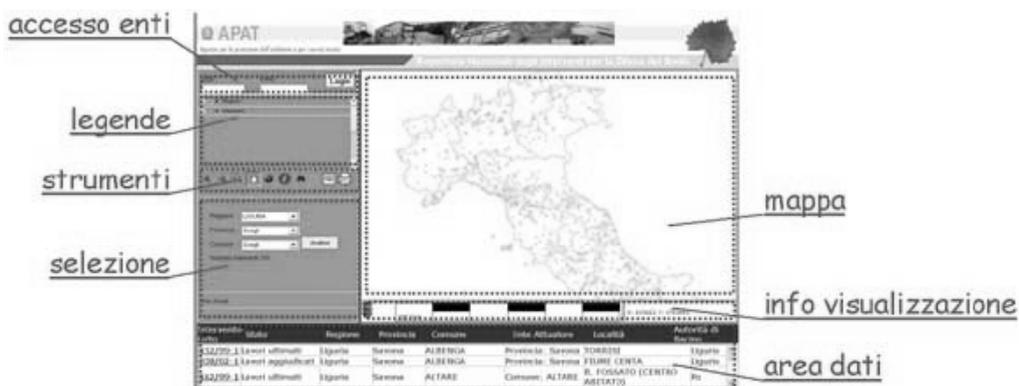


Figura 3 – Interfaccia ReNDiS-web, sezioni principali della pagina di consultazione

La consultazione dei dati ReNDiS è anche possibile attraverso il portale geografico dell'ISPRA (http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l'Ambiente/Portale_geografico/) nel quale, già dallo scorso giugno, è stato integrato il relativo tematismo.

Per interrogare e visualizzare i dati nella cartografia web-gis del portale geografico (Battaglini et al., 2006), è necessario avviare l'applicazione *map viewer* dalla home-page del portale e, facendo riferimento alle istruzioni presenti sul sito, caricare il servizio "*ReNDiS-interventi*". Le informazioni disponibili sono quelle già descritte e le modalità di consultazione analoghe; non è tuttavia disponibile la modalità di accesso come "utente registrato".

Riferimenti bibliografici

Abaco s.r.l. (2008), "DbMAP ASJ documentation guide". Documentazione accessibile via internet all'indirizzo: <http://www.abacogroup.com/ita/dbm/documentation.asp> Ultimo accesso 2 settembre 2008.

Battaglini L., Campo V., Carvelli A., Cipolloni C., Congi M. P., Delogu D., Ventura F.A., Ventura R. (2007), "Il Portale del Servizio Geologico d'Italia". *Atti conferenza tematica AMFM 2006*, Roma, 21-22 Settembre 2006.

Biocchi C. (2007), "Il sistema informativo regionale per la difesa del suolo della Regione Lazio – Struttura della banca dati alfanumerica". *2° Workshop GIT – sezione Poster*, Bevagna (PG), 4-6 giugno 2007.

Gallozzi P. L., Lancia F., Pascarella F. Vizzini G. (2005), "ReNDiS – Repertorio Nazionale degli Interventi per la Difesa del Suolo", *Atti della 9° Conferenza Nazionale ASITA.*, Catania, pp. 1135-1138.

PostgreSQL Global Development Group. (2008), "PostgreSQL Documentation" accessibile via internet all'indirizzo: <http://www.postgresql.org/docs/>. Ultimo accesso 2 settembre 2008.

ESPANSIONE AREALE DEI CAPOLUOGHI EMILIANO-ROMAGNOLI DALL'OTTOCENTO AD OGGI, ATTRAVERSO I DB DELL'USO DEL SUOLO

Maria Luisa GARBERI (*), Elisabetta CAMPIANI (**)

(* Servizio Sviluppo dell'Amministrazione digitale e Sistemi informativi geografici, Regione Emilia-Romagna, Viale Silvani 4/3, 40122 Bologna, tel.051284857, fax 051-284216, e-mail mlgarberi@regione.emilia-romagna.it

(**) ISMAR-CNR, Via Gobetti 101, 40129 Bologna, tel.051-6398872, fax 0516398940, e-mail elisabetta.campiani@bo.ismar.cnr.it

Riassunto

La Regione Emilia-Romagna ha costruito negli anni alcune edizioni della cartografia dell'uso del suolo a diverse scale. In questo lavoro sono state utilizzate e comparate le edizioni dell'uso del suolo storico 1853, l'edizione del 1976 e l'edizione del 2003 al fine di valutare l'espansione areale dei capoluoghi emiliano-romagnoli nell'arco di centocinquanta'anni: 1853-2003.

Abstract

The Emilia-Romagna Region constructed over the years several editions of the Land Use Cartography with diverse scales of representation. In this paper we compare the following editions: the Historical Land Use 1853, the Land Use 1976 and the Land Use 2003. The target of this paper is achieving an improved evaluation of the areal growth of the ten major urban areas in Emilia-Romagna during the last 150 years between 1853 and 2003.

Premessa

Le edizioni dell'uso del suolo utilizzate nel presente lavoro hanno origini molto diverse tra loro e sono state prodotte in un arco temporale che si estende dal 1973 al 2007.

L'edizione dell'uso del suolo del 1976 è stata realizzata, all'epoca, con immagini stereoscopiche in bianco/nero, dal 1971 al 1973, e a colori, dal 1976 al 1978 ad una scala media di 1:13.500 circa. La restituzione è stata fatta sulla vecchia base topografica dell'IGM in scala 1:25.000, che a quel tempo era l'unica base topografica disponibile a quella scala per tutta la Regione. Per convenzione si è deciso di utilizzare come data di riferimento il 1976, sia perché è l'anno in cui è stata effettuata la maggiore quantità di riprese aeree, sia perché si tratta di un anno abbastanza centrale al periodo complessivo. Negli ultimi due anni è stata digitalizzata, georeferenziata, riquilificata sia geometricamente sia tematicamente, riclassificata secondo una legenda Corine Land Cover con un dettaglio del terzo livello. L'area minima cartografabile è di 0,375 ettari.

L'edizione dell'uso del suolo del 2003 è stata fotointerpretata direttamente al video, alla scala di riferimento 1:5.000, su immagini satellitari pancromatiche ad alta definizione Quickbird dal 2002 al 2005, come per la precedente edizione si è deciso di utilizzare come data di riferimento il 2003. La legenda di quest'edizione è stata redatta nello standard Corine Land Cover, con oltre 80 classi e un dettaglio al quarto livello. L'area minima cartografabile è di 1,56 ettari.

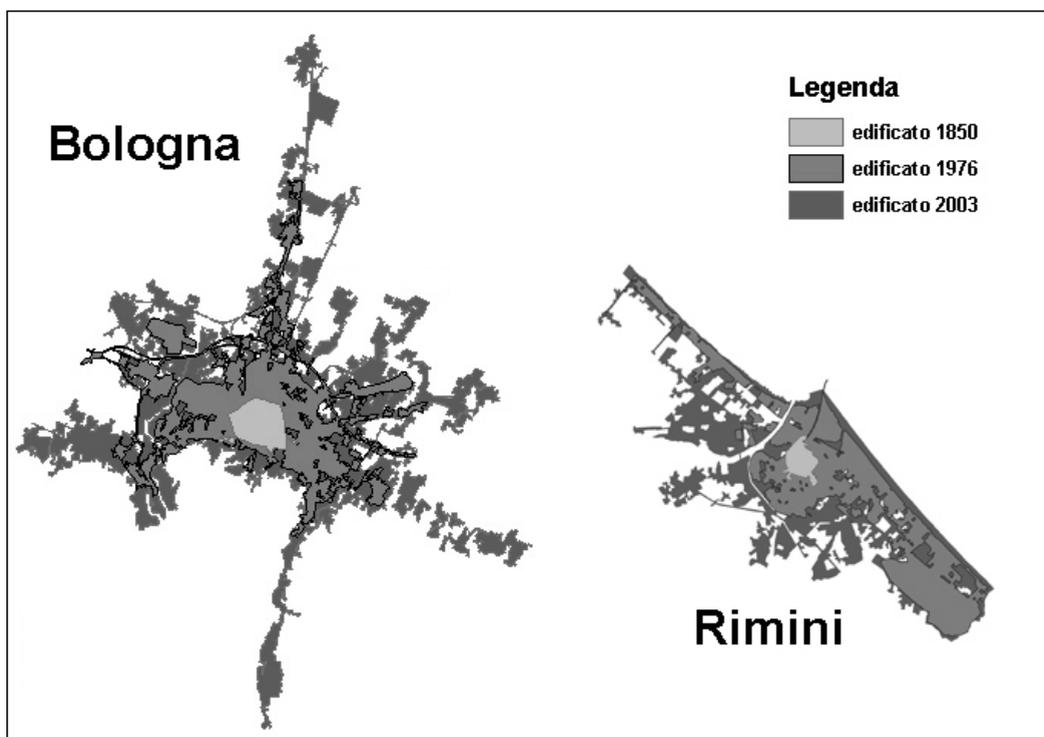
L'edizione dell'uso del suolo storico è stata interpretata direttamente al video utilizzando come fonte la carta topografica storica (1823-1853) negli anni 2006-2007. La legenda è stata costruita con venti classi nello standard Corine Land Cover con un dettaglio del terzo livello, con un criterio di massima somiglianza possibile a quella dell'edizione del 2003, per rendere confrontabili i due prodotti. Si sono rese necessarie alcune piccole variazioni dovute al grande lasso di tempo intercorso tra il periodo storico considerato e quello in cui sono nate le specifiche del progetto europeo. L'area minima cartografabile è di circa 0,3 ettari.

Metodologia

Il primo passo nella valutazione dell'espansione è stato quello di definire la forma dell'area urbana del capoluogo nei vari *step* temporali a disposizione.

Nell'uso del suolo storico la forma dell'abitato è facilmente isolabile, in quanto a metà dell'ottocento le città emiliano-romagnole erano ancora contenute all'interno delle mura medioevali ed inoltre la legenda contiene un'unica classe per l'urbanizzato, essendo desunta dalla carta topografica storica.

Nei *database* del 1976 e del 2003 sono state accorpate tutte le classi riguardanti i territori artificializzati, in modo da ottenere la sagoma dell'area urbana per le dieci città capoluogo. Sono stati considerati nell'area urbana tutti i poligoni contigui classificati come territori artificializzati o che non fossero tra loro distanti più di 500 metri, quindi nella forma dei capoluoghi sono compresi anche centri di cintura che però sono ormai inglobati nel tessuto urbano del capoluogo, anche se



amministrativamente non ne fanno parte.

Figura 1 – Raffronto tra le forme di due capoluoghi nei tre step temporali considerati

La crescita areale media riscontrata per i dieci capoluoghi è dell'ordine di 20 volte rispetto all'occupazione areale del 1850, con la punta massima di Rimini che presenta una crescita di 36 volte.

La maggior crescita areale assoluta nella regione riguarda Bologna, che passa da un'occupazione di 486 ettari nel 1850 a una di 12000 ettari nel 2003.

Nella figura 2 è rappresentata la crescita assoluta espressa in ettari per i dieci capoluoghi.

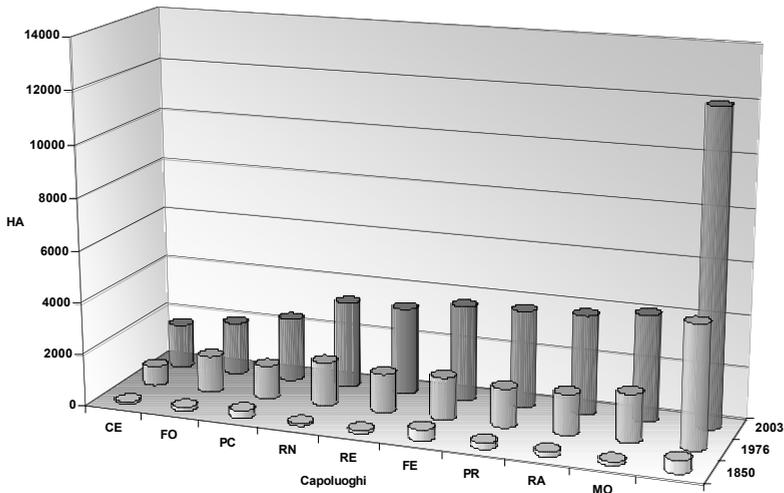


Figura 2 – Crescita areale assoluta dei capoluoghi

E' stato in seguito costruito un *buffer* ad anelli concentrici di cinque e di dieci chilometri, attorno ai capoluoghi "storici".

Una sovrapposizione delle forme delle città ricavate dall'edizione del 1976 e da quella del 2003 ha permesso una visualizzazione dell'espansione areale dell'area urbana e la valutazione dell'entità della stessa rispetto ai valori dei *buffer*. Quasi tutti i capoluoghi sono contenuti all'interno del *buffer* da cinque chilometri, mentre Bologna si espande con una forma stellare (vedi fig. 3) anche oltre il *buffer* da dieci chilometri. La forma degli anelli è influenzata dai confini amministrativi e fisici della regione.



Figura 3 – Buffer costruiti attorno ai capoluoghi

È stata tagliata l'edizione storica dell'uso del suolo con i *buffer* da dieci chilometri, al fine di effettuare un'analisi statistica delle categorie, presenti sull'edizione storica, "consumate" dai territori artificializzati all'interno dei *buffer* dei capoluoghi.

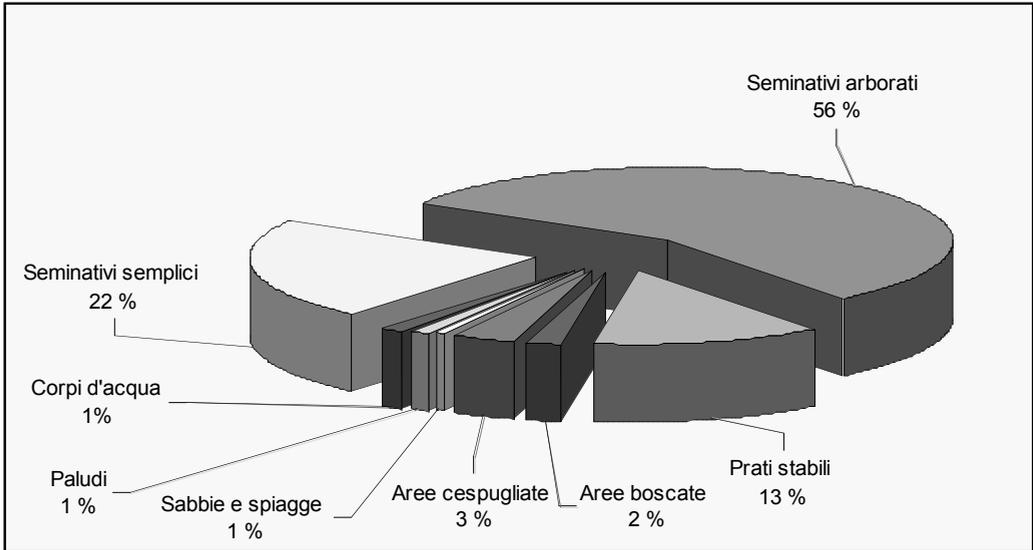


Figura 4 – Percentuale di categorie dell'uso del suolo consumate dall'espansione dei capoluoghi rispetto al 1850

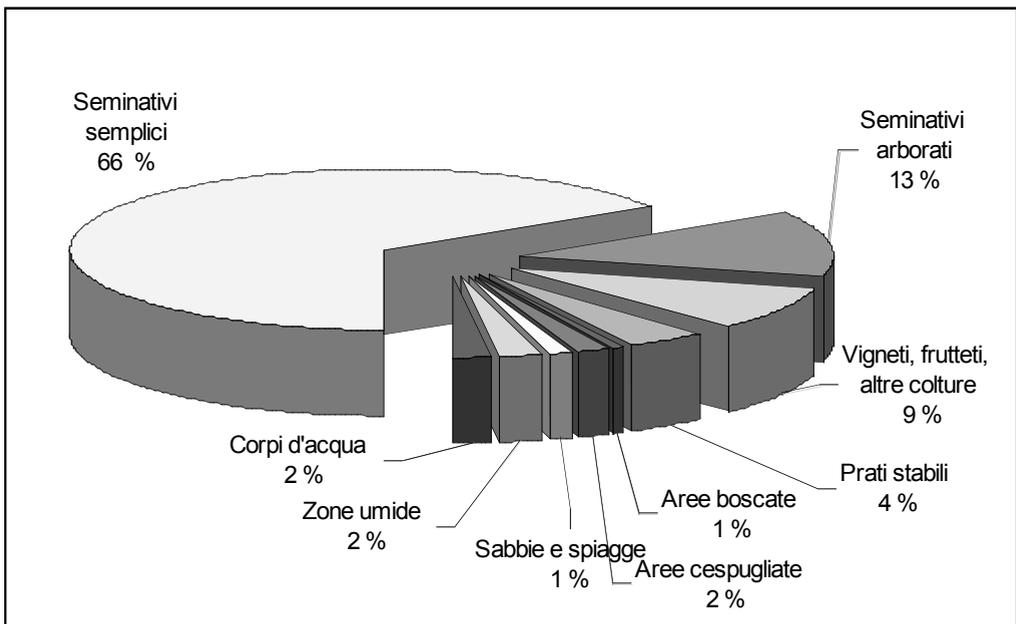


Figura 5 – Percentuale di categorie dell'uso del suolo consumate dall'espansione dei capoluoghi rispetto al 1976

Le percentuali sono espresse rispetto all'area totale occupata dai *buffer* di dieci chilometri. Il confronto tra i grafici di figura 3 e 4 dimostra inequivocabilmente come sia cambiato il governo del territorio della pianura negli ultimi centocinquanta'anni, infatti la categoria che risulta maggiormente consumata rispetto al 1850 è quella dei seminativi arborati, tale categoria altro non è che la cosiddetta *piantata padana*, che alternava le colture a seminativo a filari di vigna con tutore vivo e ad altre alberature. Nel grafico del 1976 il seminativo arborato è sceso al 13%, sostituito dal seminativo semplice, nel ruolo di categoria maggiormente consumata, a testimoniare la profonda trasformazione iniziata negli anni trenta, che nel 1976 era ormai completamente avvenuta.

Infine è stata effettuata un'analisi statistica delle categorie presenti sull'edizione del 2003 non ancora occupate dall'espansione, ma considerabili a rischio nei prossimi anni. L'edizione del 2003 è stata tagliata dai *buffer* a dieci chilometri, le porzioni subcircolari sono state "sfondate" con la sagoma dei capoluoghi e sulla restante porzione è stata effettuata l'analisi delle categorie di uso del suolo consumabili nel futuro dalla continua espansione dei capoluoghi.

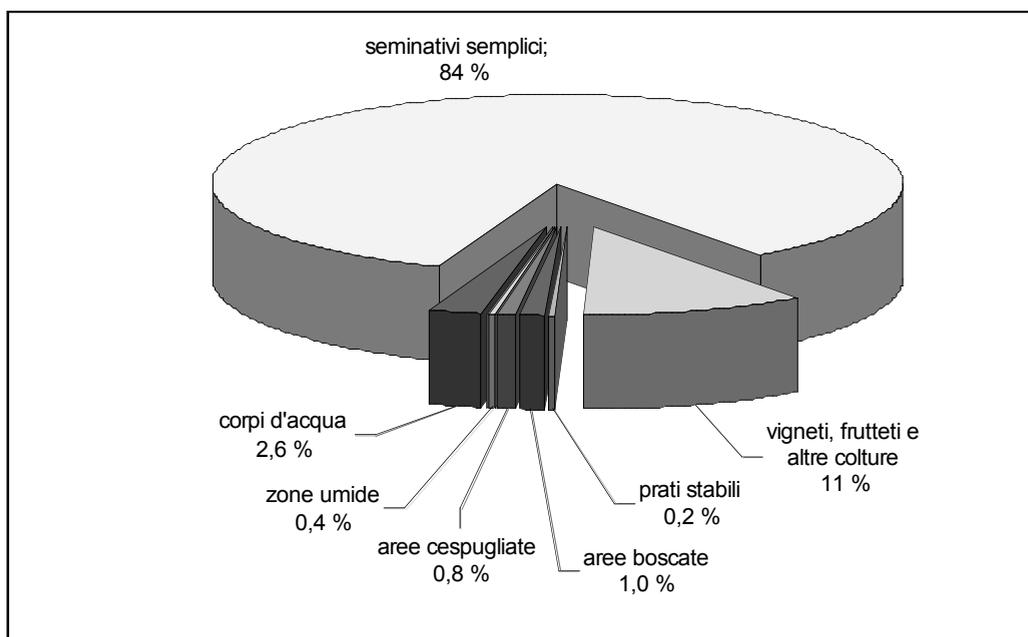


Figura 6 – Previsione delle categorie dell'uso del suolo consumabili dall'espansione dei capoluoghi

Conclusioni

I capoluoghi nel corso di centocinquanta'anni si sono trasformati in modo sensibile ed hanno inglobato le rispettive cinture, dando origine a forme di città diffuse, arealmente molto estese. La fuga degli abitanti verso l'esterno delle città e la costruzione di nuovi agglomerati ai bordi dei capoluoghi ha determinato un consumo di suolo non solo nelle categorie legate all'ambito agricolo, ma anche nei confronti delle aree seminaturali. Nell'ambito agricolo il grafico mostra a rischio una porzione del 11% di colture come vigneti e frutteti, che rappresentano una categoria di pregio per l'agricoltura emiliano-romagnola. Inoltre il valore è considerato su tutta la regione e si compensa con capoluoghi che non sono circondati da colture specializzate, infatti il dato locale dei due capoluoghi romagnoli Forlì e Cesena mostra una percentuale del 33% di territorio a colture specializzate a ridosso del capoluogo e quindi occupabile in un futuro.

La crescita delle 10 città capoluoghi della Regione Emilia-Romagna mostra dinamiche variabili a seconda della posizione geografico-morfologica che occupano. Le città circondate dalla pianura mostrano una crescita abbastanza isoradiale, mentre quelle a ridosso delle colline mostrano un'espansione costretta dalla morfologia del territorio. Ad esempio Bologna, non si è ancora espansa nella fascia collinare, grazie alla salvaguardia fino ad ora attuata, in caso contrario una percentuale di aree seminaturali del 19 % potrebbe essere consumata dall'espansione abitativa verso l'esterno, come mostra la figura 7.

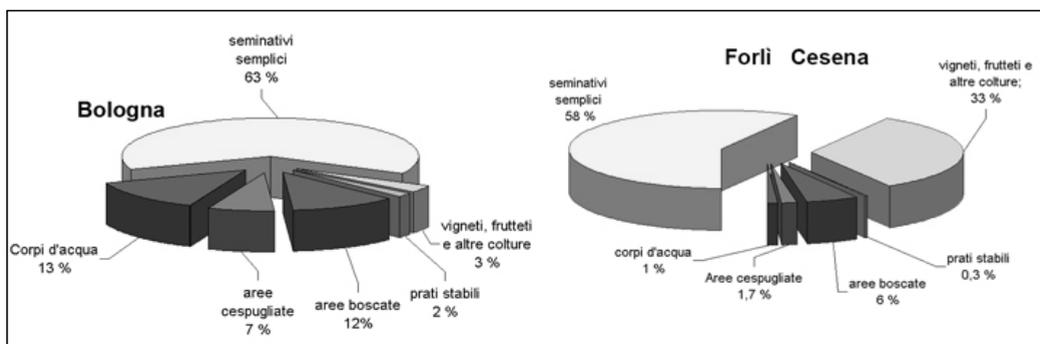


Figura 7 – Previsione delle categorie dell'uso del suolo consumabili dall'espansione di Bologna e di Forlì - Cesena

Anche le grandi direttrici stradali influenzano pesantemente la forma della crescita di un agglomerato, questo fenomeno è presente in tutti i capoluoghi, le cui forme si sfrangiano in direzione degli assi che li attraversano.

Infine anche la presenza del mare o di limiti amministrativi, come il confine di regione, modellano fortemente la forma dell'espansione, evidenti in quest'ultimo caso gli esempi di Piacenza e Ferrara vedi figura 3.

Il paragone tra le edizioni dell'uso del suolo storico, del 1976 e del 2003 consente di stimare i cambiamenti e di quantificare i fenomeni e si ritiene che possa essere uno strumento importante non solo per l'aspetto di ricostruzione ed indagine sulle dinamiche dei territori, ma per il contributo che può dare alla comprensione del presente e alla pianificazione del futuro, in quanto un territorio, manipolato culturalmente dalle popolazioni che lo abitano, reca fisicamente le tracce dei cambiamenti, delineati, più o meno fedelmente dagli usi del suolo che si succedono nel tempo.

Bibliografia

- Bottai M., Barsotti O. (1994), Lo spazio e la sua utilizzazione, Franco Angeli, Milano
- Camagni R., Gibelli M.C., Rigamonti P. (2002), I costi collettivi della città dispersa, Alinea, Firenze.
- Corticelli S., Campiani.E., Garberi M.L., Guandalini B. – Tendenze dinamiche dell'uso del suolo nell'area di Modena nel periodo dal 1976 al 2003 - *Atti 10° Conferenza Nazionale ASITA*, Bolzano, 14-17 Novembre 2006, Vol I, 777-778
- Garberi M.L., Campiani.E., Vigilante E. (2007) - Il database dell'Uso del Suolo "Storico" della Regione Emilia-Romagna derivato dalla cartografia preunitaria (1828 -1853) - *Atti 11° Conferenza Nazionale ASITA*, Torino, 6-9 Novembre 2007, Vol II, 1169-1174

STRUMENTI A SUPPORTO DELLA COMUNITÀ GEOMATICA DELLA REGIONE PIEMONTE: IL SISTEMA INFORMATIVO DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI

Luigi GARRETTI (*), Stefania CROTTA (*),
Carlotta GIORDANO (**), Giuseppe MENETTO (**)

(*) Regione Piemonte – Direzione 8 - Programmazione Strategica, Politiche Territoriali ed Edilizia–
Settore Sistema Informativo Territoriale, Corso Bolzano 44 - Torino, tel. 011.4321376 | fax 011.4322919,
e-mail: sit@regione.piemonte.it

(**) CSI Piemonte - Direzione Sistemi Territoriali e Ambientali, Corso Unione Sovietica 216 10134 Torino,
tel. 011-3168211, e-mail: carlotta.giordano@csi.it, giuseppe.menetto@csi.it

Riassunto

A seguito del crescente interesse relativo al tema delle trasformazioni territoriali, la Regione Piemonte ha istituito un servizio per il monitoraggio e l'analisi del territorio che cambia.

In tale contesto, il “Sistema Informativo delle Trasformazioni Territoriali” rappresenta uno strumento per la gestione, l'analisi e la diffusione delle informazioni territoriali della Regione rappresentando così un elemento strategico all'interno del processo di co-pianificazione tra i diversi livelli istituzionali deputati al governo del territorio.

Il “Sistema Informativo delle Trasformazioni Territoriali”, commissionato dalla Regione Piemonte – Direzione Programmazione Strategica, Politiche Territoriali ed Edilizie, si inserisce nel contesto del nuovo Quadro di Riferimento del Territorio e della nuova Legge (attualmente in fase di definizione) per la Pianificazione del Governo del Territorio.

Abstract

According to the growing interest concerning territorial transformations, Piedmont Region established a land change detection service.

In this framework, the “Sistema Informativo delle Trasformazioni Territoriali” is an instrument for the regional territorial information management, analysis and dissemination representing a strategic element in the co-planning process that involve different institutional levels.

The “Sistema Informativo delle Trasformazioni Territoriali” commissioned by the Piedmont Region - Direzione Programmazione Strategica, Politiche Territoriali ed Edilizie, is developed in the framework of the new regional legislative planning system (*Quadro di Riferimento del Territorio* and regulations for the new *Legge per la Pianificazione del Governo del Territorio*).

Il Sistema Informativo delle Trasformazioni Territoriali quale componente del “Sistema della conoscenza geografica” – Obiettivi

Il Sistema Informativo delle Trasformazioni Territoriali (SITT) rappresenta una componente del Sistema Informativo Geografico Regionale (SIGr) che si sta sviluppando all'interno della Regione Piemonte e nasce quale specifico strumento a supporto del nuovo “Quadro di Riferimento del Territorio” comprendente la nuova Legge per la Pianificazione del Governo del Territorio, il nuovo Piano Territoriale Regionale (PTR), il Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e le procedure di VAS (Valutazione Ambientale Strategica) per la conoscenza, l'analisi ed il monitoraggio del territorio che cambia. La nuova Legge per la pianificazione, all'Art.3, sottolinea come, a supporto del

governo del territorio, il sistema informativo debba garantire anche il monitoraggio delle trasformazioni territoriali.

Tale convinzione è rafforzata dai compiti istituzionali di governo che si stanno delineando per l'amministrazione regionale e locale dove, oltre all'urbanistica e alla pianificazione territoriale, l'idea di governo del territorio comprende il paesaggio, la difesa del suolo, lo sviluppo locale, la mobilità e le infrastrutture, la protezione degli ecosistemi, la valorizzazione dei beni culturali e ambientali. Nell'ottica di supportare la copianificazione tra Enti a diverso livello istituzionale, si rende necessaria la condivisione dell'informazione geografica che, con le sue caratteristiche di integrazione e circolarità, rappresenta un elemento strategico alla base di corrette politiche per il governo del territorio. Il SITT è dunque finalizzato a favorire lo sviluppo della comunità geomatica regionale e del sistema della conoscenza geografica integrato per il monitoraggio delle trasformazioni del territorio, come applicazione tematica del Sistema Informativo Geografico Regionale (SIGr) (figura1).



Figura 1 Aree tematiche coinvolte all'interno del SITT

Il SITT è finalizzato alla produzione di dati ed analisi sulle trasformazioni del territorio mediante analisi territoriali e la creazione di indici e indicatori a partire da dati territoriali già disponibili o creati *ex novo*. I principali temi di stringente interesse sono:

- il consumo di suolo riferito in modo particolare ai fenomeni di impermeabilizzazione a carico di terreni agricoli
- il grado di compromissione di un determinato ambito territoriale sulla base dell'uso del suolo che lo caratterizza
- gli effetti ambientali conseguenza di scelte di pianificazione territoriale, ad esempio nel caso di attività che possono determinare fenomeni di inquinamento a carico del suolo agricolo.
- l'evoluzione socioeconomica del territorio regionale
- le trasformazioni indotte dalle polarità commerciali

Il SITT parte dall'esperienza del servizio Rapporto sullo Stato del Territorio (RST) sul consumo di suolo causato dall'incremento delle aree urbanizzate (Garretti et al., 2007) per ampliarsi a nuovi temi e funzionalità con l'obiettivo di rispondere alle diverse esigenze di un'utenza varia e diversificata.

Lo strumento prevede funzioni per l'organizzazione, l'analisi, l'elaborazione e la diffusione dei dati relativi a diversi ambiti tematici e territoriali.

Si prevede di creare *in primis* una base dati geografica che memorizzi informazioni “aggiornabili” nel tempo e che permetta di elaborare informazioni geografiche con caratteristiche multitemporali e/o multiscalarari, integrando dati provenienti da fonti diverse.

Per la fruizione dei dati si prevede di realizzare le seguenti componenti:

- componente di analisi per l’elaborazione geografica e alfanumerica dei dati e per la creazione di indicatori in modalità interattiva attraverso analisi specifiche su ambiti geografici predefiniti.
- componente archivio per la consultazione dei risultati statici di elaborazioni alfanumeriche e geografiche predefinite. Tale componente renderà possibile agli utenti autorizzati anche le operazioni di scarico e stampa di cartogrammi, tabelle alfanumeriche, schede di output di elaborazioni predefinite.
- componente visualizzatore WebGIS per la consultazione profilata dei dati geografici utili all’osservazione delle trasformazioni territoriali integrando attraverso la tecnologia dei *multimapservice* anche i dati resi disponibili da altri servizi della Regione Piemonte.

Le componenti del SITT sopradescritte sono presentate nella figura 2.

Accanto alle componenti applicative il sistema, in quanto elemento della comunità geomatica, è composto anche dai diversi soggetti quali i funzionari della Regione Piemonte e di altri Enti coordinati, i responsabili del servizio lato CSI-Piemonte e l’insieme dei possibili fruitori intranet e internet che accedono al servizio.

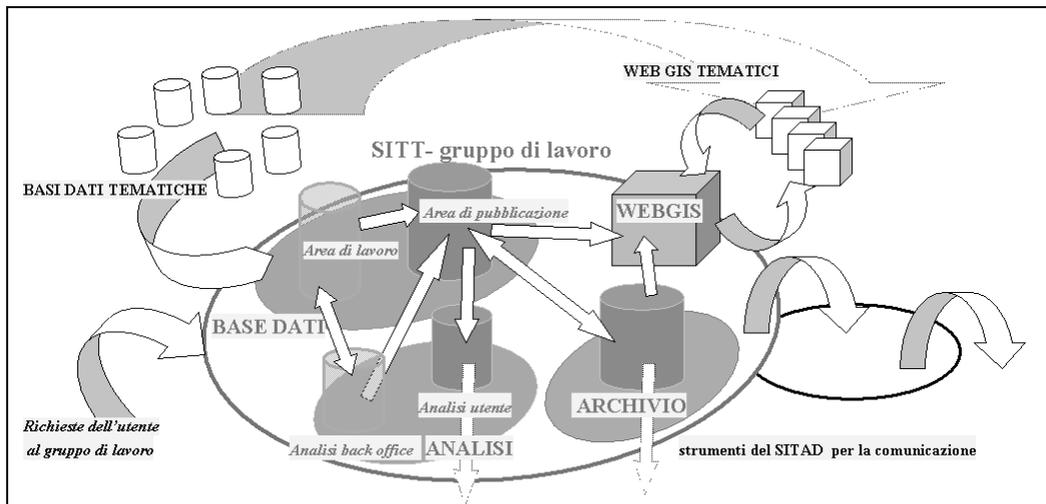


Figura 2 – Componenti del SITT

Base dati

L’analisi delle trasformazioni del territorio nel tempo e nei vari aspetti che lo caratterizzano richiede la disponibilità di informazioni geografiche multitematiche, multitemporali, multiscalarari e richiede la creazione di nuovi strati informativi, utilizzabili tal quali o a loro volta oggetto di elaborazione. L’analisi delle trasformazioni territoriali prevede l’aggiornamento periodico delle informazioni, a seguito della disponibilità di nuovi livelli informativi o di versioni aggiornate di quelli esistenti.

L’applicativo sarà un sistema integrato composto da componenti/moduli collegati e richiamabili tra loro ma autonomi.

La prima componente ad essere realizzata per la costruzione ed il funzionamento del sistema è la componente base dati geografica in quanto funzionale ed essenziale a memorizzare i dati geografici oggetto di trattamento, i prodotti intermedi delle elaborazioni, i dati di sintesi e gli indicatori

destinati alla pubblicazione. E' in corso di progettazione una base dati Oracle in versione 10.2. Inizialmente vengono presi in considerazione i dati di uso/copertura delle terre già disponibili presso la Regione Piemonte quali la Carta Tecnica Regionale Numerica a scala 1:10.000, la Carta delle aree urbanizzate (dal progetto Rapporto sullo Stato del Territorio), la Carta Forestale redatta nell'ambito dei Piani Forestali Territoriali, la Carta Land Cover Piemonte e i dati relativi all'utilizzo agricolo del suolo elaborati a partire dai dati dell' Anagrafe Unica delle Aziende Agricole georiferite a livello di particella catastale.

I dati gestiti dal sistema sono di diversa tipologia: dati geografici vettoriali e raster nei formati SDO_geometry, SDO_georaster e layer SDE, dati alfanumerici in formato tabellare, documenti e immagini statiche in vari formati.

Relativamente alla base dati, il sistema prevede due ambienti distinti, una base dati di lavoro per la modifica e lavorazione dei dati, la produzione di nuovi livelli informativi (carte, tabelle, immagini...), l'analisi ed elaborazione di indici ed indicatori, ed una base dati di pubblicazione per la diffusione delle informazioni. Il servizio dovrà così considerare gli strati informativi legati alle altre 'materie' di base: urbanistica, pianificazione territoriale, pianificazione paesaggistica, difesa del suolo, sviluppo locale, mobilità e infrastrutture, protezione degli ecosistemi, valorizzazione dei beni culturali ed ambientali.

Punto di partenza saranno lo strato informativo delle aree urbanizzate del Rapporto sullo Stato del Territorio (figura 3) e lo strato informativo sull'uso/copertura del suolo Land Cover Piemonte (figura 4).

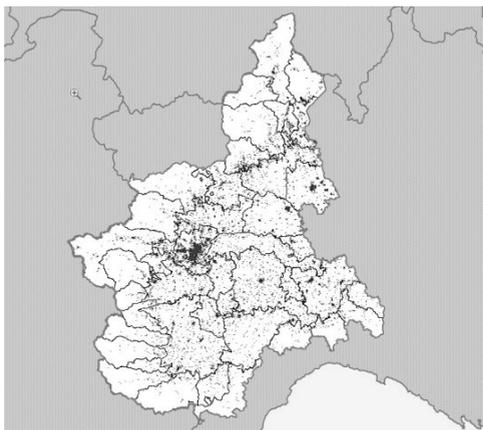


Figura 3 – dato vettoriale delle aree urbanizzate (progetto Rapporto Stato Territorio)

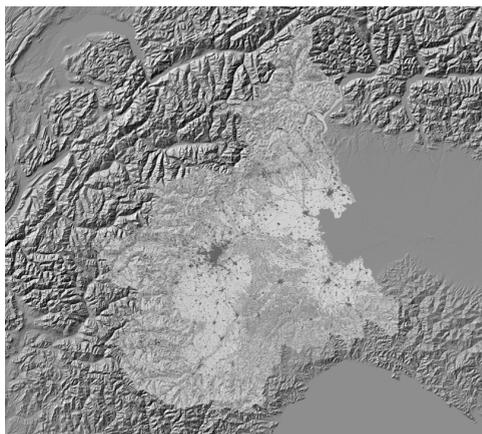
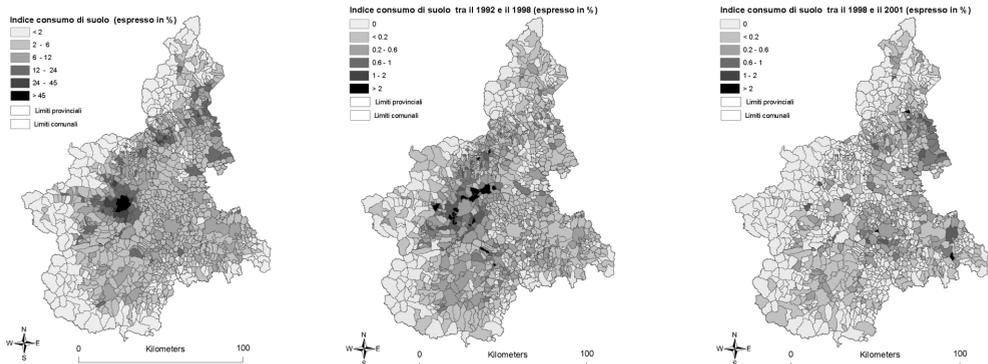


Figura 4 – dato raster delle classi di uso/coperture delle terre (Carta Land Cover Piemonte)

I dati dell'RST (aree urbanizzate) saranno lo strato informativo iniziale sia in quanto dato di partenza del servizio che come risultato delle analisi (indici, cartogrammi, tabelle) già prodotte nel contesto del Servizio RST (figura 5) e del PTR.



Il consumo di suolo in Piemonte al 1991

Il consumo di suolo in Piemonte tra il 1992 e il 1998

Il consumo di suolo in Piemonte tra il 1999 e il 2001

Figura 5 Cartogrammi in formato pdf sul consumo di suolo in Piemonte tra il 1991 ed il 2001 (Progetto Rapporto Stato Territorio)

Strumenti di fruizione

L'accesso al sistema sarà profilato ed avverrà attraverso la intranet della Regione Piemonte (www.ruparpiemonte.it) per la PA e da internet su www.sistemapiemonte.it per i cittadini e le imprese.

Nella componente Analisi sono possibili elaborazioni geografiche e alfanumeriche semplici. Tali analisi, realizzabili con un'interfaccia *user friendly*, hanno come fine operazioni di elaborazione di indicatori semplici (es. indicatori precostruiti), visualizzazione di dati (cartografici ed alfanumerici), di salvataggio in locale, di stampa, di plottaggio e di creazione di report. Per la realizzazione di analisi complesse viene erogato un servizio di *back-office* co-ordinato dal gruppo di lavoro e svolto dal gruppo Elaborazione Dati Geografici del CSI-Piemonte.

La componente Archivio permette la consultazione dei risultati statici delle elaborazioni geografiche e alfanumeriche predefinite, lo scarico e la stampa di dati e documenti. La componente archivio prevede strumenti di ricerca semplice e avanzata sull'archivio dei metadati e dei dati.

Il visualizzatore WebGIS, accessibile via internet/intranet a seconda del profilo utente, permette l'accesso a dati da fonti e servizi diversi (tipo *multimapservice*). Lo strumento rende possibili la visualizzazione, l'interrogazione di dati cartografici vettoriali e raster, di dati alfanumerici e l'estrazione di tali dati.

Conclusioni/Prospettive

Le attività condotte e previste confermano l'interdisciplinarietà e la condivisibilità di dati e strumenti relativi al Sistema Informativo Trasformazioni Territoriali. Il visualizzatore WebGIS sarà infatti tra le prime applicazioni del nuovo visualizzatore "unico" previsto dal Sistema Informativo Geografico Regionale (SIGr) mentre la realizzazione di altre funzioni (ricerca, analisi semplici e metadocumentazione), avviene attraverso attività di cooperazione applicativa con il Sistema Informativo Territoriale Ambientale Diffuso (SITAD) e la Nuova Banca Dati Territoriale (NBDT) della Regione. Anche le regole sui dati e sulle metodologie di produzione e aggiornamento sono oggetto di condivisione tra i diversi Enti a partire dalla Provincia di Torino. Sul tema del consumo di suolo da parte delle nuove aree urbanizzate è infatti in atto un'attività di coordinamento con la Provincia di Torino sia per l'aggiornamento dei dati sia per la definizione della metodologia di analisi. (Garretti et al., 2007).

Bibliografia

Garretti et al.(2007), "Sistemi Informativi Geografici per il Governo del Territorio e della cooperazione tra Enti", atti 11^a Conferenza Nazionale ASITA, Torino 6-9 novembre 2007

RIFLESSIONI SULLA IDT PIEMONTESE IN AMBITO SIGR A QUALCHE ANNO DALL'AVVIO: SPUNTI PER LA SUA EVOLUZIONE

Luigi GARRETTI (*), Stefania CROTTA (**), Silvana GRIFFA (***)

(*) Regione Piemonte, c.so Bolzano 44 - 10121 Torino, 011-4324160, luigi.garretti@regione.piemonte.it
(**) Regione Piemonte, c.so Bolzano 44 - 10121 Torino, 011-4325389, stefania.crotta@regione.piemonte.it
(***) CSI Piemonte, corso Tazzoli 215/12b, 10100 Torino, 011-3169164, silvana.griffa@csi.it

Riassunto

Ormai da tempo la Regione Piemonte ha avviato un insieme di azioni volte a definire un sistema della conoscenza geografica, in cui l'informazione geografica e i sistemi informativi territoriali diventano elementi che possono/devono assicurare un quadro conoscitivo condiviso fra tutti i soggetti e costantemente aggiornato, a supporto del nuovo processo di Governo di Territorio, introdotto con il DdL 488/2007.

Si parla in concreto di Sistema Informativo Geografico regionale, che si articola anche come Infrastruttura di Dati Spaziali, in cui accanto agli aspetti tecnologici sono particolarmente significativi quelli organizzativi e legati alle policies, per il coinvolgimento dei diversi soggetti.

In tale contesto, a qualche anno dall'avvio della IDT, si ritiene molto importante non solo soffermarsi su quanto realizzato in termini di servizi disponibili, ma capire l'effettivo utilizzo dell'infrastruttura e soprattutto i vantaggi che essa ha generato, per consentire di impostarne correttamente l'evoluzione, sotto tutti i punti di vista.

Abstract

In last years Piedmont Region has started several initiatives to define a system for geographic knowledge, where geographic information and GIS must be elements which support territorial governance, as defined in the Bill 488/2007.

We talk about "regional Geographic Informative System", with its Spatial Data Infrastructure within with technological services are obviously important, but policies and actions to formally involve stakeholders are important the same. For these reasons, it's now essential to pay particular attention to organizational aspects too, just to properly plan the SDI evolution.

Introduzione

In coerenza con quanto previsto a livello europeo (direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007 che istituisce una Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea: INSPIRE) e nazionale, la Regione ha scelto di intervenire per razionalizzare gli investimenti ed evitare di raccogliere più volte le stesse informazioni, per promuovere l'armonizzazione, la diffusione e un uso più ampio dei dati. L'obiettivo è quello di realizzare un Sistema Informativo Geografico regionale (SIGr) inteso come "...l'insieme delle tecnologie, delle politiche, degli standards e delle risorse umane necessari per l'acquisizione, l'elaborazione, la memorizzazione, la distribuzione e il miglior utilizzo dei dati territoriali".

Il SIGr ha quindi tra le sue finalità garantire che i dati geografici siano archiviati, resi disponibili e conservati al livello più idoneo; consentire di combinare in maniera coerente dati geografici

provenienti da fonti diverse e di condividerli tra vari utilizzatori ed applicazioni; permettere di condividere i dati raccolti da un determinato livello dell'amministrazione pubblica con le altre amministrazioni; rendere disponibili i dati geografici a condizioni che non ne limitino indebitamente l'uso più ampio; far sì che sia possibile ricercare facilmente i dati geografici disponibili, valutarne agevolmente l'idoneità allo scopo e ottenere informazioni sulle loro condizioni di utilizzo.

Tutto ciò si realizza naturalmente rendendo disponibili soluzioni tecnologiche che favoriscano e consentano l'interoperabilità, ma per garantire il funzionamento e l'effettiva utilità del sistema appare sempre più evidente che la componente tecnologica deve essere accompagnata da iniziative specifiche che definiscano e regolino il ruolo dei diversi soggetti, le modalità di partecipazione e condivisione dal punto di vista formale oltre che tecnico, trovando anche il modo per valutare il valore aggiunto di una SDI in termini di costi/benefici per il contesto territoriale di riferimento. Proprio questi aspetti di valutazione di impatto sono oggetto di una specifica comunicazione dal titolo "Progetto eSDI-Net+: Impact Assessment dell'Infrastruttura per l'Informazione Territoriale (IIT) in Piemonte", mentre gli altri verranno trattati nel presente articolo.

Il contesto attuale

In ambito SIGr, secondo quanto previsto dalla direttiva INSPIRE, è già disponibile un Catalogo delle risorse (dati e banche dati a valenza geografica, prodotti e relativi servizi), accessibile e consultabile da parte di qualunque interessato, sia esso soggetto pubblico o privato. Il Catalogo utilizza i meccanismi di interscambio previsti dal Sistema Pubblico di Connettività per interoperare con il Repertorio Nazionale e gli altri cataloghi di metadati. Sempre con riferimento alla terminologia della direttiva INSPIRE sono già fruibili i seguenti servizi:

- servizi di ricerca;
- servizi di consultazione, che consentono, ad esempio, di visualizzare con diverse modalità le informazioni territoriali;
- servizi di scaricamento dei dati (*download*) che consentono di fare copia dei dati o, ove fattibile, di accedervi direttamente;
- servizi che consentono di richiamare servizi su dati a valenza geografica

e sono previsti in futuro servizi di conversione per la trasformazione dei formati delle banche dati territoriali.

Il catalogo ed i servizi sono accessibili, secondo modalità diverse, sia alla pubblica amministrazione che a soggetti privati, ed al momento sono già consultabili più di 1500 schede metadato, relative sia a Regione Piemonte, sia alle Province piemontesi, sia alla Città di Torino. Diversi soggetti della PA partecipano quindi già attivamente al sistema, ma proprio il suo crescente utilizzo a qualche anno dall'avvio rende evidente la necessità di disciplinare in modo più formale la partecipazione dei diversi attori, secondo indicazioni che derivano anche dal confronto con altre realtà europee, in cui gli aspetti organizzativi sono già stati considerati, ed esistono quindi accanto agli organismi tecnici anche meccanismi organizzativi che prevedono adesioni formali e precise definizioni di ruoli e responsabilità.

Sulla base della bozza di Disciplinare d'uso dell'informazione geografica, già disponibile a titolo informativo all'indirizzo:

http://intranet.ruparpiemonte.it/serviziosid/dwd/documentazione/Disciplina_uso_informazione_geografica.pdf, ma non vincolante per la partecipazione al sistema, si sta lavorando pertanto sia sul fronte della definizione degli accordi di condivisione dati da stipularsi fra i diversi enti, sia sul fronte della gestione dei diritti digitali dei dati stessi (DRM), attraverso la definizione di linee guida e di licenze standard.

Le policies

Facendo riferimento ancora alla Direttiva INSPIRE, nel dare all'art.3 punto 1 la definizione di "infrastruttura per l'informazione territoriale", questa elenca oltre a metadati, set di dati territoriali e servizi relativi ai dati territoriali, servizi e tecnologie di rete, anche "gli accordi in materia di condivisione, accesso e utilizzo dei dati e i meccanismi, i processi e le procedure di coordinamento e di monitoraggio stabilite, attuate o rese disponibili conformemente alla presente direttiva".

Del resto anche il Codice dell'Amministrazione Digitale, che costituisce a livello nazionale il quadro giuridico di riferimento per quanto concerne la disponibilità, la gestione, l'accesso, la conservazione e la fruibilità dell'informazione territoriale in modalità digitale, individua la possibilità di definire accordi tra tutti i soggetti interessati alla condivisione dei dati in modo che l'accesso e l'utilizzo dell'informazione del settore pubblico possa essere massimizzato a beneficio di tutti.

Regione Piemonte si sta pertanto adoperando per superare l'attuale fase in cui la cooperazione avviene al di fuori di iniziative strutturate, lavorando ad uno schema di "Accordo di condivisione dell'informazione geografica all'interno del SIGr" da proporre ai diversi stakeholders interni ed esterni all'Ente Regione Piemonte. Lo schema intende disciplinare la collaborazione volta allo sviluppo coordinato del Sistema Informativo Geografico regionale: attraverso tale accordo Regione, province, comunità montane e comuni, insieme alle rispettive agenzie e agli enti strumentali, si impegnano a garantire il più ampio scambio e la più ampia cooperazione per assicurare il reciproco accesso alla conoscenza dei dati e dei prodotti territoriali.

Nel dettaglio, l'accordo, che non prevede oneri economici, individua gli ambiti di collaborazione possibili, relativi al patrimonio informativo, al catalogo dell'informazione territoriale, al portale e ai nuovi progetti, e soprattutto stabilisce che le modalità operative dovranno essere definite di volta in volta tramite specifici piani di attività. Questi ultimi rappresentano quindi l'elemento in cui verranno definiti in dettaglio gli ambiti di collaborazione, con gli impegni di ciascun soggetto, i tempi e le risorse necessarie.

Lo schema è già stato condiviso con alcuni altri enti della PA piemontese, ed è attualmente in fase di rifinitura per poter poi procedere con la sua formalizzazione e quindi con la stipula dei primi accordi ufficiali.

Il Geo Rights Management: le licenze d'uso del dato

La circolarità e la auspicata condivisione dell'informazione geografica tra i diversi stakeholders pone in evidenza la necessità di approfondire in modo specifico l'aspetto delle condizioni di utilizzo del dato, in modo da garantire, accanto alla possibilità di accesso, anche la necessaria tutela dei diritti dei proprietari dei dati stessi. In ambito INSPIRE nei documenti tecnici già prodotti (es. INSPIRE Network Services Architecture-Draft) si fa esplicito riferimento al Geo Rights Management, al fine di arrivare a licenze d'uso elettroniche per contenuti digitali dinamici.

Regione Piemonte, consapevole dell'importanza di tale aspetto, si è attivata ormai da qualche anno, e grazie anche ad una specifica borsa di studio finanziata dal CSI Piemonte, dopo aver formulato la matrice dati-usi-modalità di accesso, oggetto di passate comunicazioni, è ormai prossima alla adozione formale delle "Linee guida relative all'accesso ai dati a valenza geografica del territorio piemontese e ai relativi prodotti, servizi e banche dati" e della licenza standard.

Le linee guida intendono costituire il documento di inquadramento generale che nell'ambito del SIGr, e a completamento degli accordi di condivisione, definiscono il contesto di riferimento e i presupposti sulla base dei quali viene concesso a soggetti terzi, pubblici e privati, l'accesso alle informazioni geografiche della Regione, nonché degli altri enti aderenti, le diverse tipologie di condizioni di uso e di licenza dei dati, sia con riferimento all'oggetto, che alle modalità di concessione e di uso.

Il fine è quello di coordinare le strategie e le politiche di distribuzione dei dati a valenza geografica, delle loro banche dati e dei relativi prodotti e servizi, disciplinando l'accesso di soggetti pubblici e privati alle risorse che compongono il Sistema Informativo Geografico regionale attraverso apposite condizioni d'uso e licenze standard, che garantiscano l'accesso degli interessati a condizioni eque e non discriminatorie.

Le linee guida fissano alcuni elementi comuni, quali ad esempio l'insieme di servizi che Regione e soggetti aderenti devono mettere a disposizione del pubblico gratuitamente, nonché la possibilità di adottare diverse politiche di accesso ai dati, definendo diverse condizioni di consultazione, vendita, modelli di licenza, in funzione, ad esempio, dell'oggetto della licenza, della natura del licenziatario, dello scopo e finalità per cui la licenza è concessa. Nel contesto definito dalle linee guida, e nel rispetto quindi delle indicazioni da esse fornite, si inseriscono le licenze d'uso standard per i dati geografici, che definiscono in dettaglio, per ogni set di dati, le condizioni di utilizzo per le diverse categorie di utenti. Si arriva cioè alla definizione di "geolicenses", componibili dinamicamente in base alle indicazioni fornite dal richiedente, ed espresse nella doppia versione "in linguaggio legale" e "in linguaggio comune".

Conclusioni

Da quanto descritto appare evidente l'importanza, a qualche anno dall'avvio dell'esperienza di costruzione della IDT piemontese, di affiancare sempre più agli interventi di tipo tecnologico, pur necessari, azioni specifiche dal punto di vista organizzativo. Infatti la rapida evoluzione tecnologica e il susseguirsi di indicazioni di valore normativo a livello comunitario e nazionale impongono una costante attenzione all'evoluzione dei servizi che la IDT offre, che non viene certo negata, ma l'esperienza, sia locale che internazionale, mostra come per ottenere effettivi benefici e massimizzare gli effetti positivi che una infrastruttura di dati può produrre, occorre anche operare per ben definire ruoli e responsabilità dei diversi soggetti, come del resto la stessa direttiva INSPIRE prevede.

Riferimenti bibliografici

Garretti et al.(2007), "*La valorizzazione ed il riuso dei dati territoriali nell'ottica della creazione del Disciplinare d'uso dell'informazione geografica regionale*", atti 11ª Conferenza Nazionale ASITA, Torino 6-9 novembre 2007

INSPIRE (2007), "Direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 marzo 2007", *Gazzetta Ufficiale della UE il 25 Aprile 2007*, sito web: <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/index.cfm>

Network Services Drafting Team (2007), *Network Services Architecture*, http://www.ec-gis.org/inspire/reports/ImplementingRules/network/D3.5_INSPIRE_NS_Architecture_v2.0.pdf

CAD (2006), "Codice dell'Amministrazione Digitale SO n. 105 il Decreto legislativo 4 aprile 2006, n. 159", *Gazzetta Ufficiale del 29 aprile 2006, n. 99*

IL PROGETTO ICAD-GEO: STUDIO DI FATTIBILITÀ PER LA REALIZZAZIONE DI UNA “INFRASTRUTTURA PER LA COOPERAZIONE APPLICATIVA DEI DATI GEOGRAFICI”

L. GARRETTI (*), S. CROTTA (*), A. SCIANNA (**)

(*) Regione Piemonte, Settori "Sistema Informativo (Sit)" - "Cartografico", c.so Bolzano, 44 - 10121 Torino, Italia
tel. +39 011 4324160 - e-mail: Luigi.Garretti@regione.piemonte.it, Stefania.Crotta@regione.piemonte.it

(**) Icar-CNR, Dipartimento di Rappresentazione, Università di Palermo, Viale delle Scienze, 90128 Palermo, Italia
tel. +39 091 7028731 - e-mail: scianna@dirap.unipa.it

Riassunto

E' qui illustrato lo sviluppo di una ricerca propedeutica alla redazione di un progetto di fattibilità per la realizzazione di un'infrastruttura di cooperazione applicativa basata su dati geografici. Sono illustrate le analisi condotte su progetti già avviati presso le Regioni italiane al fine di poter valutare il riuso di applicazioni e dati, gli standard esistenti per la realizzazione di applicazioni geografiche conformi alle esigenze di interoperabilità posta alla base della *Direttiva Inspire*, i software *FOSS*^[1] esistenti per la definizione di uno stack tecnologico adatto alla gestione dei dati geografici Italiani.

Abstract

This paper illustrates the development of a research finalized to draw-up a feasibility design in order to realize a cooperative application infrastructure for management of geospatial information. The paper resumes the analyses carried out on geospatial projects started by Italian Region Administrations, reference standards for geospatial applications respecting also interoperability issues at the basis of *Inspire Directive*, evaluation of existing *FOSS* useful to define a cooperative computer system for management of geographic information regarding Italy.

Introduzione

Fra il Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali^[2] oggi CISIS e il Dipartimento di Rappresentazione dell'Università di Palermo veniva attivata, nel settembre 2003, una convenzione per la conduzione, da parte di un gruppo di ricerca facente capo al Dipartimento^[3] di un progetto di ricerca propedeutico alla redazione da parte dello stesso Centro di un progetto di fattibilità di “INFRASTRUTTURA PER LA COOPERAZIONE APPLICATIVA

¹ Abbreviazioni: *FOSS*: Free and Open Source Software - *GFOSS*: Geographic Free and Open Source Software

² - Responsabili tecnici per il **Centro Interregionale**:

- Ing. Domenico Longhi - Coordinatore della Segreteria Tecnica

- Arch. Luigi Garretti - Componente del Comitato Tecnico Esecutivo

³ - Il gruppo di ricerca era così composto:

1. Università degli Studi di Palermo - Dip.to di Rappresentazione - Ing. Andrea Scianna (coord. Tecnico progetto), Ing. Alessio Ammoscato, Dott. in Pianificazione Fabrizio Niceta, Ing. Salvo Lattuca;

2. Politecnico di Milano, Polo di Como – Dip.to DIAR - Prof. Maria Antonia Brovelli (coord. locale), Ing. Marco Negretti, Ing. Gianni Leggio, Ing. Eugenio Realini.

3. Università degli Studi di Cagliari – Dip.to di Ingegneria Strutturale, Sez. di Topografia - Ing. Giuseppina Vacca (coord. locale), Ing. Antonio Pala, Ing. Riccardo Porru.

DEI DATI GEOGRAFICI". Il progetto è stato articolato in una serie di fasi nel rispetto delle esigenze del Centro Interregionale che necessitava di uno studio preliminare alla redazione di un progetto di fattibilità di una Piattaforma di Cooperazione Applicativa in ambito geografico e geotopografico, tale da tenere in considerazione e poter eventualmente riutilizzare quanto già acquisito con diversi progetti avviati e/o attuati da alcune regioni Italiane.

Alla base della conduzione del progetto di ricerca stavano inoltre alcune istanze di grande rilevanza per lo sviluppo di sistemi per la pubblica amministrazione e delle Regioni italiane in particolare, come:

- il **riuso** di infrastrutture informatiche (hardware e software), con particolare riferimento a quelle della Piattaforma Interregionale ICAR (Interoperabilità e Cooperazione Applicativa fra le Regioni e le Province Autonome) in ambito geografico e geo-topografico;

- la **cooperazione applicativa di sistemi** informatici esistenti, vista come il contributo cooperativo di ogni nodo del sistema in termini di processi/procedure e/o dati.

Sulla base di tali esigenze, la proposta del gruppo di ricerca veniva articolata nelle seguenti fasi:

Fase 1 – Studio dei progetti sviluppati in ambiti nazionale e/o regionali di E-Government e/o Governance territoriale con contenuti di geomatica;

Fase 2 - Individuazione delle tecnologie *GFOSS* più appropriate per la gestione e l'elaborazione delle informazioni territoriali;

Fase 3 - Definizione di uno stack tecnologico *GFOSS* per la gestione e la pubblicazione dei Dati Geografici e dei Data Base Topografici;

Fase 4 - Definizione di una Piattaforma di Cooperazione Applicativa in ambito geografico e geotopografico;

Fase 5 - Definizione di modelli organizzativi per la gestione dell'infrastruttura in relazione al funzionamento generale degli eventuali modelli proposti;

Fase 6 - Analisi costi/benefici per ciascun modello individuato.

Stato dell'arte: Studio dei progetti sviluppati in ambiti nazionale e/o regionali di E-Government e/o Governance territoriale

Sulla base dell'indagine effettuata sullo stato di sviluppo dei diversi progetti avviati dalle diverse regioni italiane e altri enti pubblici di riferimento, è emersa una grande varietà di piattaforme applicative e soluzioni sia di tipo desktop che Web operanti sia in rete locale che geografica e tramite Internet, basate su software applicativi sia GIS che RDBMS. Sono stati in particolare presi in esame i seguenti progetti, alcuni dei quali conclusi, altri in itinere: Sigmater, SITAD, InterGeo, Pr5CIPE (PR5SIT), Apulie, SICS, TopoCore, NSDI – Dip. Prot. Civile Nazionale, ICAR così come sono anche state prese in considerazione le iniziative del CNIPA (RNDT) e del Ministero dell'Ambiente.

In generale si è rilevata una grande disomogeneità delle diverse iniziative anche all'interno dello stesso progetto che solitamente vedeva più regioni e/o enti partecipanti. Ciò è giustificato dal fatto che alcune regioni, pur all'interno di uno stesso progetto, hanno proposto la conduzione di attività diverse in relazione al livello di dotazione di infrastrutture hardware, software e/o banche dati già predisposte con progetti precedentemente avviati. Nel corso dello studio condotto, data l'ampia portata dei progetti esaminati che toccavano i più svariati settori dell'*Information Technology*, si è cercato di estrapolare da essi le iniziative aventi per oggetto aspetti relativi alla Geomatica. La tabella 1 mostra la partecipazione delle regioni ai diversi progetti. Gli applicativi GIS utilizzati sono per lo più di tipo commerciale, anche se in alcuni casi sono stati rilevati applicativi basati su configurazione mista (software commerciale con moduli aggiuntivi appositamente sviluppati anche basati su librerie *FOSS*).

Lo sviluppo del progetto: la gestione dell'informazione geografica con tecnologie GFOSS

Le fasi 2 e 3 del progetto di ricerca hanno avuto per oggetto lo studio delle tecnologie *GFOSS*, in modo da poter individuare, fra esse, le più appropriate per la realizzazione di uno stack tecnologico

GFOSS in grado di assolvere le funzioni e i compiti delle applicazioni commerciali utilizzate nei progetti già attuati o in corso di attuazione da parte delle regioni.

Progetto/Regioni interessate	Apulie	ICAR	InterGeo	Pr5CIPE* (PR5SIT)	SICS	Sigmater	SITAD	TopoCore	DPC NSDI
Abruzzo		X		X		X		X	
Basilicata		X							
Calabria				X					
Campania		X		X					
Comune Prato								X	
Emilia Romagna		X				X		X	X
Friuli Venezia Giulia		X							
Lazio		X							
Liguria		X				X		X	X
Lombardia		X							
Marche		X							
Molise				X					
Piemonte		X					X		X
Prov. Aut. Trento		X							
Puglia	X	X		X					
Sardegna		X		X	X			X	
Sicilia				X					
Toscana		X	X			X		X	X
Umbria		X							
Valle d'Aosta		X				X			
Veneto		X						X	

* dati incompleti

Tabella 1 – Partecipazione per regione ai diversi progetti

Con riferimento ai tipi di informazioni da gestire, sono individuate come necessarie le seguenti operazioni, ai quali i software GFOSS esistenti dovrebbero assolvere:

- gestione dei metadati nel ripesto dello *standard ISO 19115* e successivi aggiornamenti
- gestione dati geografici raster cioè insiemi di carte (catastali, CTR, cartografia nazionale ufficiale), immagini provenienti da riprese aeree o satellitari;
- vettoriali CTR, DTM e dati Lidar, grafi schematici per applicazioni di routing e gestione della toponomastica, dati catastali, mappe tematiche diverse riguardanti il suolo, il territorio, l'ambiente, i piani urbanistici;
- servizi di ricerca dei dati tramite set di metadati;
- servizio di download dei dati da parte degli utenti nei più diversi formati sia raster che vettoriali;
- query spaziali per l'estrazione di set ridotti di dati sia raster che vettoriali;
- servizi di conversione di coordinate.

La gestione dei metadati

La gestione dei metadati è di importanza fondamentale per la conoscenza dei dati geografici esistenti riguardanti nel caso specifico il territorio nazionale ed è anche un aspetto di interesse primario anche dell'Unione Europea (cfr. direttiva Inspire). A livello U.E. lo *Standard* di riferimento è l'*ISO 19115*, mentre a livello nazionale esiste una certa individualità nell'adozione o definizione di uno standard per i metadati. Sia il CNIPA che il Ministero dell'Ambiente, infatti, hanno avviato iniziative per la raccolta di metadati e così anche alcune regioni. La struttura di metadati prescelta non è sempre perfettamente aderente allo standard *ISO 19115*, nel senso che lo standard è applicato con delle varianti derivanti da specifiche esigenze relative agli enti che hanno attivato le iniziative. Al fine di rendere omogenei ed aderenti all'*ISO 19115* i repertori di metadati, sono disponibili alcuni software conversione di struttura.

Per la gestione dei metadati, esistono due applicazioni che si ritengono di riferimento, cioè il software messo a punto dal CNIPA per la gestione dei dati del *Repertorio Nazionale Dati Territoriali (RNDT)* ed il software *Geonetwork*, realizzato da un gruppo di sviluppatori della FAO che ha assunto sempre più una connotazione di software universalmente adottato.

Il modello metadati del CNIPA⁴ identifica l'insieme minimo di elementi di metadati (Core metadati) necessario per documentare tutte le tipologie di dati territoriali (cartografia, immagini, modelli digitali del terreno, reti geodetiche,...) prodotti e/o gestiti dalla Pubblica Amministrazione italiana.

L'insieme dei metadati è suddiviso nelle classi Metadati, Identificazione, Qualità dei dati, Provenienza e processo di realizzazione dei dati, Gestione, Rappresentazione spaziale, Sistema di riferimento, Contenuto, Distribuzione, Responsabile del dato, Estensione. Il CNIPA ha realizzato uno specifico software basato su librerie O.S. per la gestione dei metadati del *RNDT* tramite interfaccia Web.

Il software GeoNetwork è nato inizialmente per facilitare l'archiviazione e lo scambio dei dati prodotti presso la FAO. Lo standard adottato in GeoNetwork è una semplificazione dello standard ISO, del quale sono stati conservati solo quei metadati ritenuti indispensabili per catalogare in modo sufficientemente completo un dato geografico. È composto da cinque sezioni valide per tutti i tipi di dati: Identification Section, Distribution Section, Reference System Section, Data Quality Section, Metadata Section, e da una sezione valida solo per i dati raster: Spatial Representation Info.

Web Services e Geo Web Services

L'altro aspetto di rilevanza preso in considerazione nel corso della ricerca è stato quello dei Web Services operanti su dati geografici (**Geo Web Services**) elemento fondamentale per gli aspetti dell'interoperabilità e della cooperazione applicativa.

Si tratta di applicazioni software, residenti su server dislocati nei nodi delle reti Internet, che forniscono servizi cioè dati e capacità elaborativa e sulla base di una richiesta formulata secondo standard predefiniti. È questo uno dei modi per conseguire l'interoperabilità di dati e servizi, poichè l'utente deve solo rivolgere al server la richiesta nella modalità standard, senza necessariamente essere a conoscenza delle modalità di funzionamento interno dell'applicazione che fornisce il servizio o delle caratteristiche hardware e software dell'infrastruttura ospitante il servizio stesso. Alcuni servizi possono poi richiamare altri implementati su server remoti. Caratteristiche alla base dei WEBGIS e quindi dei WebServices sono alcuni standard informatici, fra i quali:

- XML (estensibilità, flessibilità)
- **Geographic Markup Language 3 (GML3)** dell'Open Geospatial Consortium – OGC;
- **Simple Object Access Protocol (SOAP)**;
- Web Service **Description Language (WSDL)**;
- Universal Description Discovery and Integration (**UDDI**);

L'accesso alle informazioni di diverso tipo deve essere garantito dall'implementazione di .

I principali servizi *Geo Web Services* aderenti alle specifiche dell'*OGC* sono:

- **Web Feature Service** per l'estrazione (**WFS**) e la modifica (**WFS-Transactional**) di feature ovvero oggetti geografici archiviati in modo vettoriale.
- **Web Coverage Service (WCS)** per l'accesso e manutenzione di dati geografici raster o grid..
- **Web Map Service (WMS)** rende disponibili mappe (come immagini) di dati geografici.

Un GFOSS fondamentale per la fornitura di geoservizi: UNM Mapserver

UMN MapServer (<http://mapserver.gis.umn.edu/>) è un ambiente di sviluppo GFOSS che permette la realizzazione di applicazioni e servizi web per la rappresentazione, l'interrogazione e la restituzione di dati geografici. MapServer è in grado, tramite le librerie OGR/GDAL di operare con formati:

- vettoriali (lib. *OGR*) : shapefile, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL e molti altri;
- raster (lib. *GDAL*) : TIFF/GeoTIFF, EPPL7, SPOT, ER Mapper, ESRI, Envi e molti altri.

⁴ Il documento di riferimento è il "Repertorio Nazionale Dati Territoriali – Linee guida per l'applicazione dello Standard ISO 19115: *Geographic Information-Metadata*", versione 0.3 (25 settembre 2006)

MapServer implementa diversi standard dell'OGC come WMS, WFS, WCS, GML, Web Map Context Documents, SLD. È possibile utilizzare MapServer in due modalità:

1. generazione delle pagine HTML tramite chiamata al programma mapserv (directory /cgi-bin): *modalità MapServer CGI*;
2. utilizzo di linguaggi di script per la generazione delle pagine HTML dinamiche e accesso ai servizi di MapServer tramite chiamate alle API: *modalità MapScript*. Le pagine a cui accede l'utente navigatore saranno delle pagine miste (HTML+script).

Questo software è alla base di moltissimi *WEBGIS* ed applicazioni per la visualizzazione di dati geografici tramite interfaccia WEB (ad esso si appoggiano sia Geonetwork che il software del CNIPA).

Per la gestione e la conversione dei dati geografici esistono molti software GIS appartenenti alle due famiglie delle applicazioni C/C++ (GRASS Gis, QGIS, *Postgres SQL*, *Postgis*) e *JAVA* (*Geonetwork*, *Geosever*, *DEEGREE*, *gvSig*). Alcuni di essi sono stati sviluppati da comunità di liberi sviluppatori (*QGIS*), altri con il sostegno pubblico (es. *gvSig*, sviluppato con fondi dell'U.E.).

Strumenti per la gestione dei database geografici

Normalmente i software *GIS* permettono di accedere alle tabelle degli attributi degli oggetti vettoriali quando utilizzano formati semplificati, come gli *shape-file* della ESRI e i file *.mif* e *.tab* di MapInfo. Nel caso specifico le informazioni vengono scritte separatamente per quanto riguarda gli attributi geometrici degli oggetti geografici e la loro parte semantica, cioè gli attributi veri e propri.

In effetti i gestori di database più potenti permettono di strutturare compiutamente tutte le informazioni che descrivono gli oggetti geografici allocando i relativi dati in tabelle opportunamente relazionate fra loro in modo da garantire tutti i requisiti legati ad una corretta gestione dei dati tramite RDBMS.

Alcuni software *GIS* e *WEBGIS* permettono di conseguire una gestione complessa dell'informazione geografica quando la stessa è archiviata tramite database professionali dotati delle cosiddette estensioni spaziali. Dalla precedente indagine relativa ai progetti posti in essere dalle Regioni italiane per la gestione dell'informazione geografica è emerso che i software tipo RDBMS "Relational DataBase Management System" più utilizzati sono:

- *Postgres* con estensione spaziale *PostGIS* (applicazione *GFOSS*);
- *ORACLE* (versione "Enterprise" con estensione *SPATIAL*) (software commerciale proprietario).

PostGIS è un'estensione spaziale *GFOSS* di *PostgreSQL*, che permette di gestire oggetti geografici strutturati secondo lo standard *OGC*.

ORACLE SPATIAL è un componente di Oracle Enterprise che supporta la gestione di dati geografici. Esso fornisce dei tipi che implementano le primitive geometriche seguendo le specifiche *OGC*. Oltre ai tipi primitivi per i dati vettoriali, *SPATIAL* implementa anche un modello per la gestione dei dati raster, denominato *GEORASTER*.

Infrastruttura dati geografici cooperativa GFOSS

L'infrastruttura dati geografici (*SDI*) si caratterizza per la struttura hardware e software.

Il sistema deve ovviamente essere dimensionato, come qualunque altra infrastruttura informatica, nel rispetto delle diverse esigenze alla base della realizzazione, come la quantità di dati da gestire, il numero di accessi previsti, le caratteristiche di sicurezza imposte, il livello di affidabilità richiesto ed altri relativi alla gestione ed alla manutenibilità dell'infrastruttura ed alla riusabilità dei dati.

In generale il software deve essere in grado di supportare l'architettura di sistema oltre che i diversi tipi di hardware e sistemi operativi (i più aggiornati *RDBMS* supportano anche una struttura a cluster).

Nel caso dell'infrastruttura dati geografici di portata nazionale le cose si complicano in quanto esistono diversi enti distribuiti sul territorio che producono e gestiscono informazioni in modo

indipendente che devono poi essere viste come se fossero centralizzate. Alcuni enti sono competenti per dati tematici specifici altri lo sono a livello territoriale. Ad esempio l'IGMI e il Ministero dell'Ambiente sono competenti per informazioni relative a temi specifici come la cartografia nazionale e i dati ambientali, le regioni e i comuni invece – con i loro assessorati - sono interessati a dati relativi – alla diverse scale geografiche - a tutti i possibili temi o aspetti che interessano il territorio regionale.

Dalla ricerca emerge che, a livello di architettura di sistema, le scelte possono ricadere su una struttura hardware centralizzata o distribuita. Si potrebbe cioè pensare ad una infrastruttura hardware centralizzata in un'unico CED o distribuita nei diversi. In tal caso il software deve permettere l'accesso ad informazioni situate nei server distribuiti in modo unificato e trasparente per l'utente.

Aspetti economici e Conclusioni

In generale, in una possibile analisi costi benefici, si confrontano soluzioni a costo zero con soluzioni con ipotetico costo 100, nel senso che, il divario, a livello di costo, fra una soluzione completamente GFOSS ed una Commerciale è abbastanza elevato.

L'implementazione di una soluzione del primo tipo comporta rispetto alla seconda, talvolta, una minore semplicità d'uso, in relazione alla qualità dell'interfaccia, e quasi mai si ha assistenza da parte di personale qualificato come nel caso di potenti software commerciali proprietari. A fronte di ciò la documentazione libera dei GFOSS è molto copiosa, fatto che aiuta nell'installazione e nel loro utilizzo. Talvolta i software FOSS hanno un numero di funzioni più limitato. Nel campo dei GIS comunque la disponibilità ed efficienza di soluzioni GFOSS è buona. Inoltre, poiché le soluzioni FOSS vengono sempre più sviluppate e/o adottate in enti pubblici (anche e soprattutto a livello mondiale), l'aderenza agli standard mondiali di riferimento è elevata.

Soluzione GIS e/o WEBGIS GFOSS	Soluzione Commerciale Proprietaria
Costo nullo del software	Costo del software abbastanza elevato
assenza di assistenza da parte del fornitore	Assistenza da parte del fornitore
Copiosa documentazione disponibile liberamente su Internet per un uso assolutamente libero	Documentazione disponibile in relazione alla politica di fornitura da parte del produttore del software
Interfaccia non sempre adeguata al livello degli utenti	Interfaccia utente curata
Funzioni accurate dal punto di vista computazionale e documentate a livello di algoritmo	Funzioni non sempre note nel dettaglio a livello algoritmico e computazionale; talvolta soluzioni speditive
Funzioni molto rispondenti agli standard OGC e ISO	Funzioni non sempre completamente aderenti agli standard internazionali di riferimento

Tabella 2 – Alcune differenze fra applicazioni GFOSS e commerciali proprietarie

In generale esiste una buona possibilità di trasferimento di quanto già realizzato con software commerciali in tutto o in parte verso sistemi FOSS. Ciò potrebbe comportare la riscrittura di alcune applicazioni (quando create su piattaforme proprietarie non aperte), molto spesso il semplice trasferimento dei dati e la installazione e configurazione dei software GFOSS e soprattutto per quanto riguarda i geoservizi si hanno differenze spesso trascurabili fra le applicazioni commerciali proprietarie e quelle libero e GFOSS.

Bibliografia

<http://www.isotc211.org/> sito dell'ISO ISO/TC 211 - Geographic information/Geomatics Technical Committee 211.

<http://www.opengeospatial.org/> sito dell' Open Geospatial Consortium, Inc (OGC).

<http://www.centrointerregionale-gis.it/> Centro Interregionale - Cisis.

**ATTIVITÀ INTERREGIONALI PER
SPECIFICHE TECNICHE PER LE RETI GEODETICHE:
CRONACA E INTEGRAZIONI OPERATIVE
NELLA PREDISPOSIZIONE E REALIZZAZIONE
DELLA *CONVENZIONE LOTTO 1-2007***

Roberto GAVARUZZI (*), Fabio RADICIONI (**)

(*) Centro Interregionale (oggi componente CPSG del CISIS) - rgavaruzzi@regione.emilia-romagna.it

(**) DICA Università di Perugia - topos@unipg.it

Riassunto

Le attività di cui alla suddetta *Convenzione Lotto 1-2007* sono terminate da pochi giorni e saranno presentate al pubblico a Perugia in un workshop di fine anno il cui programma verrà diffuso in occasione della prossima Conferenza Nazionale ASITA.

Qui vi anticipiamo in modo sintetico alcune attività preliminari ed operative di armonizzazione della conduzione della Convenzione alla evoluzione del contesto nel periodo 2007-2008.

Siamo convinti che presto questo biennio sarà riconosciuto come l'inizio di una discontinuità culturale nelle attività geodetiche nazionali; inoltre pensiamo di avere alcune responsabilità personali, nella modalità di interpretazione dei nostri ruoli e di aver favorito tale salto da parte della comunità di settore.

Certo il merito principale va ai nostri colleghi, direttamente ed indirettamente coinvolti, che hanno condiviso la scelta di adattarsi e favorire il cambiamento per concorrere al e bellissimo grande gioco di squadra nonostante ciò non fosse, in questa fase preliminare, l'ottimizzazione dei vantaggi individuali.

Abstract

The *Convenzione Lotto 1-2007* activities are finished few days ago and we are going to get on a workshop in Perugia about final report before the end of year; you will be able to find definitive workshop program during the next National Conference ASITA.

In synthetic way, now we are going to tell you some things about preliminary and operating Convention activity related to the context evolution during 2007-2008.

We are convinced that soon this biennium will be recognized like the beginning of a cultural discontinuity in national geodetic activities; moreover we are thinking to have a few responsibility to get improvement in this way.

1. Scenario preliminare generale del committente

il Centro Interregionale nel programma operativo 2007 inserì anche la realizzazione di alcuni progetti di ricerca ritenuti di carattere strategico e prioritario; nel giugno dello stesso anno pubblicò un bando di gara per l'affidamento di quattro lotti relativi a:

- Lotto 1 - Sviluppo delle tecnologie per le reti geodetiche
- Lotto 2 - Sviluppo delle tecnologie per i DB Topografici
- Lotto 3 - Sviluppo delle tecnologie per Ortoimmagini e DTM
- Lotto 4 - Sviluppo delle tecnologie per la definizione di una "Infrastruttura per la Cooperazione Applicativa dei Dati Geografici"

2. Scenario preliminare settoriale del committente

in particolare uno dei quattro lotti, il primo, riguardava i seguenti quesiti di carattere geodetico che qui riportiamo nella dizione integrale del bando:

- 1) Nel contesto della precedente specifica IntesaGIS sul Raffittimento primario GPS a 7 km dei vertici geodetici IGM'95, si richiede la redazione di una proposta di sua revisione e di redazione di specifiche per ulteriore raffittimento geodetico GPS ai fini della rideterminazione di Punti Fiduciali Catastali.
- 2) Nel contesto delle attuali iniziative delle Regioni Lombardia, Friuli – Venezia Giulia, Umbria, Abruzzo, Toscana, delle Province di Bolzano e Trento in merito alle Reti regionali di Stazioni Permanenti GPS; considerata l'ipotesi nel breve-medio periodo di un graduale sviluppo di analoghe infrastrutture regionali su tutto il territorio nazionale, si richiede la redazione di una proposta tecnica per il coordinamento operativo nazionale delle varie infrastrutture a scala regionale al fine di concorrere, anche in collaborazione con strutture nazionali interessate al problema, alla definizione di un datum geodetico nazionale di ordine zero e del suo costante aggiornamento temporale; la proposta tecnica dovrà prevedere la valorizzazione delle iniziative regionali mantenendo quindi il livello delle proposte tecniche al semplice coordinamento delle attività regionali ed evitando soluzioni di concentrazione delle attività di gestione, elaborazione e pubblicazione dei dati geodetici.
- 3) Nel contesto delle attuali iniziative delle Regioni Lombardia, Friuli – Venezia Giulia, Umbria, Abruzzo, Toscana, delle Province di Bolzano e Trento in merito alle Reti regionali di Stazioni Permanenti GPS; considerata l'ipotesi nel breve-medio periodo di un graduale sviluppo di analoghe infrastrutture regionali su tutto il territorio nazionale, si richiede la redazione di una valutazione tecnica, in termini di analisi dei costi/benefici, per il riuso delle suddette infrastrutture regionali anche per l'infomobilità.
- 4) Nel contesto delle attuali iniziative delle Regioni Lombardia, Friuli – Venezia Giulia, Umbria, Abruzzo, Toscana, delle Province di Bolzano e Trento in merito alle Reti regionali di Stazioni Permanenti GPS; considerata l'ipotesi nel breve-medio periodo di un graduale sviluppo di analoghe infrastrutture regionali su tutto il territorio nazionale, si richiede la redazione di una valutazione tecnica, in termini di analisi dei costi/benefici, per il riuso delle suddette infrastrutture regionali anche per la sorveglianza in tempo reale del territorio e la prevenzione dei rischi.

Al di là del linguaggio formale del bando, nei contenuti la sintesi discorsiva è la seguente:

- molte regioni avevano già realizzato reti locali di Stazioni Permanenti GPS ed altre erano in procinto di farlo;
- le regioni condividono l'interesse alla standardizzazione del calcolo di posizione delle loro reti locali in un modo unitario a scala nazionale senza però perderne la titolarità delle infrastrutture realizzate;
- la ricerca di potenziali ulteriori ambiti applicativi inerenti il posizionamento di alta precisione finalizzato alla prevenzione dei rischi e/o alla infomobilità può ridurre il consumo di risorse per la gestione e la manutenzione delle reti da parte dei titolari delle applicazioni cartografiche e geodetiche (quest'ultimi rappresentano ora la componente geografica del Centro Interregionale e vorrebbero mantenere le prestazioni ma ridurre gli oneri sui loro centri di costo).

3. Scenario preliminare generale del fornitore

i gruppi di ricerca universitari precedentemente operanti in modo coordinato nei bandi dal 2004 al 2007 ambito PRIN-MIUR (**P**rogrammi di ricerca di **R**ilevante **I**nteresse **N**azionale del **M**inistero dell'**I**struzione, dell'**U**niversità e della **R**icerca) nel settore GNSS (**G**lobal **N**avigation **S**atellite **S**ystem) decisero di partecipare al bando mantenendo e sommando le precedenti relazioni interpersonali.

La composizione complessiva della squadra di docenti e ricercatori universitari risultate è la seguente:

- n. 1 responsabile della convenzione e dei rapporti con il CISIS: **Prof. Fabio Radicioni** – Uni_PG
- n. 3 coordinatori scientifici della ricerca: **Prof. Fabio Radicioni** – Uni_PG, **Prof. Maurizio Barbarella** Uni_BO, **Prof. Fernando Sansò** Poli_MI
- n. 4 responsabili di Sottolotto: Sottolotto 1 (Catasto) **Prof. Mattia Crespi** – Uni_RM, Sottolotto 2 (Datum e rete di ordine zero) **Prof. Ludovico Biagi** Poli_MI, Sottolotto 3 (Infomobilità) **Prof. Ambrogio Maria Manzano** Poli_TO, Sottolotto 4 (Sorveglianza del territorio) **Prof. Stefano Gandolfi** Uni_BO
- n. 4 ulteriori docenti: **Prof. Aurelio Stoppini** – Uni_PG, **Prof. Livio Pinto** – Poli_MI, **Prof. Donatella Dominici** – Uni_AQ, **Prof. Alberto Cina** – Poli_TO
- n. 6 ulteriori ricercatori: **Dott. Guido Fastellini** – Uni_PG, **Dott.ssa Vincenza Tornatore** – Poli_MI, **Dott. Stefano Caldera** Poli_MI, **Dott. Augusto Mazzoni** Uni_RM, **Dott.ssa Lucia Luzietti** Uni_RM, **Dott. Marco Roggero** – Poli_TO
- n. 7 sedi Universitarie e 8 Dipartimenti: Perugia – DICA (sede amministrativa della ricerca), Bologna – DISTART, Politecnico di Milano – DIAR, Aquila – DAU, Roma La Sapienza – DITS, Politecnico di Torino – DITAG e DINSE

4. Scenario progettuale del fornitore

il raggruppamento universitario di ricerca declina i quattro temi/quesiti del bando (v. 2.) progettando le seguenti sub attività ed articolando quelle inerenti il Sottolotto 2 come preconditione alle altre:



- Sottolotto 1 (Catasto)

- definizione di una metodologia per la rideterminazione delle coordinate 2D dei PF in ETRS89
- definizione di una metodologia di trasformazione del DB cartografico catastale in ETRS89
- definizione di una metodologia per la rideterminazione delle coordinate 3D dei PF in ETRS89
- studio fattibilità e convenienza di una rete di raffittimento
- ricerca bibliografica sulle tematiche del sottolotto

- Sottolotto 2 (Datum e rete di ordine zero)
 - analisi dei requisiti di una rete di ordine zero
 - definizione di criteri per la scelta delle stazioni permanenti da includere nella rete di ordine zero
 - definizione delle procedure di processamento giornaliero della rete di ordine zero
 - risultati ottenuti dalla elaborazione di una rete test con tre mesi di dati
 - controllo di qualità dati e produzione serie storiche
 - definizione procedure trattamento serie temporali
 - ricerca bibliografica sulle tematiche del sottolotto
- Sottolotto 3 (Infomobilità)
 - definizione delle esigenze, delle possibili applicazioni e dello stato attuale dell'arte
 - valutazione delle possibilità tecniche e delle modalità di riuso delle reti regionali per applicazio-ni; di infomobilità, in termini di analisi costi/benefici
 - ricerca bibliografica sulle tematiche del sottolotto
- Sottolotto 4 (Sorveglianza del territorio)
 - definizione delle esigenze, delle possibili applicazioni e dello stato attuale dell'arte
 - valutazione delle possibilità tecniche e delle modalità di riuso delle reti regionali per applicazio-ni; di infomobilità, in termini di analisi costi/benefici
 - ricerca bibliografica sulle tematiche del sottolotto

5. Prima variazione generale di scenario

L'art. 59 del Codice dell'Amministrazione Digitale ha previsto la **costituzione del Comitato tecnico nazionale** per il coordinamento informatico dei **dati territoriali** – Decreto Legislativo n. 159 del 4 aprile 2006.

Compiti del Comitato: definire le regole tecniche per la realizzazione delle basi 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. A tal fine propone le regole tecniche sul repertorio nazionale dei dati territoriali e per la formazione delle basi territoriali delle singole amministrazioni, nonché alla definizione delle regole tecnico-economiche per l'utilizzo dei dati in questione tra le pubbliche amministrazioni centrali e locali e da parte dei privati.

Composizione del Comitato – decreto 2 maggio 2006, n. 237

- n. 1 un presidente e relativo supplente, designati dal Ministro per l'innovazione e le tecnologie
- n. 9 membri e relativi supplenti designati dalla Conferenza unificata
- n. 8 membri e relativi supplenti designati dalle seguenti amministrazioni: Ministero dell'ambiente, Ministero delle politiche agricole e forestali, Dipartimento della protezione civile, Dipartimento degli affari regionali, Ministero dei trasporti e delle infrastrutture, Istituto Geografico Militare, CNIPA

Membri del Comitato - effettivi (*), supplenti (**)

- **MIT** presidente: Roberto Benzi (*), Angelo Masi (**)
- **Min. Ambiente:** Giancarlo Viglione (*), Alessandro Nardi (**)
- **Min. Pol. Agricole e Forestali:** Diofebi Riccardo (*), Giulio Monaldi (**)
- **Agenzia del Territorio:** Cannafoglia Carlo (*), Alberto Donis (**)
- **Dip. Protezione Civile:** Annamaria Guerrini (*), Pierluigi Soddu (**)
- **Min. Aff. Regionali e Autonom. Locali:** Andrea Giovagnoni (*)
- **Min. Trasporti:** Guido Caldari (*), Giovanni Zacchi (**)
- **Min. Infrastrutture:** Andrea Salza (*)
- **IGM:** Colella Carlo (*), Enzo Santoro (**)
- **CNIPA:** Cappadozzi Elettra (*), Gabriele Ciasullo (**)

- **Regioni:** Roberto Laffi (*), Domenico Longhi (*), Patrizia Procaccini (*), Tonino Caracciolo (*), Roberto Gavaruzzi (**), Maurizio De Gennaro (**), Luigi Garretti (**), Mario Desideri (**)
- **ANCI:** Livio Mandrile (*), Sonia Massobrio (*), Sergio Farrugia (**), Rosa Di Palma (**)
- **UPI:** Luigina Lenzi (*), Mario DI Massa (*)
- **UNCCEM:** Emilio Bosco (*); Paolo Russo (**)

Gruppi di lavoro del Comitato

- GdL 1 – **Repertorio e regole tecniche** – coord. Elettra Cappadozzi – CNIPA
- GdL 2 – **Dati topografici** – coord. Maurizio De Gennaro – Regioni
- GdL 3 – **Reti e Stazioni GPS** – coord. Roberto Gavaruzzi – Regioni
- GdL 4 – **Telerilevamento avanzato** – coord. Riccardo Diofebi – AGEA
- GdL 5 – **Infrastruttura nazionale** – coord. Carlo Colella – IGM
- GdL 6 – **Accordi di servizio SPCoop** – coord. Alberto Donis – Agenzia del Territorio
- GdL 7 – **Dati ambientali** – coord. Bruno Agricola – Min. Ambiente

6. Prima variazione settoriale di scenario e relativa integrazione operativa

I principali documenti preliminari adottati per perseguire gli obiettivi di attività del GdL 3 – Reti e Stazioni GPS sono stati realizzati nell'ambito della attività *Convenzione Lotto 1-2007*; in particolare :

- a) Per il **Censimento delle stazioni GPS esistenti**, il GdL 3 ha utilizzato il censimento relativo a 350 stazioni elaborato nelle attività Sottolotto 2 della Convenzione ottenuto analizzando i dati pubblicati su web alla fine dello scorso anno; il GdL 3 ne ha adottato il modello di contenuto informativo introducendo solo pochi ulteriori campi e sta facendo predisporre una procedura web di auto compilazione della scheda di censimento affinché poi tutti i gestori della PA delle stazioni possano fornire via web, nel formato del DB Censimento, i dati di aggiornamento.
- b) Per la **certificazione delle stazioni GPS ai fini della loro utilizzazione nella definizione della Rete Dinamica Nazionale** (v. successivo 7.), il GdL 3 ha utilizzato proposte di specifiche linee guida ottenute con un piccola variante in corso d'opera delle attività della Convenzione.
- c) Analogamente anche per la **certificazione delle stazioni GNSS a carattere regionale ai fini della loro utilizzazione in modalità RTK** in attività di aggiornamento di cartografia *tecnica e catastale*, il GdL 3 ha utilizzato proposte di ulteriori linee guida ottenute con nella suddetta piccola variante in corso d'opera delle attività della Convenzione.

7. Seconda variazione specifica di scenario e relativa integrazione operativa

Nel luglio dello scorso anno il Comandante dell'Istituto Geografico Militare, Gen. Carlo Colella, coadiuvato dal Direttore della Direzione geodetica, Ing. Renzo Maseroli, illustrarono ai rappresentanti del Centro Interregionale un **progetto preliminare** di utilizzazione di una parte delle esistenti stazioni GNSS per la realizzazione di attività inerenti la rete di ordine zero con relativa materializzazione e definizione di un nuovo e più accurato datum geodetico nazionale in sostituzione dell'attuale definito dai vertici IGM95; il progetto fu denominato calcolo periodico della **Rete Dinamica Nazionale (RDN)**.

Operativamente il **progetto preliminare** prevedeva di adottare gli **standard** e le procedure europee di settore definite in ambito **EUREF**; questa scelta implicava che, nel trattamento delle serie temporali dei dati a 30 secondi delle stazioni individuate, fossero adottati almeno **due centri di calcolo indipendenti**. L'ing. Renzo Maseroli illustrò come la Direzione geodetica IGM stava organizzandosi per divenire il primo centro di calcolo; quindi il gen. Carlo Colella **propose** ai dirigenti delle regioni di **condividere l'obiettivo RDN** in quanto utilissimo nella standardizzazione del calcolo della posizione delle antenne delle reti GPS di carattere regionale. Avutane subito

esplicita conferma di condivisione, egli propose loro di concorrere agli investimenti per realizzazione della RDN mettendo a disposizione le risorse per affidare all'esterno dell'Istituto la realizzazione del secondo centro di calcolo.

Nel febbraio di quest'anno l'IGM ha presentato ai docenti dell'area GNSS ed ai rappresentanti del Centro Interregionale il **progetto esecutivo** di realizzazione della prima elaborazione utile alla istituzione della **RDN**; in particolare l'ing. Renzo Maseroli ha illustrato il sottoinsieme rappresentato da circa 100 stazioni che costituiranno l'impianto della materializzazione della RDN, def. il trimestre di acquisizione dei dati per la realizzazione del **primo calcolo**. Il Centro Interregionale ha confermato la disponibilità alla collaborazione con l'IGM ed alla formalizzazione di una **estensione** delle attività del **Lotto 1** ai fini della realizzazione del **secondo centro di calcolo** della RDN da parte dei docenti dell'area GNSS.

8. Alcuni risultati generali della ricerca

- è possibile implementare procedure automatiche per l'inquadramento di una rete e l'analisi di qualità dei risultati;
- le stazioni dovranno adeguarsi a opportuni criteri di qualità;
- anche per scopi di bassa precisione, è importante la conformazione e lo stato di fissaggio della rete;
- occorre preferire una connessione diretta o seriale perché è altrettanto importante il mezzo di trasmissione del dato di rete;
- le reti di stazioni permanenti possono contribuire anche alla sorveglianza ed al monitoraggio del territorio; preliminare, rilevante e strategico poterne studiare e definire specifiche regole e standard.

9. Conclusioni e prospettive

Per il futuro occorrerà indagare anche su due problemi specifici: l'**integrità del dato** e la **certificazione dei servizi**, ma ci sarà un futuro ?

Forse nel breve periodo si perché la discontinuità è stata creata buttando il cuore oltre l'ostacolo e senza pesare razionalmente i vantaggi diretti sui singoli attori; si tratta però di una moda che non potrà durare a queste condizioni; si tratta di un attimo fugente: per consolidarla e renderla robusta occorrerà anche riuscire a far uscire dalla nicchia culturale il valore intrinseco economico derivabile dalla discontinuità. Come? Difficile a dirsi e disponibili ad **ascoltare il vostro contributo** in materia.

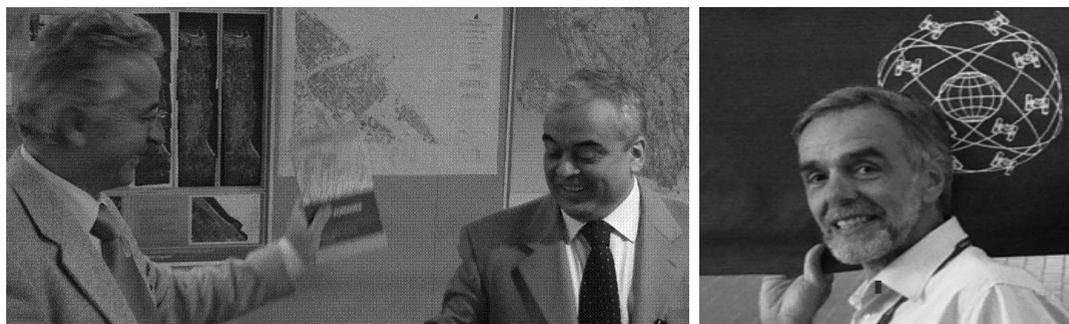


Foto dei Responsabili delle attività [da art. 2 della Convenzione del 4 ottobre 2007 tra *Centro Interregionale di coordinamento e documentazione per le informazioni territoriali* (oggi integrato nel CISIS quale componente CPSG) e DICA Università di Perugia] da sinistra: **Fabio Radicioni** (coordinatore responsabile generale della ricerca e dei rapporti con il committente), **Domenico Longhi** (coordinatore della Segreteria Tecnica del Centro Interregionale) e **Roberto Gavaruzzi** (delegato dal Comitato Tecnico Esecutivo a rappresentare tecnicamente il Centro Interregionale nell'ambito della Convenzione).

SPERIMENTAZIONE MEDIANTE LOGICA FUZZY PER LA CARATTERIZZAZIONE DI SEDIMENTI MARINI

Nicoletta GAZZEA (*), Emiliana VALENTINI (*), Maria Elena PICCIONE (*),
Andrea TARAMELLI (*) (**)

(*) ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale
(ex ICRAM Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare)
Via di Casalotti, 300 – 00166 – Roma Tel. +390661570508, Fax. +390661561906.

Indirizzo e-mail n.gazzea@icram.org

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

Riassunto

Il presente lavoro intende contribuire allo studio delle tecniche più recenti di inferenza in ambiti territoriali. La metodologia utilizzata si basa su un approccio probabilistico non parametrico che sfrutta la logica fuzzy per prevedere potenziali aree contaminate. Il modello impiegato è basato su criteri diagnostici definiti dallo spessore di substrato, dalla batimetria del fondale e dalla presenza e quindi influenza degli scarichi, civili ed industriali, localizzati nell'area di indagine. Il risultato preliminare è uno scenario di potenziali zone sulle quali focalizzare i campionamenti al fine di caratterizzare al meglio i sedimenti marini.

Abstract

In this paper, we examine an application of sediment characterization using an ontological approach in GIS, which helps to define a specific scenario grounded on the abilities from an existing spatial dataset.

A comparison between the fuzzy-based scenario and the existing spatial dataset carried out in the study area shows areas suitable and unsuitable for potentially contaminated sediments. A sensitivity analysis applied to the area illustrates a significant increase of object suitable for classification when bathymetry and distance from the contaminating sources are decreased within the lower limit while the sediments thickness is increased. So that inaccuracies in attributes influence the determination of the objects. The sensitivity of the model shows that artificial boundaries for the contaminated areas are not reasonable and consequently should be treated as vague objects.

Introduzione

Per una mirata caratterizzazione dei sedimenti marini, è necessario determinare nell'area di studio delle sottoaree omogenee sia dal punto di vista fisico-morfologico che per livello di contaminazione. A tale scopo si è utilizzata la logica fuzzy o teoria degli insiemi sfumati (Burrough, 1989), per la quale le aree di studio sono caratterizzate da completa vaghezza o incertezza. A differenza della probabilità che si dissolve quando i dati noti diventano numerosi, la natura fuzzy dei fenomeni emerge all'aumentare delle informazioni disponibili. Più dati quindi aiutano a fissare la sfumatura mediante la quale gli insiemi si sovrappongono, eliminando i confini che segnano dove una realtà oggettiva cessa di essere quella realtà. A ciascun elemento vengono attribuiti infiniti valori, compresi tra 0 e 1, che corrispondono ai gradi di appartenenza ad uno specifico insieme fuzzy (Zadeh, 1965). Tale metodologia si basa sul giudizio ed esperienza del ricercatore sia nel selezionare le variabili da utilizzare che nell'associare ad esse i pesi più corretti.

Area di Studio

L'area oggetto dello studio è il bacino portuale della Rada di Augusta, comunicante con il mare attraverso due imboccature ed originata dalla chiusura di buona parte dell'insenatura naturale per mezzo di dighe foranee (Fig. 1). Tale area, già oggetto di studi ambientali pregressi, è caratterizzata dalla presenza di numerosi insediamenti industriali e civili (ICRAM, 2008).

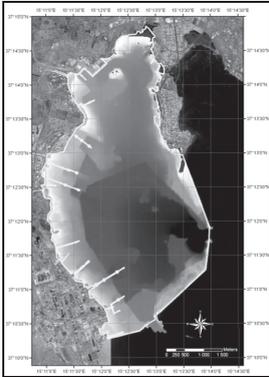
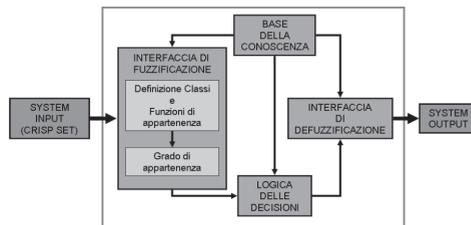


Fig. 1- La Rada di Augusta.

Metodologia di lavoro

La metodologia utilizzata, rappresentata nello schema è stata sviluppata mediante l'utilizzo, in ambiente ArcGis[®] 9.2, del *toolbox* Spatial Data Modeller (SDM), un insieme di *tools* che permettono il *geoprocessing* per la modellazione di dati spaziali (Sawatzky *et al.*, 2008).



System Input

Il database utilizzato in questo lavoro è stato realizzato da ICRAM (2008) su dati georiferiti nel datum WGS 84 – UTM fuso 33, con una risoluzione spaziale dei grid pari a 15x15 m:

- *feature* puntuale dei risultati della pregressa caratterizzazione dei sedimenti marini, utilizzata per verificare la coerenza dei risultati ottenuti;
- *feature* puntuale degli scarichi industriali e civili presenti lungo la costa, dalla quale è stato calcolato, in ambiente ArcGis, il grid (15x15 m) relativo alla distanza euclidea dagli scarichi nell'area di indagine;
- *feature* poligonale dell'area di indagine;
- *grid* della batimetria, per il quale è stata necessaria una trasformazione in valori positivi, al fine di utilizzarlo come dato di input nel tool Fuzzy Evidence di SDM;
- *grid* dello spessore del substrato.

Le variabili selezionate e utilizzate, come *system input*, nella metodologia fuzzy sono:

- il *grid* relativo alla batimetria (*bati_pos*) per considerare le discontinuità morfologiche, i fenomeni di risospensione e i trascorsi dragaggi portuali;
- il *grid* della distanza dagli scarichi industriali e civili (*extract_dist*) per considerare le diverse e possibili fonti di inquinamento;
- il *grid* del substrato (*substrato*) per considerare le eventuali rocce affioranti o aree nelle quali risulterebbe comunque difficile effettuare campionamenti.

Interfaccia di Fuzzificazione

Primo step di un modello *fuzzy logic* è la fuzzificazione del set di dati originali (*crisp set*), ossia la loro "conversione" in valori di appartenenza fuzzy (*fuzzy set*) compresi nell'intervallo [0,1], selezionando la funzione di appartenenza (*membership function*) più idonea a rappresentare il set di dati. Le funzioni di appartenenza disponibili nel *tool* SDM sono: Lineare, Large, Small, Near, Gaussiana, MS Large e MS Small (Sawatzky *et al.*, 2008 e relative citazioni).

Per ognuna delle tre variabili considerate ed in funzione del loro *crisp set*, è stata selezionata quella lineare che permette di convertire con una relazione diretta l'insieme dei dati di input in valori del

grado di appartenenza. Per ogni *crisp set* è stato utilizzato l'intero intervallo e non dei sottoinsiemi di esso, per non tralasciare alcuna informazione inerente l'area di studio.

Al grid *bati_pos* è stata applicata la *membership function* lineare con i seguenti parametri: min = 40.78 m e max = 0 m. Il grado di appartenenza maggiore è stato attribuito ai bassi fondali per considerare i fenomeni di risospensione. La funzione utilizzata per determinare il grado di appartenenza *li_bati* è il sistema (I). Al grid *extract_dist* è stata applicata la *membership function* lineare con i seguenti parametri: min = 3187.99 m e max = 0 m. Il grado di appartenenza maggiore è stato attribuito alle distanze inferiori dagli scarichi, sia industriali che civili, che potrebbero rappresentare eventuali fonti di inquinamento. La funzione utilizzata per determinare il grado di appartenenza *li_scarichi* è il sistema (II). Al grid *substrato* è stata applicata la *membership function* lineare con i seguenti parametri: min = 0 m e max = 6.34 m tali da conferire un grado di appartenenza superiore alle aree dove, la maggiore presenza di substrato, permette l'esecuzione di campionamenti tramite carotiere garantendo il prelievo di sedimento in profondità e pertanto una caratterizzazione più completa. La funzione corrispondente per determinare il grado di appartenenza *li_sub* è il sistema (III).

$$\begin{aligned}
 \text{(I)} \quad & \begin{cases} 0 & \left(\frac{\text{float}(\text{bati_pos}) - 40.78}{0 - 40.78} \right) < 0 \\ \left(\frac{\text{float}(\text{bati_pos}) - 40.78}{0 - 40.78} \right) & 0 < \left(\frac{\text{float}(\text{bati_pos}) - 40.78}{0 - 40.78} \right) < 1 \\ 1 & \left(\frac{\text{float}(\text{bati_pos}) - 40.78}{0 - 40.78} \right) > 1 \end{cases} \\
 \text{(II)} \quad & \begin{cases} 0 & \left(\frac{\text{float}(\text{extract_dist}) - 3187.99}{0 - 3187.99} \right) < 0 \\ \left(\frac{\text{float}(\text{extract_dist}) - 3187.99}{0 - 3187.99} \right) & 0 < \left(\frac{\text{float}(\text{extract_dist}) - 3187.99}{0 - 3187.99} \right) < 1 \\ 1 & \left(\frac{\text{float}(\text{extract_dist}) - 3187.99}{0 - 3187.99} \right) > 1 \end{cases} \\
 \text{(III)} \quad & \begin{cases} 0 & \left(\frac{\text{float}(\text{substrato}) - 0}{6.34 - 0} \right) < 0 \\ \left(\frac{\text{float}(\text{substrato}) - 0}{6.34 - 0} \right) & 0 < \left(\frac{\text{float}(\text{substrato}) - 0}{6.34 - 0} \right) < 1 \\ 1 & \left(\frac{\text{float}(\text{substrato}) - 0}{6.34 - 0} \right) > 1 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Sono stati determinati i gradi di appartenenza rappresentati dalla legenda, suddivisa in 20 intervalli, (Sawatzky et al., 2008), dopo aver selezionato ed applicato, ad ogni variabile considerata, le funzioni di appartenenza. La legenda, riportata in tabella, è stata tematizzata in una scala di grigi, dove il colore bianco indica la non appartenenza, mentre il nero la completa appartenenza.

In Fig. 2 sono mostrati i grafici, ottenuti mediante l'impiego di Statistica[®] 7.1, e le equazioni delle funzioni di appartenenza utilizzate. Le pendenze delle rette dipendono strettamente dai vincoli imposti (intervallo dei dati, massimo e minimo da associare ad una completa o nulla appartenenza, ect..) e nello specifico caso (A) e (B) hanno pendenza negativa, mentre (C) positiva. I valori degli intervalli riportati in tabella sono stati calcolati tramite le equazioni delle funzioni di appartenenza.

Grado di Appartenenza	Crisp Set		
	$\mu(x)$	Substrato (m)	Batimetria (m)
0	-0.05	Non Member	0.00-0.31
0.05	0.1	0.31-0.63	40.81-38.77
0.1	0.15	0.63-0.94	38.77-36.73
0.15	0.2	0.94-1.26	36.73-34.69
0.2	0.25	1.26-1.58	34.69-32.65
0.25	0.3	1.58-1.90	32.65-30.61
0.3	0.35	1.90-2.21	30.61-28.57
0.35	0.4	2.21-2.53	28.57-26.53
0.4	0.45	2.53-2.85	26.53-24.49
0.45	0.5	2.85-3.16	24.49-22.45
0.5	0.55	3.16-3.48	22.45-20.41
0.55	0.6	3.48-3.80	20.41-18.37
0.6	0.65	3.80-4.12	18.37-16.33
0.65	0.7	4.12-4.43	16.33-14.29
0.7	0.75	4.43-4.75	14.29-12.24
0.75	0.8	4.75-5.07	12.24-10.20
0.8	0.85	5.07-5.39	10.20-8.16
0.85	0.9	5.39-5.70	8.16-6.12
0.9	0.95	5.70-6.02	6.12-4.08
0.95	1	Full Member	4.08-2.04
			2.04-0.00

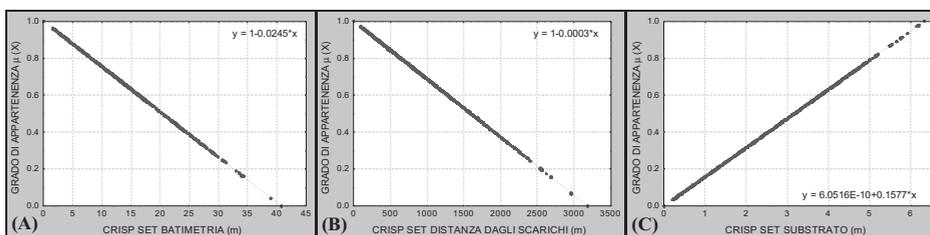


Fig. 2 – Fuzzificazione Crisp Set Batimetria (A), Distanza dagli scarichi (B) e Substrato (C). In ascissa sono visualizzati i valori del crisp set e in ordinata il grado di appartenenza corrispondente ai valori minimi e massimi imposti nella funzione di appartenenza.

Si riportano in Fig. 3 le mappe di output della fuzzificazione relative al grado di appartenenza di ciascuna variabile.

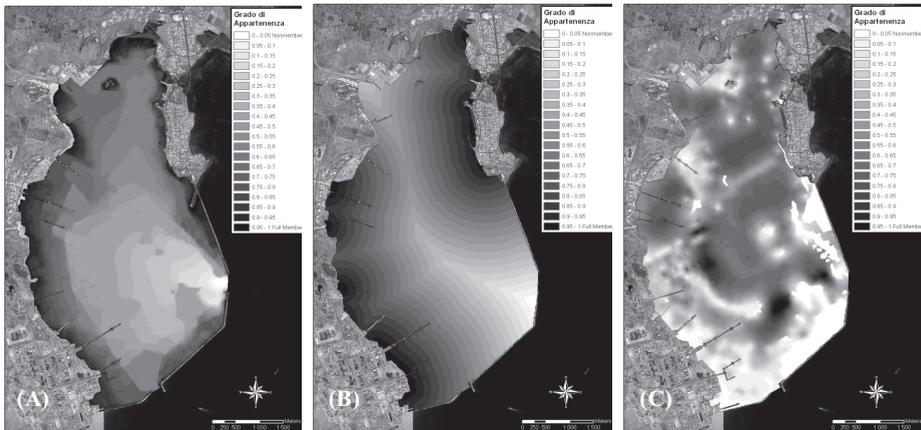


Fig. 3 – Mappa del Grado di Appartenenza della Batimetria (A), Distanza dagli scarichi (B) e Substrato (C).

Logica delle Decisioni

Lo step successivo riguarda l'applicazione delle regole di combinazione tra gli insiemi fuzzy (*fuzzy rules*) nella forma *IF x IS A THEN y IS B* per sintetizzare la conoscenza dell'esperto. In letteratura sono molteplici le formulazioni linguistiche e le applicazioni di esse (Klir e Yuan, 1995).

Dopo la fuzzificazione dei tre *crisp set*, si è applicata una regola che fornisce in output una suddivisione del sito in aree prioritarie da campionare. Da uno studio approfondito dei principali operatori fuzzy (Bonham-Carter, 1994), si è determinato che l'operatore più conforme al raggiungimento dell'obiettivo, fosse la *gamma operation*, in grado di restituire in output un risultato, al variare del parametro gamma, compreso nell'intervallo di input. L'equazione di riferimento è :

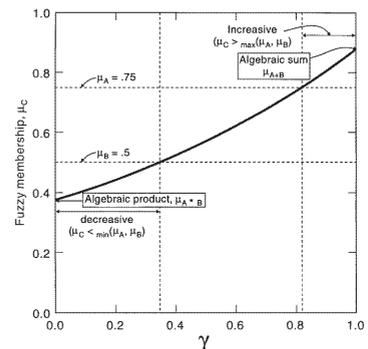
$$\mu_{combination} = (Fuzzy\ algebraic\ sum) * (Fuzzy\ algebraic\ product)^{-\gamma}$$

Dove γ è compreso tra 0 e 1 (Zimmermann e Zysno, 1980).

Per selezionare il parametro gamma si è utilizzato il grafico (Bonham-Carter, 1994) nel quale, al variare di gamma, è indicato l'andamento del grado di appartenenza μ_C in funzione della combinazione di due gradi di appartenenza μ_A e μ_B forniti in input. Per $\gamma=1$ si ottiene lo stesso μ_C della *Fuzzy Algebraic Sum*, per $\gamma=0$ quello della *Fuzzy Algebraic Product*, per valori di γ compresi tra 0.8 e 1 si ottengono μ_C superiori a quelli di ingresso, per γ compresi tra 0 e 0.35 inferiori mentre per γ compresi tra 0.35 e 0.8 valori inclusi nell'intervallo in input.

E' stata implementata la *gamma operation* per valori di γ compresi nell'intervallo tra 0.35 e 0.8. Il valore di gamma, più idoneo a rappresentare l'obiettivo prefissato, è risultato $\gamma=0.75$

(Fig. 4). La mappa ottenuta è rappresentata da sole 18 classi e non 20; questo deriva dal fatto di combinare i gradi di appartenenza delle tre variabili e soprattutto di utilizzare la *gamma operation* che è funzione dell'*algebraic product*, che restituisce valori molto più bassi di quelli forniti in ingresso.



Interfaccia di Defuzzificazione e output finale

L'output del processo può essere utilizzato sia nella forma di grado di appartenenza, per restituire un'informazione qualitativa o può essere defuzzificato e quindi riportato, mediante una scala di conversione, a numero reale.

In tabella è riportato l'output finale, dove ad ogni classe di appartenenza sono associati gli intervalli dei valori reali delle tre variabili considerate.

Classe	Grado di Appartenenza $\mu(x)$	SUBSTRATO min	SUBSTRATO medio	SUBSTRATO max	BATIMETRIA min	BATIMETRIA medio	BATIMETRIA max	DISTANZA SCARICHI min	DISTANZA SCARICHI medio	DISTANZA SCARICHI max
1	0-0.005 Nonmember	0.00	1.25	2.50	0.88	20.83	40.78	90.05	1642.02	3187.89
2	0.05-0.1	0.10	1.26	2.45	24.17	32.45	40.73	2623.46	2865.60	3086.14
3	0.1-0.15	0.01	1.63	3.24	2.96	21.51	40.06	1448.10	2207.62	3167.13
4	0.15-0.2	0.01	1.96	3.94	2.10	20.77	39.45	906.60	2037.95	3169.30
5	0.2-0.25	0.02	2.31	4.60	3.32	21.00	38.67	764.85	1944.62	3103.79
6	0.25-0.3	0.06	2.66	5.06	2.61	20.39	37.97	667.44	1861.45	3065.47
7	0.3-0.35	0.09	2.81	5.53	2.51	19.67	36.84	141.51	1989.64	3036.16
8	0.35-0.4	0.12	3.16	6.17	2.46	18.19	36.91	75.00	1526.67	2978.93
9	0.4-0.45	0.20	3.22	6.23	1.32	16.33	36.35	15.00	1284.22	2563.44
10	0.45-0.5	0.28	2.93	5.68	1.29	15.22	28.15	15.00	1189.43	2291.85
11	0.5-0.55	0.44	3.33	6.21	1.57	15.32	29.05	30.00	1134.31	2236.82
12	0.55-0.6	0.65	3.49	6.33	1.32	15.03	26.75	33.54	1137.77	2241.99
13	0.6-0.65	0.94	3.59	6.23	1.01	14.30	27.60	45.00	1149.25	2253.90
14	0.65-0.7	1.36	3.70	6.14	0.92	12.09	23.35	33.54	1117.61	2201.69
15	0.7-0.75	1.67	3.94	6.20	0.95	11.94	22.83	0.00	981.93	1963.85
16	0.75-0.8	2.38	3.62	4.96	1.00	9.70	18.40	47.43	534.67	1022.31
17	0.8-0.85	2.97	4.03	5.08	1.02	7.21	13.39	45.00	477.29	908.57
18	0.85-0.9	3.63	4.26	4.88	0.69	4.05	7.42	45.00	366.68	686.37
19	0.9-0.95	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
20	0.95-1 Full Member	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.

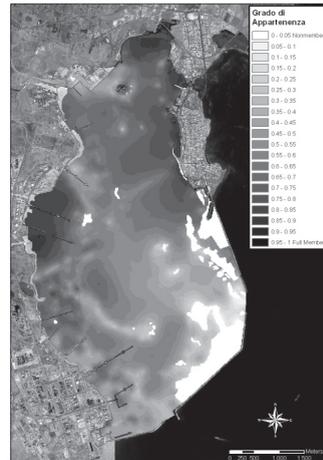


Fig. 4 – Mappa del grado di appartenenza determinato dalla combinazione delle tre variabili di input.

In Fig. 5, sono visualizzati i grafici dei risultati ottenuti, nei quali la classificazione dei gradi di appartenenza, derivati dalla combinazione delle tre variabili fuzzificate, è associata agli intervalli dei valori reali di Batimetria, Distanza dagli scarichi e Substrato. Il grafico di ciascuna variabile mostra il medesimo trend osservato nei grafici di Fig. 2, rappresentativi delle funzioni di appartenenza utilizzate nella fuzzificazione del *crisp set*.

La principale singolarità è relativa alla classe 0-0.005. Si è verificato che l'intervallo così ampio deriva esclusivamente dall'utilizzo della *gamma operation* e dai vincoli imposti (sistema I, II e III) durante la fuzzificazione delle variabili considerate. Infatti per uno spessore di substrato nullo, il prodotto restituisce, per qualsiasi valore di batimetria o distanza dagli scarichi, la classe di appartenenza 0-0.005 nella quale ricadono anche batimetrie profonde o elevate distanze dagli scarichi.

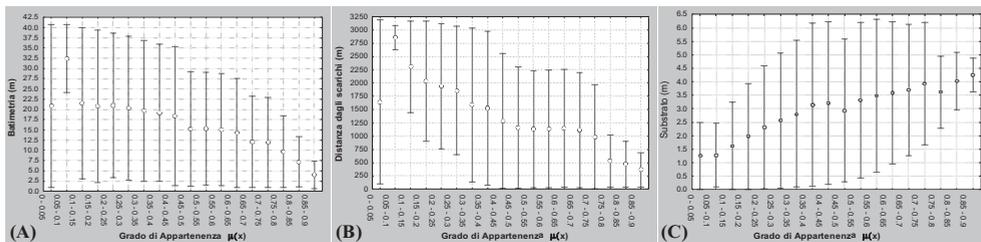


Fig. 5 – Grafici relativi agli intervalli di valori reali corrispondenti alle classi dei gradi di appartenenza per le tre variabili: Batimetria (A), Distanza dagli scarichi(B) e Substrato (C).

Visualizzando i grafici è possibile associare ad ogni classe del grado di appartenenza i diversi intervalli dei *crisp set*. Ad esempio, alla classe con grado di appartenenza 0.85-0.9 è associata batimetria di basso fondale, scarsa distanza dagli scarichi industriali e civili e spessore di substrato profondo. Alla classe 0.45-0.5 è associata batimetria di medio fondale, media distanza dagli scarichi industriali e civili e spessore di substrato medio. La classe 0-0.005, secondo quanto discusso precedentemente, è da considerare singolare per quanto riguarda batimetria e distanza dagli scarichi, poiché è influenzata maggiormente dal valore nullo dello spessore del substrato.

Risultati e Conclusioni

Il risultato preliminare ottenuto, mostra una rappresentazione spaziale discreta delle variabili considerate, che individua sottoinsiemi di aree, all'interno dei quali esiste un'omogeneità morfologica e sedimentologica, utile a guidare la distribuzione delle stazioni di campionamento.

A titolo di confronto, si riporta la mappa dell'output finale alla quale sono state sovrapposte le concentrazioni del Mercurio, campionate in una pregressa campagna di caratterizzazione e tematizzate secondo un grado di contaminazione individuato applicando la legislazione vigente (Fig. 6). Si evidenzia che l'area etichettata con la lettera A non mostra coerenza con i risultati della pregressa caratterizzazione in quanto, pur essendo un'area omogenea dal punto di vista morfologico e sedimentologico, è caratterizzata dalla presenza di attività industriali non connesse a possibili sversamenti di Mercurio. Una debole coerenza si osserva per l'area B, nella quale insistono diversi scarichi civili, ai quali, in questo studio, è stato associato lo stesso peso di quelli industriali. L'area che ha mostrato la maggiore coerenza con i risultati ottenuti è la C, nella quale le tre variabili selezionate risultano sufficienti a descrivere la potenziale contaminazione.

I risultati della pregressa caratterizzazione evidenziano una contaminazione non riconducibile ad aree discrete, a sottolineare la necessità di applicare metodologie che permettano di rendere la logica di indagine più aderente alle sfumature della variabilità reale.

E' emerso che per ottenere una risposta coerente con il reale scenario di riferimento è necessario valutare attentamente il numero e la tipologia delle variabili da includere nel modello. Ad esempio l'aver associato uguale peso sia agli scarichi industriali che civili ha reso omogenee aree esposte a contaminazioni differenti. Inoltre è opportuno introdurre variabili che influenzano la risospensione, dispersione e diffusione dei contaminanti, come ad esempio il contributo delle correnti generate dal vento e dalla marea.

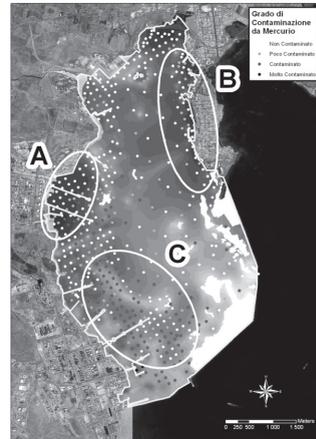


Fig. 6 – Mappa del grado di appartenenza relativo alla combinazione delle tre variabili di input con sovrapposto il grado di contaminazione da Mercurio.

Bibliografia

- Bonham-Carter, G. F., (1994), Geographic information systems for geoscientists, modelling with GIS. Ontario, Pergamon, 398p.
- Burrough, P. A., (1989), Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. Journal of Soil Science, 40: 477-492
- KLIR, G. J. and YUAN, B., (1995), Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ
- Sawatzky, D.L., Raines, G.L., Bonham-Carter, G.F., and Looney, C.G., (2008), Spatial Data Modeller (SDM): ArcMAP 9.2 geoprocessing tools for spatial data modelling using weights of evidence, logistic regression, fuzzy logic and neural networks. <http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=15341> data ultimo accesso 01/09/2008
- Zadeh, L.A., (1965), Fuzzy sets. Inst. Electr. Elettron. Eng., Information and Control. v.8, p. 338-353
- Zimmermann, H.J. and Zysno, P., (1980), Latent connectives in human decision making: Fuzzy Sets and System, v.4, p.37-51
- ICRAM (2008), BoI-Pr-SI-PR-Rada di Augusta-03.22

IL GIS COME STRUMENTO PER LA GESTIONE DELLE TRASFORMAZIONI NEI CENTRI STORICI: UN ESEMPIO METODOLOGICO PER IL QUARTIERE CASTELLO DI BERAT

Mariacristina GIAMBRUNO (*), Rossana GABAGLIO (*), Raffaella SIMONELLI (*)

(*) Politecnico di Milano, via Durando, 10 – 20158 Milano, tel: 02 23995645, fax: 02 23995638-5639,
e-mail: mariacristina.giambruno@polimi.it, rossana.gabaglio@polimi.it, raffaella.simonelli@polimi.it

Il contributo di seguito presentato illustra -a partire da una riflessione teorica sulla tutela e conservazione dei centri storici e sull'utilità degli strumenti informatici per la loro gestione- l'esperienza condotta in un *workshop* (Settembre-Ottobre 2006) che ha visto la collaborazione della Facoltà di Architettura Civile del Politecnico di Milano e dell'Istituto dei Monumenti di Berat (Albania). Scopo finale era la realizzazione di un GIS che servisse da supporto all'Istituto nella tutela del patrimonio architettonico diffuso della città di Berat, anche in vista del suo ingresso nella Lista del Patrimonio Mondiale (iscrizione avvenuta nel luglio 2008).

Il Sistema informativo è strutturato attraverso schede di rilievo, appositamente predisposte, che descrivono sinteticamente le caratteristiche dell'edificio e degli spazi aperti del nucleo storico, gli elementi morfologici e materici e lo stato di conservazione. A partire dal *database* realizzato grazie ai dati raccolti in fase di schedatura, possono essere prodotte cartografie che illustrano uno o più tematismi. Tale strumento, realizzato al momento per il quartiere Castello, può consentire all'Ente preposto alla tutela dei nuclei storici di Berat una programmazione delle priorità di intervento ed un agevole controllo delle trasformazioni in atto, al fine di garantire la trasmissione al futuro dell'articolata stratificazione storica, morfologica e materica dei centri storici di questa città.

The work is about a workshop realised in Berat (September-October 2006) in cooperation between Politecnico di Milano - Faculty of Architecture and the Institute of Cultural Monuments of Berat.

The workshop made a GIS to report, knowledge and management the architectural heritage of Berat, also for its possible inscription, with Gjirokastra, on the bipolar site on the World Heritage List of Unesco (inscription on July 2008).

The GIS wants to guarantee the safeguard of the cultural, historical, architectural and tangible heritage within the historical center of Berat, for a sustainable development.

It is structured through relief cards specially defined, which briefly describe the characteristics of buildings and open spaces of the historical center: morphological elements, materials and their conservation. Starting from the database achieved we can produce some maps, showing one or more specific themes. So the Institute of Cultural Monuments of Berat manages the protection and rules the future planning and transformations of historical buildings.

La tutela dei centri storici e l'utilità degli strumenti informatici per la gestione delle trasformazioni
La questione della conservazione e dello sviluppo della città esistente -e dunque le relazioni tra il mutare dei modi di vita e le "permanenze", la loro conservazione come eredità per il futuro ed in generale i criteri di intervento per il costruito diffuso- è da anni dibattuta ma ancora estremamente attuale, visto il panorama delle trasformazioni in corso in molte città italiane e non solo.

Si tratta di un percorso tortuoso e spesso contraddittorio che ha dato origine ad un articolato dibattito teorico, cui ha fatto seguito la formulazione di strumenti di piano e progetti, documentati in studi e pubblicazioni già a partire dagli anni Cinquanta.

Ciò che vale la pena di ribadire qui è come, in linea con quanto è accaduto in tutti gli ambiti di studio della disciplina del “restauro”, l’interesse si è, lentamente ma con decisione, spostato dai singoli episodi “eccezionali” alle più minute testimonianze della storia dell’uomo.

La stessa definizione di “centro storico” è mutata nel tempo, ampliandosi via via per estensione e datazione, fino ad includere, all’interno del suo ambito di tutela, non solo “i monumenti” e la forma urbana, ma il denso stratificarsi del costruito diffuso, la cosiddetta “edilizia minore” fatta dall’alternarsi di edifici poveri nei partiti architettonici ma ricchi di testimonianza per la microstoria urbana ed umana. È, in ultima analisi, la presenza di questi edifici che rende unici ed irriproducibili i nostri centri storici, al di là del singolo “monumento” -chiesa, cattedrale, villa patrizia o castello- attorno al quale spesso sono sorti.

La conservazione della città esistente passa, dunque, attraverso la conservazione di questi edifici e della conformazione degli spazi aperti, non come mero simulacro tipologico, ma nei loro materiali, nelle loro componenti costruttive, nei loro caratteri diacronici, così come gli uomini e la storia li hanno consegnati al presente.

Oggi il problema non è più, forse, quello di tutelare i “centri storici”, di cui è riconosciuta, ad ogni livello, l’importanza, ma di conservare la materia ed i caratteri dei loro edifici.

Queste architetture sono raramente, e non potrebbe essere altrimenti, vincolate dagli strumenti legislativi, e vengono sottoposte con disinvoltura ad interventi di sostituzione di parti considerate riproducibili o ad aggiunte e trasformazioni, all’insegna della “modernità” e della globalizzazione, incuranti dei caratteri architettonici dell’esistente.

Elementi componenti l’architettura quali intonaci di facciata e coloriture, partiti e decorazioni dei fronti, coperture, pavimentazioni degli spazi liberi, elementi di arredo, ecc., vengono troppo frequentemente sostituiti con altri “fintamente” autentici, oppure distrutti nel tentativo di modificare l’edilizia storica ed omologarla alle realizzazioni più recenti. Se poi si è di fronte a nuovi inserimenti di elementi o di parti funzionali agli usi degli edifici, troppo spesso si assiste alla realizzazione di interventi che non tengono conto delle caratteristiche e della consistenza storica della fabbrica e sono, oltretutto, di scarsa qualità architettonica.

Per conservare l’edilizia storica diffusa non è però sufficiente imporre vincoli, di piano o di legge, o proporre un “abaco” degli elementi di rilievo di un edificio o di una città per riprodurli nelle forme originarie e ricostituire in questo modo una supposta identità dei luoghi. Arrestare le trasformazioni o azionare la macchina del tempo sono entrambe azioni impossibili. È invece fondamentale sensibilizzare fruitori e progettisti verso le caratteristiche materiche e morfologiche di tali fabbriche, per governare le trasformazioni di quelle parti dell’architettura che vengono troppo spesso distrutte perché non riconosciute come caratterizzanti l’ambiente costruito e facenti parte della cultura materiale di un ben definito luogo e momento storico. I caratteri morfologici e materici dell’edilizia storica sono, in sintesi, elementi “deboli”, per i quali è indispensabile predisporre una metodologia di studio che, a partire da un corretto approccio analitico-conoscitivo, conduca alla loro conservazione.

Delineati i presupposti teorici e le azioni che implicano, appare evidente come si sia di fronte alla necessità di conoscere e tutelare un numero di oggetti -edifici, elementi, materiali, ecc.- senza dubbio vastissimo, che richiede l’applicazione di strumenti che possano raccogliere ed interfacciare, rendendone immediatamente disponibili i dati, tutte le informazioni necessarie per preservarne la permanenza e gestirne le trasformazioni, in modo tale da massimizzare la conservazione della “materia storica” senza penalizzare le necessità di chi li vive quotidianamente. Solo un’accurata ed approfondita conoscenza è in grado di guidare i soggetti coinvolti verso un approccio consapevole di quelle che sono le caratteristiche peculiari di ciascun sito e diviene dunque presupposto per la tutela dell’esistente, il governo e la gestione delle trasformazioni.

Come è ormai noto da tempo, i sistemi informativi territoriali (GIS) vengono incontro a tali necessità, offrendo la possibilità di associare un vasto numero di informazioni ad un oggetto preciso e georeferenziato nel territorio, collegandole tra loro e rendendole immediatamente disponibili ed aggiornabili. Attraverso tali strumenti è dunque possibile interfacciare e collegare tra loro dati

diversificati che, letti in sovrapposizione, possono fornire ulteriori informazioni e rivelarsi elementi utili per una maggior comprensione della realtà in oggetto e divenire base di partenza per la tutela. Ma come ogni strumento, neutrale per definizione, anche i GIS devono essere correttamente progettati per poter assolvere agli obiettivi che poco sopra si sono delineati.

L'esperienza di Berat

La città di Berat, già presentata come città-museo nella Seconda Mostra Internazionale del Restauro Monumentale tenutasi a Venezia nel 1964, è costituita, oltre che dall'espansione residenziale recente e recentissima, da tre "centri storici" ancora oggi conservati: Mangalem e Gorica, che si fronteggiano sulle rive opposte del fiume Osum, e Kala (quartiere Castello) chiuso tra le mura che dominano la vallata.

Conservati sino ad oggi nei caratteri morfologici e materici, gli edifici che compongono i tre quartieri storici sono attualmente, mutate le condizioni economiche e sociali della popolazione residente, oggetto di trasformazioni, piccole, minute e quasi quotidiane, da parte degli abitanti che cercano un nuovo *comfort* vicino ai modelli imposti dalla globalizzata contemporaneità. Ed a farne le spese sono, almeno per quanto riguarda i fronti degli edifici, gli intonaci, gli elementi architettonici e di decoro, i serramenti ed i manti di copertura, nonostante Berat sia oggetto di una attenta politica di salvaguardia da parte del locale Istituto dei Monumenti.

Sulla base di queste premesse si è sviluppata la collaborazione tra il Politecnico di Milano e l'Istituto dei Monumenti di Berat, resa operativa dapprima con uno *stage* nell'ambito di una Tesi di Dottorato di ricerca ed, in ultimo, grazie ad un *workshop* che ha visto protagonisti alcuni allievi e *tutors* della Facoltà di Architettura Civile del Politecnico di Milano (1).

Scopo dell'attività era la messa a punto di strumenti di rilievo che riuscissero a censire i caratteri e le specificità degli edifici esistenti e degli spazi aperti, lo stato di conservazione e la consistenza, al fine di sensibilizzare la popolazione residente alla necessità di una loro permanenza nel tempo e fornire, contestualmente, al locale Ente preposto alla tutela, uno strumento per controllare i progetti in atto, nonché la loro rispondenza all'obiettivo della conservazione dei caratteri morfologici e materici storici.

Si tratta di un primo tentativo di predisposizione di uno strumento di gestione delle trasformazioni del centro storico, in attesa dell'approvazione della candidatura di Berat come Patrimonio dell'Umanità, insieme alla città-museo di Gjirokastra iscritta nella Lista dal 2005, ed in previsione della necessità di un Piano di gestione così come richiesto per i siti di nuova iscrizione (2).

Punto di partenza del lavoro è stato la predisposizione di apposite schede di censimento, condivise tra la parte italiana e quella albanese mediante una serie di seminari di studio finalizzati all'individuazione di un lessico comune per la definizione degli elementi da inventariare e del loro stato di conservazione.

La catalogazione è stata concepita per essere svolta con gradi di approfondimento successivi: un primo livello, di rapida esecuzione, che censisse l'intero edificato storico in tempi brevi, ed un secondo, più dettagliato, che analizzasse, per quanto riguarda gli edifici, anche le condizioni abitative degli interni, da eseguirsi in quelle situazioni di maggior degrado evidenziate dalle prime indagini.

La scheda di primo livello, messa a punto dopo notevoli processi di revisione, in un continuo dialogo con le reali caratteristiche del luogo, è stata elaborata sia per gli edifici sia per gli spazi aperti pubblici.

Per quanto riguarda gli edifici, la scheda raccoglie i dati relativi alla localizzazione, alla presenza di spazi di pertinenza (cortili, orti, giardini), al regime di proprietà (privata unica e frazionata, pubblica, ecc.), alla destinazione d'uso, agli elementi caratterizzanti, ai materiali di prospetti e coperture, allo stato di manutenzione e conservazione degli edifici. Gli elementi caratterizzanti rilevati, per i quali è stato redatto un glossario bilingue in italiano ed albanese, sono quelli che caratterizzano l'architettura storica diffusa della città di Berat e dell'Albania in generale: *erker*, un corpo in aggetto con struttura e tamponamento ligneo rivestito in intonaco; *çardak*, una veranda-ballatoio in aggetto;

testek, elementi lignei, variamente lavorati ed intagliati che reggono la copertura e *kamerie*, sistema di mensole in pietra. Tali elementi, “deboli” perché non più necessari a quelli che sono gli attuali *standards* di vita, rischiano di scomparire ad ogni intervento di “ristrutturazione”; da qui la necessità di una loro puntuale individuazione per garantirne la conservazione.

La schedatura dei dati relativi ai materiali componenti gli esterni degli edifici ha riguardato i prospetti, ed in particolare la natura della muratura e degli intonaci, evidenziando poi l'eventuale presenza di “cinture” lignee, comuni negli edifici di Berat, forse come presidio antisismico o sistema di regolarizzazione dei corsi di muratura mista.

Per le coperture si è poi scelto di segnalare la morfologia ed il numero di falde, nonché i materiali da cui sono costituite.

In ultimo, ma non meno importante per programmare gli interventi con correttezza in rapporto al livello di urgenza, sono stati raccolti i dati relativi allo stato di manutenzione dell'edificio (assenza di manutenzione, manutenzione costante, manutenzione discontinua, interventi recenti, con indicazione delle opere eseguite) e di conservazione attuale. Questa ultima informazione non si limita a rilevare lo stato di conservazione con giudizi sintetici e non oggettivabili e, dunque, di scarso interesse, ma tenta di fornire un primo, sia pur sommario, rilievo delle principali patologie di degrado presenti. Per quanto concerne gli spazi aperti, oltre ad informazioni del tutto simili a quelle raccolte per gli edifici (destinazione d'uso, proprietà, stato di conservazione), è stato previsto l'inserimento di dati relativi alla presenza di elementi vegetali o di arredo urbano, la presenza di reti per lo smaltimento delle acque meteoriche e di impianti di illuminazione.

L'insieme di queste informazioni, evidentemente di grande utilità per chi deve tutelare la città-museo di Berat, controllarne le trasformazioni ed arginare gli eventuali abusi in tal senso, è confluito nel *database* del GIS appositamente impostato.

Per ogni edificio risultano dunque immediatamente fruibili le informazioni raccolte dalle schede ed il *database* può essere interrogato per singole problematiche (ad esempio il regime di proprietà, lo stato di conservazione, ecc.) o per tematismi specifici (gli edifici oggetto di recente manutenzione, gli edifici che posseggono elementi architettonici e di decoro, gli spazi aperti pavimentati in materiale lapideo, ecc.), a loro volta collegati tra loro (ad esempio, quali sono gli edifici che presentano elementi di decoro ed al contempo gravi patologie di degrado che ne compromettono la conservazione).

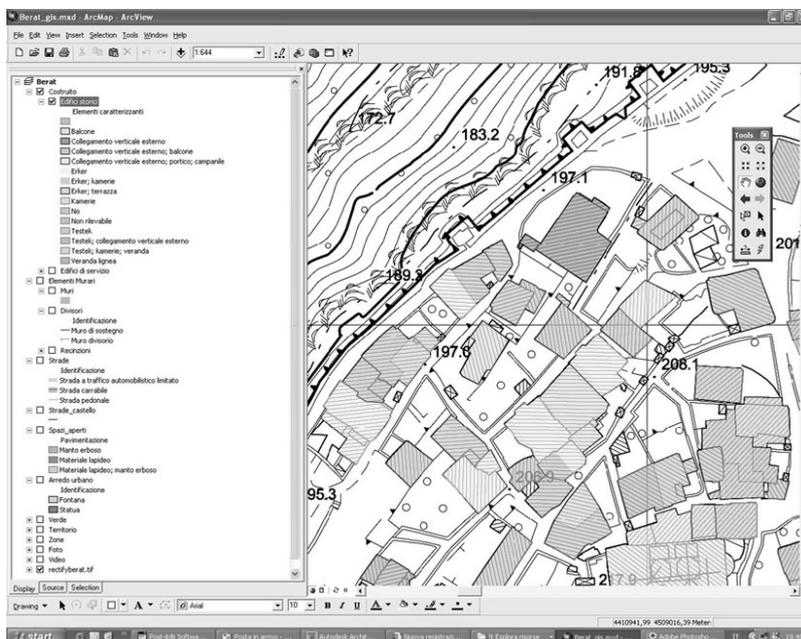
Le potenzialità dello strumento messo a punto consentono poi di tradurre in maniera automatica i dati raccolti nel *database* in mappe tematiche utili per leggere e confrontare lo stato dell'intero nucleo urbano, in un'ottica di gestione delle trasformazioni e programmazione degli interventi futuri. L'Istituto dei Monumenti di Berat ha fatto proprio tale strumento, prevedendo la formazione di tecnici che stanno aggiornando ed implementando le informazioni contenute. Ci si auspica la possibilità di proseguire nel lavoro attraverso la predisposizione di un *web-gis* in grado di garantire una maggiore e più snella diffusione dei dati, un interscambio ed un aggiornamento più “semplice” ed immediato, presupposti per una corretta gestione del sito in questione.

1. Pur non siglata con un accordo quadro, la collaborazione con l'Istituto dei Monumenti di Berat ha preso avvio nel 2005, anno in cui il prof. Maurizio Boriani viene coinvolto da ARCI in un progetto per il restauro e la valorizzazione di alcune chiese nel quartiere Kala. La collaborazione è poi proseguita con lo *stage* di Maria Cristina Palo, nell'ambito della sua tesi di dottorato avente come argomento i Piani di gestione dei siti UNESCO (Dottorato in “Architettura, Urbanistica, Conservazione dei luoghi dell'abitare e del paesaggio”, Politecnico di Milano, relatore Maurizio Boriani), dove è stato dato avvio alla creazione del GIS. Il *workshop*, tenutosi nel settembre-ottobre 2006, ha visto come protagonisti, oltre a chi scrive, a Maurizio Boriani e a Maria Cristina Palo, alcuni studenti della Facoltà di Architettura Civile dei Corsi di Laurea Triennale e di Laurea Specialistica in Architettura delle Costruzioni e Architettura del Politecnico di Milano (Lisa Capretti, Karen Masciandri, Rita Marinoni, Luca Serra) per la parte italiana, alcuni studenti universitari albanesi, Ajet Nallbani, allora Direttore, Marcela Plyku ed altri esperti dell'Istituto dei Monumenti di Berat.

2. In occasione della 32^{ma} Sessione del *World Heritage Committee* dell'Unesco (Quebec City, 2-10 luglio 2008) è stata accolta la candidatura del centro storico di Berat che è quindi stato inserito, come estensione alla città-museo di Gjirokastra, nella Lista del Patrimonio Mondiale dell'Umanità.

SCHEDA DI RILIEVO EDIFICI CENTRO STORICO DELLA CITTÀ DI BERAT		RILIEVO PROSPETTI/ FACCIE (MATERIALE)	
Data rilievo	03/02/03	Manifattura in pietra	
CODICE IDENTIFICATIVO EDIFICIO	K 087	Manifattura mista (pietra e mattoni) - Ciosuoli	
Località	Quartiere Castello	Manifattura in pietra con inserti portali in mattoni	
Numero piani fuori terra	2	Manifattura in legno - Calme	
SOPRAELEVAZIONI		Manifattura lignea	
Presenza di sopraelevazione parziale		Intonaco sintetico	
Presenza di sopraelevazione totale		Intonaco di calce	
SPAZI DI PERTINENZA		Altro	
Cortile	SI NO N/A	COPERTURE	
Circo/Giardino	SI NO N/A	Falda singola	
Terzo incrociato	SI NO N/A	Falda doppia	
Altro	SI NO N/A	Più falde	
PROPRIETÀ		Piatta	
Privata unica		A copiale	
Privata frazionata		Altro	
Pubblica		COPERTURE (MATERIALE)	
Altro		Materiale lapideo	
DESTINAZIONE D'USO		Tegole	
Residenza		Altro	
Commercio		STATO DI MANUTENZIONE	
Culto Cristiano		Assenza di manutenzione	
Culto Musulmano		Manutenzione discontinua	
Artigianato		Manutenzione esistente	
Attrezzatura pubblica		Interventi recenti	
Deposito, magazzino, garage		Lavori in corso	
Scuola		Altro	
Edificio inutilizzato		STATO DI CONSERVAZIONE	
Altro		Senza patologie di grave entità	
ELEMENTI CARATTERIZZANTI		Grave stato di degrado: presenza di patologici superficiali (umidità/alterazioni) dalle falde, costruzione biologica	
Erker		Medio stato di degrado: mancanze, distacchi, fessurazioni, erosione dei giunti di malta, rotture e mancanze localizzate dei serramenti e/o degli elementi di copertura, vegetazione infestante	
Camini		Grave stato di degrado: lesioni, cedimenti strutturali, crepe parziali, rotture/assenza dei serramenti, aggrato ridotto	
Testate		Crollo	
Kamione		Altro	
Altro	Terrazza	ALLEGATI	
Non rilevabile		Documentazione fotografica	01.02.03.04.05.06.07.08.09.10
		Documentazione grafica	

Figure 1, 2 – Sopra: Il tracciato della scheda di primo livello utilizzata per il censimento degli edifici del quartiere Castello, esempio di compilazione; sotto: Il GIS per il quartiere Castello, la mappa raffigurante gli elementi caratterizzanti l'edilizia storica (erker, çardak, testek e kamerie)



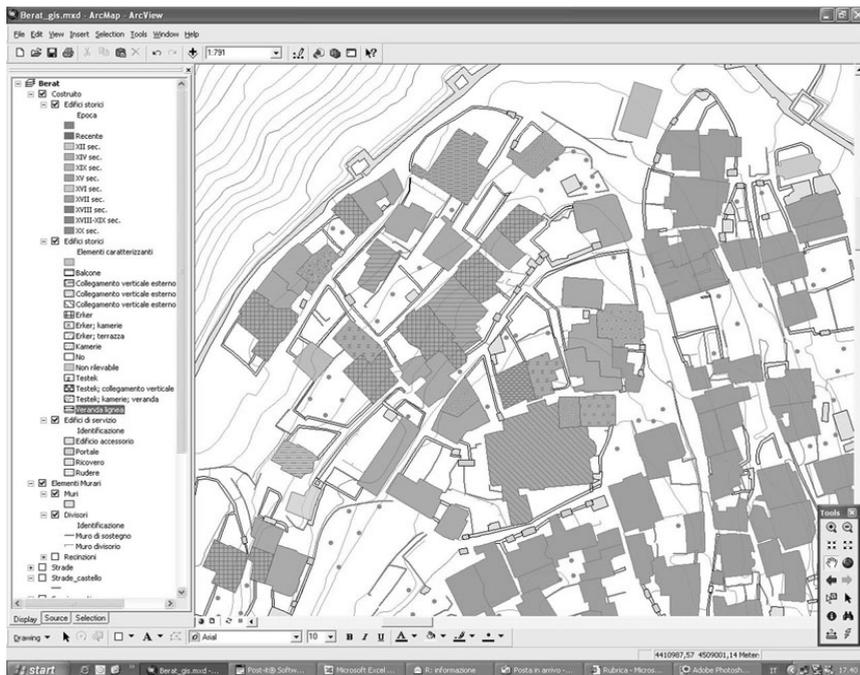


Figura 3 - Il GIS per il quartiere Castello: la mappa rappresentante l'epoca di costruzione degli edifici.

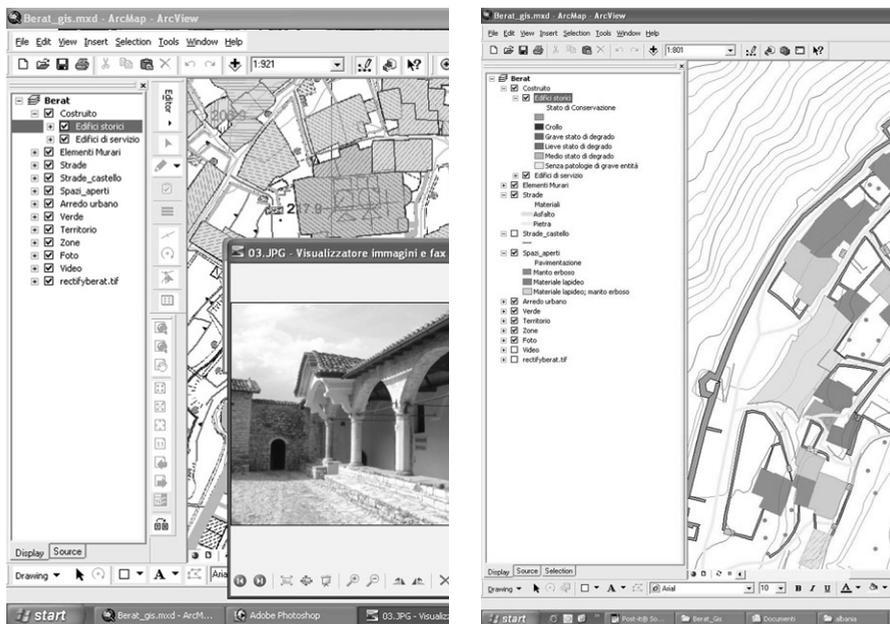


Figure 4, 5 - Il GIS per il quartiere Castello: a sinistra, un esempio della documentazione inserita e collegata agli edifici censiti; a destra, mappatura dello stato di conservazione.

BOMBER: UNA PROCEDURA IDL PER LA STIMA AUTOMATICA DI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ACQUA DA DATI OTTICI TELERILEVATI

C. GIARDINO (*), M. BRESCIANI (**), G. CANDIANI (***), S. GAGLIANO (****)

(*) 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

(***) UniBS-DEA, via Branze, 38 Brescia, tel. 030-3715510, e-mail: gabriele.candiani@ing.unibs.it

(****) ITT-Visual Information Solutions, viale Colleoni 1, Agrate Brianza (Mi), tel. 039-6058605,
fax 039-6058606, e-mail: sgagliano@ittvis.com

Sommario

In questo studio viene presentato un *tool* basato sulla modellistica bio-ottica per estrarre le proprietà di qualità dell'acqua da dati telerilevati, multi o iper-spetttrali, corretti dall'effetto atmosferico. Il programma, denominato BOMBER (Bio-Optical Model for the evaluation of Bottom Effect on water Reflectance), permette di derivare simultaneamente mappe descrittive dei parametri otticamente attivi dell'acqua, relativi sia allo strato eufotico (concentrazioni di clorofilla-a, solidi sospesi e sostanze gialle) sia al fondale. Nel caso di acque poco profonde, il modello fornisce infatti la batimetria e l'albedo di fino a tre differenti tipologie di substrato, definite dall'utente in funzione delle caratteristiche dell'area di studio. Abilitando diverse finestre d'interfaccia grafica, i menu del programma permettono in modo *user-friendly* di definire la tipologia del caso di studio (acque basse o profonde), la parametrizzazione del modello bio-ottico e i *file* immagine in ingresso e in uscita. Per velocizzare i tempi di calcolo, si può fornire in input un file binario per mascherare i pixel non interessati dal processo di stima. BOMBER, che è integralmente codificato in linguaggio IDL e si può eseguire dal menu principale di ENVI, viene distribuito gratuitamente su richiesta degli interessati.

Abstract

BOMBER (Bio-Optical Model for the evaluation of Bottom Effect on water Reflectance) is an add-on tool for the ENVI software. Through an optimization technique, BOMBER retrieves properties of water column and bottom from remotely sensed imagery. In this process, the input image must be atmospherically corrected to remote sensing reflectance values. Non-water pixels can be masked to improve the inversion performance. The optimization technique allows retrieving simultaneously maps of chlorophyll concentration, suspended particulate matter concentration, coloured dissolved organic matter absorption and, in case of shallow waters, bottom depth and distributions of up to three different substrate albedo defined by the user. For both deep and shallow water models, a map of the relative error involved in the inversion procedure is given as well. Fully programmed in IDL code using widgets for the graphical interface, it enables several menus to choose the model type, the input and output files as well as to set all of the features involved in the model parameterization and inversion. The tool can be applied to any aquatic environments (e.g., lakes, coastal zones). BOMBER is available by request of interested users.

Introduzione

Nelle applicazioni quantitative del telerilevamento ottico orientate ad un monitoraggio semi-operativo della qualità dell'acqua, sia marine sia interne, l'approccio analitico offre ampie

potenzialità (Lindell et al., 1999). Il metodo analitico è basato sull'inversione di una serie di relazioni fisiche attraverso le quali le proprietà ottiche dell'acqua sono associate alla radianza emergente dalla colonna d'acqua (che, nel caso di acque basse, include anche il segnale riflesso dal fondale), a sua volta relazionata al segnale misurato dal sensore. L'inversione fa uso delle equazioni di trasferimento radiativo nella componente sia atmosferica sia acquatica. La prima, che non viene affrontata in questo lavoro, si affronta con i noti metodi di correzione atmosferica la seconda, attraverso la modellistica bio-ottica. L'inversione di un modello bio-ottico, che descrive la radianza riflessa dall'acqua in funzione della concentrazione dei parametri, può compiersi adottando differenti tecniche quali metodi analitici, minimi quadrati, tecniche di ottimizzazione non lineare, approcci basati su *look-up-table*, etc.

In questo studio, si presenta un *tool* che, in modo fisicamente basato permette di produrre mappe di qualità dell'acqua da immagini telerilevate corrette atmosfericamente. Per l'inversione si è utilizzata una tecnica di ottimizzazione non lineare che si è mostrata adatta nella stima di parametri ottici di acque profonde e costiere (Lee et al., 2001). Il modello bio-ottico implementato è costruito in base alle relazioni di Lee et al. (1999) e si compone dei seguenti termini:

$$R_{rs}(\lambda) = \frac{\Pi r(0-, \lambda)}{(1 - \lambda r(0-, \lambda))} \quad (1)$$

$$r(0-, \lambda) = r(0-, \lambda)^C + r(0-, \lambda)^B = r(0-, \lambda)^{dp} \left(1 - A_0 e^{-\left(\frac{1}{\cos(\theta_w)} + D_w^C\right) K(\lambda)H} \right) + A_1 c(\lambda) e^{-\left(\frac{1}{\cos(\theta_w)} + D_w^B\right) K(\lambda)H} \quad (2)$$

dove $R_{rs}(\lambda)$ è la *remote-sensing-reflectance*, Π e γ sono due parametri che tengono conto del passaggio della radiazione all'interfaccia aria/acqua, $r(0-, \lambda)$ è la radianza riflessa, a sua volta composta da un termine legato alla colonna d'acqua $r(0-, \lambda)^C$ e da un altro legato al fondale $r(0-, \lambda)^B$. Per comprendere il *tool* BOMBER occorre esplicitare altre due grandezze dell'equazione 2, mentre si rimanda al lavoro di Lee et al. (1999) per maggiori approfondimenti.

$$r(0-, \lambda)^{dp} = (g_0 + g_1 \cdot u(\lambda)^{g_2}) u(\lambda), \text{ con } u(\lambda) = \frac{b_b(\lambda)}{a(\lambda) + b_b(\lambda)} \quad (3)$$

dove g_0 , g_1 e g_2 sono tre scalari che tengono dell'anisotropia del campo di luce, mentre $a(\lambda)$ e $b_b(\lambda)$ sono i coefficienti di assorbimento e di *backscattering* dei componenti acquatici (proprietà ottiche inerenti).

Il processo di ottimizzazione viene infine compiuto minimizzando la seguente funzione:

$$\delta = \sqrt{\sum_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} (R_{rs}^{IMAGE}(\lambda) - R_{rs}^{MOD}(\lambda))^2} \quad (4)$$

dove $R_{rs}^{IMAGE}(\lambda)$ sono i valori di riflettanza dell'immagine telerilevata, da cui derivare i parametri di qualità dell'acqua, mentre $R_{rs}^{MOD}(\lambda)$ sono i valori simulati dall'equazione 1.

Principali caratteristiche dell'interfaccia BOMBER

Il programma BOMBER può essere direttamente linkato ad ENVI in modo da fa apparire un nuovo modulo nella barra principale del suo menu. Cliccando sul nuovo modulo compare l'interfaccia principale *Bomber* (Fig. 1) che a sua volta, in modo *user-friendly*, permette di abilitare i sottomenu per la gestione dell'intero processo di calcolo (Fig. 1, moduli elencati sulla sinistra della finestra). I tre bottoni posti nel menu principale permettono di lanciare il processo di ottimizzazione, a livello sia di singolo spettro (Fig. 1, bottone in basso a sinistra) sia di file immagine (Fig. 1, bottone in basso centrale), o di uscire dal programma (Fig. 1, bottone in basso a destra).

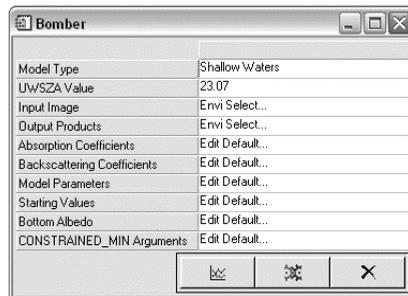


Figura 1 - La finestra iniziale di BOMBER.

Descrizione dei moduli

Di seguito, in relazione alla Fig. 1, sono descritti i principali moduli dell'interfaccia principale.

Model Type - Permette all'utente di definire il caso di studio: acque profonde (*Deep Waters*) o acque basse (*Shallow Waters*). Tale scelta detta gli input per la parametrizzazione del modello in base dell'equazione 2.

UWSZA Value - Richiede il valore medio di angolo zenitale del sole (*Under-Water Solar Zenith Angle*) al di sotto della superficie d'acqua relativo all'intera immagine. L'angolo viene richiesto solo nel caso di *Shallow Waters* e, noto l'indice di rifrazione aria/acqua I si calcola facilmente a partire dall'angolo zenitale del sole (SZA , *Solar Zenith Angle*) $\text{sen}(UWSZA) = \text{sen}(SZA)/I$.

Input Image - Questo modulo permette di selezionare l'immagine di input da cui stimare i parametri di qualità dell'acqua. L'immagine deve essere corretta atmosfericamente e riportare i valori di riflettanza alla superficie R_{rs} in sr^{-1} . Il file deve essere in formato ENVI e quindi accompagnato dal relativo file di header. In particolare, quest'ultimo deve contenere le informazioni sulla lunghezza d'onda centrale, l'ampiezza (*full width half maximum*) delle bande e la relativa unità di misura (nm o μm) Queste informazioni sono necessarie perchè le equazioni/parametri della modellistica bio-ottica sono in larga parte grandezze spettrali. In questo modulo è inoltre possibile selezionare un file binario (sempre in formato ENVI) per mascherare i pixel dell'immagine non interessati dal processo di inversione.

Output Products - Questo modulo permette di selezionare il nome del file di output che consiste di un'immagine composta da diversi layer: concentrazione clorofilla-a (CHL, mgm^{-3}), concentrazione dei solidi sospesi (SPM, *Suspended Particulate Matter*, in gm^{-3}), concentrazione delle sostanze gialle (o CDOM, *Colored Dissolved Organic Matter*, misurata come coefficiente di assorbimento a 440 nm $a_{\text{CDOM}(440)}$ in m^{-1}). Nel caso di *Shallow Waters* a questi layer se ne aggiungono altri quattro: profondità del fondale (H) e percentuale di copertura per tre diverse classi di substrato (ρ_0 , ρ_1 , ρ_2). Sia nel caso di *Deep Waters* che di *Shallow Waters* vi sono infine altri 2 layer che vanno a comporre il del file di output: la pendenza S_{NAP} del coefficiente di assorbimento delle particelle non algali (NAP, *Non Algal Particle*) e la misura dell'errore (E) associato al processo di inversione. Il file in uscita è in formato ENVI, con la stessa dimensione (pixel e linee) dell'immagine in ingresso.

Absorption Coefficients - Questo modulo gestisce la parametrizzazione del coefficiente di assorbimento totale $a(\lambda)$ dell'equazione 3. A tal fine, è utile scomporre l'assorbimento totale in quattro componenti:

$$a(\lambda) = a_w(\lambda) + a_\phi(\lambda) + a_{\text{NAP}}(\lambda) + a_{\text{CDOM}}(\lambda) \quad (5)$$

dove $a_w(\lambda)$, $a_\phi(\lambda)$, $a_{\text{NAP}}(\lambda)$ e $a_{\text{CDOM}}(\lambda)$ sono i coefficienti di assorbimento dell'acqua pura, del fitoplancton, delle NAP e del CDOM. I dati in ingresso sono file ASCII contenenti i dati spettrali degli assorbimenti alla risoluzione di 1 nm o degli scalari.

In particolare, $a_w(\lambda)$ viene definito richiamando dal menu (Water a) il file ASCII contenente il coefficiente di assorbimento delle acque pure (e.g., Pope & Fry, 1997).

Per il coefficiente $a_\Phi(\lambda)$ sono richiesti due file ASCII (menu CHL A e CHL B) necessari per definire i valori $A(\lambda)$ e $B(\lambda)$ secondo il modello di Bricaud et al. (1995):

$$a_\Phi(\lambda) = a_\Phi^*(\lambda) \cdot \text{CHL} = A(\lambda) \text{CHL}^{-B(\lambda)} \cdot \text{CHL} \quad (6)$$

Il parametro $a_{\text{NAP}}(\lambda)$ è modellato in base a Babin et al. (2003):

$$a_{\text{NAP}}(\lambda) = a_{\text{NAP}}(440) \cdot e^{-S_{\text{NAP}}(\lambda-440)} = (G_a \cdot \text{SPM} + O_a) \cdot e^{-S_{\text{NAP}}(\lambda-440)} \quad (7)$$

dove G_a e O_a sono due scalari (richiesti dal menu) necessari per impostare pendenza/intercetta dell'equazione che permette di convertire i valori di $a_{\text{NAP}}(440)$ in concentrazione di solidi sospesi SPM (*Suspended Particulate Matter*), mentre S_{NAP} definisce la pendenza della curva esponenziale dell'equazione 7. S_{NAP} può essere considerato un parametro incognito (e quindi stimato attraverso il processo di ottimizzazione) oppure fissato ad un valore costante.

Il coefficiente di assorbimento $a_{\text{CDOM}}(\lambda)$ è modellato analogamente al NAP:

$$a_{\text{CDOM}}(\lambda) = a_{\text{CDOM}}(440) e^{-S_{\text{CDOM}}(\lambda-440)} = a_{\text{CDOM}}(440) e^{-C \cdot a_{\text{CDOM}}(440)^{-D} (\lambda-440)} \quad (8)$$

dove C e D sono due scalari (richiesti dal menu $a_{\text{CDOM}}(440)$ C e $a_{\text{CDOM}}(440)$ D) necessari per relazionare la pendenza S_{CDOM} alla concentrazione di CDOM, misurata come $a_{\text{CDOM}}(440)$. Tale dipendenza può essere omessa impostando $C=S_{\text{CDOM}}$ e $D=0$.

Backscattering Coefficients - Questo menu gestisce, analogamente all'assorbimento, tutti i componenti del coefficiente di *backscattering* totale dell'equazione 3.

$$b_b(\lambda) = b_{\text{bw}}(\lambda) + b_{\text{b}\Phi}(\lambda) + b_{\text{bNAP}}(\lambda) \quad (9)$$

dove $b_{\text{bw}}(\lambda)$, $b_{\text{b}\Phi}(\lambda)$ e $b_{\text{bNAP}}(\lambda)$ sono i coefficienti di *backscattering* dell'acqua pura, del fitoplancton e del NAP. I dati in ingresso sono file ASCII contenenti i dati spettrali degli assorbimenti alla risoluzione di 1 nm o degli scalari.

Allo scopo di definire $b_{\text{bw}}(\lambda)$, l'utente richiama (menu Water b_b) un file ASCII contenente il coefficiente di *backscattering* dell'acqua pura (e.g., Dall'Olmo e Gitelson, 2006).

Il parametro $b_{\text{b}\Phi}(\lambda)$ è modellato in base a Brando e Dekker (2003):

$$b_{\text{b}\Phi}(\lambda) = \text{CHL} \cdot b_{\text{b}\Phi}^*(\lambda) \quad (10)$$

Dove il coefficiente di *backscattering* del fitoplancton $b_{\text{b}\Phi}^*(\lambda)$ è il file ASCII da selezionare come input (menu CHL b_b).

Il parametro $b_{\text{bNAP}}(\lambda)$ è modellato come segue:

$$b_{\text{bNAP}}(\lambda) = b_{\text{bNAP}}(\lambda_r) \cdot b_{\text{bNAP}}^*(\lambda) = (G_b \cdot \text{SPM} + O_b) \cdot b_{\text{bNAP}}^*(\lambda) \quad (11)$$

dove il coefficiente specifico di *backscattering* $b_{\text{bNAP}}^*(\lambda)$ è fornito in input come file ASCII (menu SPM b_b) e G_b e O_b sono due scalari necessari per definire (menu SPM G_b e SPM O_b) pendenza/intercetta dell'equazione utilizzata per convertire $b_{\text{bNAP}}(440)$ in concentrazione dei solidi sospesi SPM.

Model Parameters - Questo menu permette all'utente di impostare il set di parametri (g_0 , g_1 , g_2 , A_0 , A_1 , D_0^C , D_1^C , D_0^B , D_1^B , Π e γ) delle equazioni 1 e 2. Per una descrizione accurata dei parametri si rimanda allo studio di Lee et al. (1998).

Starting Values - Questo modulo permette di definire i valori di inizializzazione delle incognite, richiesti di processi di stima basati su tecniche di ottimizzazione. Questa scelta ricade solitamente sui parametri di qualità dell'acqua derivati da serie storiche, su valori medi di batimetria e per distribuzioni uniformi delle classi di substrato. Si ricorda che questo passaggio richiede particolare attenzione perchè i risultati dell'inversione possono dipendere fortemente dai valori di inizializzazione (Keller, 2001). In questo modulo è anche richiesto di includere (*Delta True*) oppure no (*Delta False*) una costante di offset spettrale che normalizza i valori di R_{rs}^{IMAGE} eventualmente affetti da *sun glint* (Lee et al., 1999).

Bottom Albedo - Questo menu richiede tre file ASCII che descrivano i tre diversi tipi di albedo del fondale la cui combinazione lineare definisce il valore $\rho(\lambda)$ di equazione 2. L'utente può utilizzare dati di campo (firme spettrali) oppure valori di letteratura.

CONSTRAINED_MIN Arguments - Questo modulo gestisce tutti i parametri della procedura del processo di minimizzazione della funzione CONSTRAINED_MIN implementata da IDL (Lasdon e Waren, 1979). In questo modulo BOMBER prevede dei valori di *default*; nel caso si volesse modificarli si rimanda alla guida di IDL.

Descrizione dei 3 bottoni del menu principale

Una volta definiti gli attributi del modello bio-ottico, i file immagine in ingresso/output e i parametri dell'ottimizzazione, il processo può essere lanciato per tutti i pixel dell'immagine cliccando il bottone *Run* (Fig. 1, bottone in basso centrale con il simbolo dell'ingranaggio). Considerato che questo processo può essere molto oneroso in termini computazionali, il codice BOMBER permette di applicare l'algoritmo anche ai valori di R_{rs} estratti a livello di pixel. Cliccando il bottone *Probe Convergence* (Fig. 1, bottone in basso a sinistra) si abilita la finestra grafica rappresentata in Fig. 2.

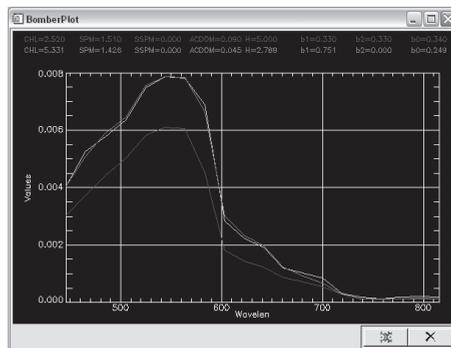


Fig. 2 – Finestra grafica di BOMBER che si abilita premendo il bottone *Probe Convergence* (Fig. 1, in basso a sinistra). La linea rossa rappresenta la riflettanza R_{rs}^{MOD} simulata in base ai valori iniziali (*Starting Values*, in alto in rosso); la linea verde è la riflettanza R_{rs}^{IMAGE} del pixel immagine; la linea blu è la riflettanza R_{rs}^{MOD} simulata dal modello per i valori delle incognite, (in alto in blu), derivate dal processo di ottimizzazione.

Nell'interfaccia *BomberPlot* (Fig. 2) la linea rossa rappresenta i valori di R_{rs}^{MOD} simulati dal modello a partire dagli *Starting Values* e riportati sul grafico medesimo in colore rosso; la linea verde rappresenta i valori di riflettanza R_{rs}^{IMAGE} dell'immagine corretta atmosfericamente e appare nel grafico cliccando su di un pixel del file immagine (aperta in una finestra di ENVI). Premendo il bottone *Run* (Fig. 2, bottone in basso a sinistra) si dà inizio al processo di ottimizzazione e si noterà una terza linea, di colore blu, la cui forma cambia sino a convergere verso lo spettro di colore verde.

La curva blu rappresenta la R_{rs}^{MOD} che meglio descrive la curva R_{rs}^{IMAGE} di colore verde; i valori di output delle incognite compariranno infine sul medesimo grafico, in colore blu. Con questo *tool* si può quindi testare il programma e poi decidere se applicare il processo di stima all'intera immagine.

Conclusioni

BOMBER è un programma eseguibile in ENVI che implementa un modello bi-ottico per derivare le proprietà ottiche della colonna d'acqua e, nel caso di acque basse, la batimetria e la distribuzione di tre differenti tipologie di substrato sulla base dei loro valori di albedo. La sua affidabilità è ovviamente legata alla parametrizzazione del modello bio-ottico ed alla qualità, in termini di R_{rs} dell'immagine di input. Prodotti telerilevati già corretti atmosfericamente (es. *water-leaving-reflectance* da MERIS o MODIS) e dati di letteratura da usarsi nella calibrazione del modello rappresentano un buon punto di partenza per familiarizzare con l'uso di BOMBER. Se si volesse disporre del tool si prega di contrarre uno degli autori del presente contributo. Una sua recente applicazione, per la stima delle variazioni delle coperture a vegetazione sommersa della pensiola di Sirmione da dati MIVIS, è descritta in Giardino et al. (2007).

Ringraziamenti

Grazie a Vittorio Brando, Arnold Dekker e Niklas Strömbeck per il prezioso supporto, continuo e duraturo, alla nostra attività di ricerca. Siamo inoltre grati a Daniela Stroppiana che si dimostra sempre molto generosa nell'aiutarci a risolvere argomentazioni di IDL e a rivedere i testi.

References

- Babin, M., Stramski, D., Ferrari, G. M., Claustre, H., Bricaud, A., Obolensky, G., Hoepffner N., 2003. Variations in the light absorption coefficients of phytoplankton, nonalgal particles, and dissolved organic matter in coastal waters around Europe, *J. of Geoph. Res.*, 108, 3211, 4,1-4,20.
- Brando V. E., Dekker A. G., 2003. Satellite hyperspectral remote sensing for estimating estuarine and coastal water quality, *IEEE Trans. on Geos. and Rem. Sens.*, 41, 1378-1387.
- Bricaud, A., Babin, M., Morel, A., and Claustre, H., 1995. Variability in the chlorophyll-specific absorption coefficients of natural phytoplankton: analysis and parameterization. *J. of Geoph. Res.*, 100, 13,321-13,332.
- Dall'Olmo, G., Gitelson, A. A., 2006. Effect of bio-optical parameter variability and uncertainties in reflectance measurements on the remote estimation of chlorophyll-a concentration in turbid productive waters: modelling results. *App. Opt.*, 45, 3577-3592.
- Giardino C., Bartoli M. E., Candiani G., Bresciani M., Pellegrini L., 2007. Recent changes in macrophyte colonisation patterns: an imaging spectrometry-based evaluation of the southern Lake Garda (northern Italy), *J. of App. Rem. Sens.*, 1, 011509.
- Keller, P. A., 2001. Comparison of two inversion techniques of a semi-analytical model for the determination of lake water constituents using imaging spectrometry data. *S of the Tot Environ*, 268, 189-196.
- Lasdon, L.S., Waren, A.D., 1979. Generalized Reduced Gradient Software for Linearly and Nonlinearly Constrained Problems, in "Design and Implementation of Optimization Software", H. Greenberg, ed., Sijthoff and Noordhoff, pubs.
- Lee Z., Carder K. L., Mobley C. D., Steward R. G., Patch J. S., 1998. Hypespectral remote sensing for shallow waters: I. A semianalytical model, *Applied Optics*, 37, 6329-6338.
- Lee, Z., Carder, K. L., Chen, R. F., Peacock, T. G., 2001, Properties of the water column and bottom derived from Airborne Visible Infrared Imaging Specrometer (AVIRIS) data. *J. of Geoph. Res.*, 106, 11,639-11,651.
- Lindell, T., Pierson, D., Premazzi, G., Zilioli, E., (Eds.) (1999). Manual for monitoring European lakes using remote sensing techniques. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, EUR Report n. 18665 EN, 164 pp.
- Pope, R. M., Fry, E. S., 1997. Absorption spectrum (380-700 nm) of pure water. II. Integrating cavity measurements. *Applied Optics*, 36, 8710-8723.

DALLE CARTE STORICHE A GOOGLE EARTH: IL TRACCIATO DEL F. TEVERE TRA L'ANSA ORNARI E LA CONFLUENZA CHIASCIO-TEVERE (UMBRIA)

Lucilia GREGORI

Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Perugia Piazza Università, 1 06123 Perugia
tel. 0755840305; fax 0755852603; lucilia@unipg.it

In un momento storico, in cui le immagini telerilevate, digitali, ecc., assumono un ruolo sempre più importante nella conoscenza puntuale o generale del territorio appare significativo, nell'ottica della ricostruzione dell'evoluzione del modellato superficiale in relazione alle vicende tettoniche ed ai processi morfogenetici, ricorrere a mezzi che vanno dalla cartografia storica fino al DEM. Sono state pertanto analizzate le cartografie più antiche dell'area del tratto umbro del F. Tevere tra l'“Ansa Ornari”, a S di Perugia, e la confluenza Chiascio-Tevere, presso Torgiano. Le evidenze morfologiche rilevate dell'area sono state individuate anche attraverso un'analisi multitemporale delle foto aeree, cartografie tematiche, fino alle immagini on-line di Google Earth. Questo tipo d'analisi integrata ha permesso di ricostruire l'evoluzione del *pattern* idrografico del F.Tevere.

In a historic moment when digital and remotely sensed images assume an increasingly important role in the local and general knowledge of a territory, in order to develop the reconstruction of the shaped surface in relation to local tectonic events and morphogenetic processes, it is crucial the use of means ranging from historical maps to DEM. In this work we have analysed the oldest maps of the Umbrian tract of Tiber river, between “Ansa Ornari”, south of Perugia, and the confluence between the Chiascio river and the Tiber, close to Torgiano. Morphological evidences were detected and identified by means of the analysis of aerial photos, thematic maps, Google Earth images. This type of integrated analysis made it possible to reconstruct the evolution of the pattern of Tiber river.

Introduzione

L'orientamento culturale e metodologico odierno si avvale per l'interpretazione e la gestione del territorio di dati elaborati con tecniche sempre più sofisticate (elaborazioni digitali, interferometriche, immagini satellitari, GIS, ecc.) e sono, senza dubbio, strumenti attualmente imprescindibili per fare progettazioni territoriali di vario genere (basti pensare agli impieghi nell'usuale programmazione territoriale *s.l.* e le simulazioni di vari scenari di rischio in protezione civile). Le applicazioni della moderna tecnologia, pertanto, sono riconosciute indispensabili come metodo di studio, ricerca e previsione dei processi, con un approccio che diventa sempre più oggettivo e meno affetto da errori. La capacità, tuttavia, di interpretare i dati, una volta elaborati e visualizzati, ricorre comunque a capacità interpretative soggettive, basilari nella “lettura” anche di dati molto d'avanguardia, mentre tale soggettività è scontata nell'interpretazione di mezzi, non tradizionalmente usati, come le carte storiche. E' auspicabile, pertanto, un approccio scientifico sinergico e trasversale tra dati storico - bibliografici (carte, mappe, codici, ecc.) e quelli più moderni (cartografie digitali, DEM, ecc.).

Trasversalità Disciplinare

La Trasversalità disciplinare e metodologica è, infatti, un orientamento culturale che si avvale per lo studio del territorio di mezzi di studio tradizionali e consolidati (rilevamento del terreno e

interpretazioni fotogeologiche e cartografiche) integrati con i dati desunti da cartografie storiche, rappresentazioni di vario genere (artistiche anche molto datate, citazioni letterarie) e immagini digitali derivate e telerilevate.

Nelle cartografie più recenti e nelle foto aeree gli elementi morfologici e i parametri dell'interpretazione fotogeologica permettono di individuare l'andamento del modellato superficiale, del *pattern* idrografico, dei processi morfogenetici e dell'assetto geologico. Appare, invece, difficile rilevare con oggettività i dati desunti dalle carte storiche, sia catastali sia mappe o disegni, dove l'interpretazione dei vari elementi non è ovvia e immediata, perché i riferimenti morfologici non sempre sono ben riconoscibili e l'ubicazione dei toponimi non è assoluta.

Sono evidenti le difficoltà di reperimento e interpretazione di questo tipo di dati, come anche la soggettiva scelta delle fonti e la valutazione della loro attendibilità, ma è altrettanto evidente che la trasversalità dei mezzi e dei tipi d'analisi può essere foriera di interessanti risultati.

L'approccio a queste fonti dovrà essere sicuramente anche "di fiducia" con l'assunzione che il compilatore del documento o della mappa, che l'incisore della cartografia sia stato abbastanza vicino ed attinente, nella sua rappresentazione, alla realtà del momento.

Questo assunto, che sembrerebbe rendere il "metodo trasversale" poco affidabile, in grado di destabilizzare questo approccio culturale, in realtà è ampiamente convalidato dai risultati dall'analisi integrata con tutti gli strumenti conoscitivi a disposizione, per una determinata area.

Area di Studio

L'obiettivo di questa nota è di svolgere un'indagine multitemporale, multiscalare e "multistrumentale" di un'area significativa del territorio umbro, sotto il profilo della sua evoluzione paleoambientale che ha portato all'attuale morfologia (Cattuto *et alii*, 1992).

La zona indagata comprende la media valle del Tevere, tra la vistosa deviazione del F. Tevere a SE di Perugia, identificata come l'ansa degli Ornari, e la confluenza Chiascio-Tevere presso Torgiano. Il *pattern* del fiume Tevere, ha subito profonde modificazioni nel tempo e nello spazio, sotto il profilo morfologico e storico, ma in particolare le più vistose sono presenti nel tratto vallivo degli "Ornari" e presso Torgiano.

E' stato, quindi, preso in considerazione il tracciato tra Perugia e Torgiano acquisendo carte storiche, mappe e documenti notarili. Tutto questo inusuale *data-base* è stato relazionato con le cartografie recenti di varia tipologia (topografiche, geologiche, geomorfologiche, ecc.) con le foto aeree di diversi anni fino ai DEM locali e alle recenti immagini consultabili da Google Earth. L'indagine "*multitemporale e multidisciplinare*" ha permesso di ricostruire l'andamento del *pattern* del Tevere dal Pliocene ad oggi e di fare interessanti considerazioni sull'evoluzione idrografica ed ambientale del territorio interessato. Ne è emerso uno scenario paleogeografico che evolve e cambia da due milioni di anni, influenzato da fattori strutturali, condizioni climatiche e interventi antropici, con un significativo valore scientifico e didattico.

Le Carte Storiche

Le cartografie storiche si sono rivelate un valido punto di partenza per la ricostruzione paleogeografica del Tevere, già ipotizzata in ambito geomorfologico, (Cattuto & Gregori, 1988; Gregori, 1989). Sono state esaminate alcune cartografie conservate presso l'Archivio Storico di Perugia, tra cui quella del Catasto "Gregoriano" e del "Chiesa" (scala 1: 2.000) del 1727, redatta all'epoca con rigorose e sistematiche rilevazioni sul terreno, per un censimento che richiese, in dettaglio, la rappresentazione di alcuni elementi topografici e morfologici quali l'idrografia (Cencetti, 2002). Va ricordato, che la rete idrografica è rappresentata con cura nelle carte del passato poichè i corsi d'acqua sono stati prima via di penetrazione del territorio ed utilizzati, da sempre, come confini regionali, comunali, ecc. e pertanto, irrinunciabili punti di riferimento topografico (Gregori & Rapicetta, 2001).

L'ansa "Ornari"

Da una prima osservazione della mappa del "Chiesa" del 1727 rispetto alle cartografie successive si rilevano alcune differenze nel disegno dell'alveo del Tevere nella zona Ornari.

Si riconoscono, infatti, attraverso strade e confini catastali arcuati e la *pattern* della parcellizzazione catastale, una serie di elementi relitti di morfogenesi fluviale, riscontrabili anche nelle foto aeree più recenti. L'ansa fluviale "Ornari" è un significativo ed evidente particolare del *pattern* del Tevere che, nella rappresentazione storica, presenta una geometria significativamente diversa da quella che osserviamo oggi e anche l'ansa più a N, presso Pretola, si manifesta con una curvatura più ampia rispetto alle cartografie più recenti. Sono ben visibili: la traccia più occidentale che coincide con la paleo-scarpata fluviale, piccole anse relitte in sinistra e più estese in destra idrografica e un antico argine detto "*Vertige della Ripa vecchia del Tevere*" a conferma che il Tevere, in precedenza, si trovasse spostato più ad Ovest. Probabilmente l'evoluzione del meandro nella zona "Ornari" verso Est è avvenuta dopo il 1700, come si può supporre dall'osservazione del tracciato del Tevere nella raffigurazione del cartografo E. Danti (1580) e del Magini (XVI sec.) nelle cui carte l'ansa è ubicata più ad Est e più rotonda. A conferma della migrazione verso Sud-Est, si riconoscono tramite le variazioni dei parametri fotogeologici, una serie di paleo-meandri nell'attuale zona ad Est di Ponte Valleceppi. La scarpata fluviale molto netta ad ovest del tracciato ancora oggi riconoscibile e, anche se non così vegetata, è già presente cartografia storica.

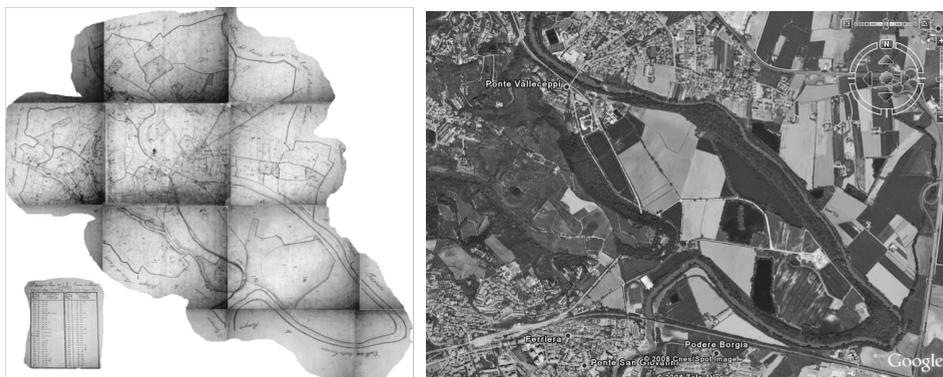


Fig.1 – Mappa mosaicata dell'ansa¹ "Ornari" del F. Tevere a E di Perugia, nel Catasto "Gregoriano" (1820-1834; Archivio Storico di Perugia) e in Google Earth.

Il confronto con la carta del Catasto Gregoriano del 1820 (mosaico di particelle catastali; Fig. 1) permette di riconoscere come l'ansa sia ormai prossima all'attuale morfologia e l'importante modificazione deve essere avvenuta in circa 100 anni. In tale mappa è molto evidente la scarpata fluviale citata che dà la percezione del divagare del fiume prima dell'attuale configurazione; tale migrazione è avvalorata dalla presenza di numerose anse relitte all'interno dell'ansa ed all'esterno, come se in quel tratto, il Tevere avesse esondato spesso o divagato prima di assumere l'attuale deflusso. Nelle carte recenti e nelle foto aeree, ovviamente, i parametri fotogeologici permettono di individuare l'andamento degli elementi fisici come le tracce relitte, mentre nelle carte catastali storiche, dove scarseggiano le evidenze e riferimenti morfologici², e i toponimi sono poco chiaramente collocati, le tracce sono riconoscibili anche attraverso una più o meno densa e dettagliata "parcellizzazione catastale e agraria". Oltre a strade e confini catastali arcuati che seguono limiti fisici (interpretazione di valore paleo-idrologico consolidato) l'andamento di *pattern* e dei meandri relitti è, infatti, indiziabile anche da una più minuta parcellizzazione del territorio al

¹ Raccolta ed elaborazione dei dati cartografici storici e digitali della Dott.ssa Mauro Marcella (Tesi inedita).

² La morfologia dei rilievi è affidata alla grafica a "spina di pesce" o a "mucchi di talpa" che possono al massimo, in base al tratteggio, comunicare un'informazione sommaria della morfologia e del dislivello.

loro interno. L'interpretazione è plausibile, considerando con il graduale abbandono del territorio da parte delle acque (fluviali, lacustri e/o marine) e l'altrettanto graduale conquista agraria³.

Molte delle anse relitte riscontrate nelle carte storiche sono state individuate nelle foto aeree dei voli del '54 e del '77. Nel volo della Regione Umbria del 1977, gli ampi meandri a NE e SE di Ponte Valleceppi, permettono di seguire un paleo-meandro con più ampio raggio di curvatura ben assimilabile e sorprendentemente riconducibile al disegno della cartografia del 1727.

Dalle numerose evidenze leggibili dalle foto aeree, quasi certamente, il divagare laterale del Tevere in passato è stato determinato dalla tipica dinamica fluviale del tracciato a meandri, la cui genesi è indotta dalla portata, dalla velocità, da parametri connessi con gli afflussi e con il regime dei corsi d'acqua, in funzione delle caratteristiche climatiche della zona che, nel tempo, possono aver subito variazioni anche notevoli.

Non è da escludere, tuttavia, un condizionamento strutturale. L'andamento ad angolo molto acuto del meandro, infatti, è forse legato all'attività della faglia bordiera occidentale della Valle Umbra (Cattuto *et alii*, 1992; Gregori, 1989) orientata in direzione NE-SW e di un'estesa lineazione, desunta da indizi morfologici e parametri fotogeologici, con direzione NW-SE.

Lo studio delle carte storiche e delle carte attuali, sia a piccola sia a grande scala, integrato con le notizie storiche, i dati geomorfologici di campagna e da fotointerpretazione e le immagini quasi in "tempo reale" di Google Earth, evidenzia la tendenza evolutiva all'asimmetria nell'ansa "Ornari". Questa tendenza si è andata probabilmente consolidando negli ultimi 300 anni (sulla base del materiale storico disponibile) e dimostra come la zona sia stata soggetta a notevoli modificazioni in epoche passate e che il fenomeno della migrazione laterale e della generale progradazione della valle del Tevere verso E, nel tratto in esame sia tuttora in atto, tanto che la sponda in sinistra presenta scarpate d'erosione piuttosto "fresche" e zone che occasionalmente vengono interessate dalle acque.

La confluenza Chiascio - Tevere

La cartografia relativa alla confluenza Chiascio-Tevere presso Torgiano riserva nel confronto tra le cartografie storiche (mappa di Torgiano del Catasto "Chiesa" e mappa di Torgiano del Catasto "Gregoriano") e quelle attuali IGM e CTR, interessanti considerazioni e deduzioni.

Nella carta storica del 1727 del "Chiesa" (Fig. 2a) è ben rappresentata e chiaramente riconoscibile la confluenza tra i fiumi Chiascio e Tevere, ma il disegno del tracciato dei due fiumi presenta importanti differenze rispetto allo stato attuale. Sono visibili due anse: una immediatamente ad W di Torgiano, lungo il tracciato del Tevere, la seconda, a SE di Torgiano, lungo il "solco" naturale e/o antropico che ha messo in comunicazione, in epoca storica, il *Lacus Persius* nella valle Umbra con la valle del F. Tevere. L'ansa a W di Torgiano non appare molto deformata verso S e quindi non ancora condizionata dal senso di scorrimento⁴, come chiaramente si evince dalle foto aeree del '54; la sua forma, assolutamente diversa per sezione e geometria, appare più tondeggiante rispetto alle cartografie più recenti. Anche l'ansa del Chiascio, lungo il solco fluviale della "stretta di Torgiano" testimonia un tracciato più articolato dell'attuale. Prima della confluenza, il Chiascio presenta oggi un tracciato rettificato, ma nella cartografia del 1727, si notano scarpate di meandro e una marcata deviazione, oggi identificabile solamente come meandro relitto, ben visibile nella moderna cartografia e nelle foto aeree. La presenza di paleo-alvei, tuttavia, non è una prerogativa solo dei tracciati dell'area prossima a Torgiano, ma ad Est della struttura di Brufa/Bettona e verso Assisi, lungo la bassa valle del Chiascio, si riconoscono in corrispondenza del paleo-deltaconoide del Chiascio, molte altre tracce relitte del divagare del fiume.

L'antico Lago Persio si addossava ai rilievi di Torgiano e una volta tagliata artificialmente la struttura in epoca storica, prima su ordine del re Teodorico (nel 489; Principi, 1922) e,

³ Lungo il perimetro del lago Trasimeno è possibile fare questo tipo di valutazione e riconoscere una frammentazione tonale/tessiturale dei terreni; sia a livello di carte catastali che di foto aeree.

⁴ Generalmente, il disegno dei meandri si deforma verso valle secondo un processo, indotto dalla gravità, che porta alla migrazione di tutto il tracciato in quella direzione.

successivamente, per opera dei Benedettini (1800) circa, lungo l'emissario del lago si sono attivati naturalmente i meandri. Come noto, tale tracciato si innesca quando occorre smaltire energia, in questo caso indotta dal nuovo livello di base creato dal taglio artificiale.

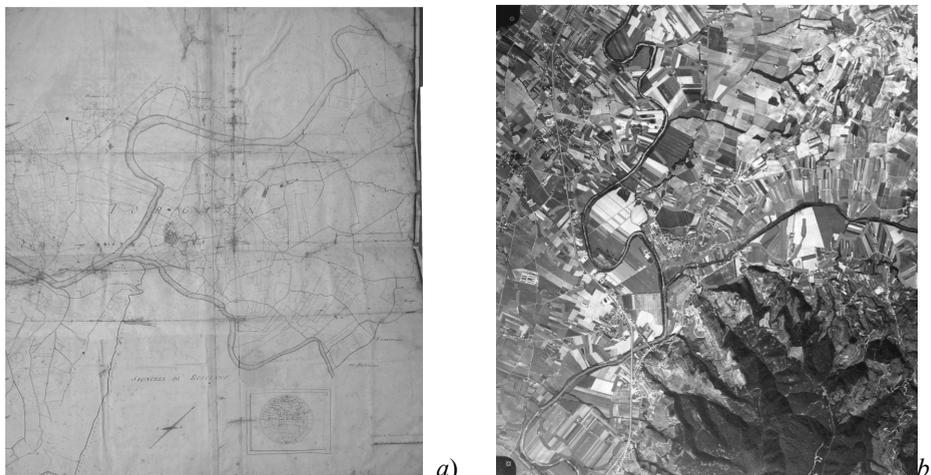


Fig. 2 – a) Confluenza Chiascio-Tevere nella carta del Catasto “Chiesa” (1727; Archivio Storico di Perugia) e nella foto aerea della Regione Umbria⁵ (1977); in evidenza le anse fluviali relitte.

Tutte queste evidenze, almeno per questo tratto del Tevere, sono riscontrabili anche nella cartografia del Catasto Gregoriano dove si osserva infatti, in sinistra idrografica e all'interno dell'ansa, un laghetto di meandro/lanca, che potrebbe essere scomparso gradualmente, mentre in destra sono riconoscibili dai passaggi cromatici, tracce coalescenti di meandro a monte della deviazione. Probabilmente, l'evoluzione dell'ansa nella zona ad W di Torgiano avvenne non prima del 1700, come si può supporre dall'osservazione delle carte del Danti e del Magini, in cui non è raffigurata. La spiegazione potrebbe risiedere nella voluta schematizzazione grafica, di questi Autori, del tracciato del Tevere nei suoi elementi principali (l'ansa “Ornari”, in genere, è sempre raffigurata) o perché effettivamente fino all'epoca l'ansa non era morfologicamente evidente. Il confronto, tuttavia, tra la mappa di Torgiano del Chiesa 1727 con le cartografie successive, Catasto Gregoriano del 1834, carte topografiche IGM 1:25000, CTR 1:10000 e ortofotocarte, ipotizza che il tracciato si sia evoluto in tempi storici.

Le cartografie recenti, inoltre, consentono di valutare l'andamento di un *pattern* idrografico in destra al F.Tevere, attualmente parallelo, che testimonia e segue la tendenza del fiume a addossarsi alla sua sinistra idrografica. Le cartografie moderne e le foto aeree, dimostrano questo comportamento, mentre dalle carte storiche emerge che il fiume abbia molto divagato prima che la naturale tendenza evolutiva, insieme alla opere di regimazione, permettessero ai vari affluenti in destra di assumere l'attuale configurazione. Questo fatto si evince sia dalle foto aeree del '54 sia dalle carte storiche e in particolare, in una mappa catastale di San Martino in Campo (1727) è presente una concentrazione di tracce relitte, riconoscibili nelle cartografie più recenti e nelle foto aeree, che denunciano il divagare continuo e reiterato in destra idrografica di quella parte del fiume Tevere. E' possibile che nell'area compresa tra Ornari e Santa Maria Rossa ci fosse, prima della migrazione verso E, una condizione di ristagno delle acque o un bacino lacustre occasionale che sarebbe stato vuotato dal Tevere, seguendo percorsi via via diversi, fino ad assumere l'attuale configurazione, quasi rettificata.

⁵ Fotogramma 9315, modificato, del Volo della Regione Umbria; scala: 1:33.000; settembre - ottobre 1977; SMA autorizzazione n. 38: esecuzione 01.02.1978; foto della Compagnia Generale Ripresearee - Parma

Conclusioni

L'uso della cartografia storica è risultato un interessante e straordinario metodo per capire l'evoluzione storica attraverso le deviazioni del tracciato fluviale del Tevere tra Perugia e Torgiano e avanzare ipotesi sull'evoluzione del tratto in esame, attraverso il tempo.

La direzione e l'entità della migrazione delle anse è stata valutata seguendo l'andamento delle tracce, riconoscibili nelle carte del 1727 e del 1834, dei caratteri tonali/tessiture e degli elementi morfologici dei voli del 1954, 1977 e 1978 che poi si "perdono" nelle riprese e nelle cartografie più recenti (IGM CTR). Dall'analisi delle carte storiche, in particolare da quella del "Chiesa", emerge che l'ansa Ornari era molto più ampia e non aveva la brusca deviazione attuale, ma che può, con una certa approssimazione, essere riferita ad un condizionamento strutturale che ne avrebbe ridisegnato la curvatura.

Nell'area a S/SE di Perugia probabilmente si sono realizzate condizioni di ribassamento e ristagno delle acque prima che il Tevere, nel tratto che va da Ponte San Giovanni fino alle prime due anse all'altezza della località Sant'Andrea d'Agliano, si allineasse lungo una direzione NE-SW, assetto ben riconoscibile nelle ultime cartografie. Il tracciato del Tevere e del Chiascio, nei pressi di Torgiano, era decisamente diverso prima del 1700, a questo periodo è riconducibile la regimazione attraverso il taglio della sella tra la pianura di Assisi e la Valle Umbra.

L'analisi intergrata tra carte storiche, carte tradizionali e foto aeree permette, inoltre, di rilevare che le sezioni vallive dei tracciati fluviali in passato erano molto più ampie e ingombre di depositi (area di confluenza, sponda concava del meandri, barre, ecc.) e, forse come conseguenza del *trend* climatico, si assiste a una graduale riduzione delle portate e del carico solido nei fiumi che scompare vistosamente o viene stabilizzato dalla vegetazione (volo della Regione Umbria del 1977).

Dal confronto con i voli recenti, pertanto, si evince chiaramente una tendenza del *pattern* idrografico all'approfondimento e alla rettificazione; i rilievi mostrano un passaggio graduale tra i versanti, colluvioni e alveo, con sezioni fluviali grossomodo concave, mentre nel '77 le valli sono più incise e approfondite con dislivelli più marcati. Nelle vedute aeree di *Google Earth* appare evidente la più recente destinazione d'uso e/o manomissione delle aree di pertinenza fluviale con l'attivazione di numerose cave in alveo e di laghi di cava.

Sulla base dei dati di letteratura, delle carte e mappe storiche e delle immagini da foto aeree è stato, infine, elaborato un ipotetico percorso del paleo-Tevere, tenendo conto del raccordo della valle con il *bed-rock*, delle anse di meandro relitte e delle evidenze morfologiche (.

Sono stati, quindi, ipotizzati due possibili tracciati del paleo-Tevere tra Perugia e Torgiano: il primo può essere riferito cronologicamente a un periodo definibile recente, di cui si rilevano evidenze morfologiche mascherate dai depositi e dagli effetti dell'antropizzazione e ormai inattive, mentre il secondo tracciato si riferisce all'epoca storica, le cui forme appaiono quiescenti Fig.2b).

Questo lavoro, pertanto, ha permesso di avere interessanti risultati, attraverso un'analisi del territorio, con mezzi di studio e di ricerca molto diversi, dimostrando che la *trasversalità disciplinare* è un approccio culturale percorribile con successo.

Cattuto C., Cencetti C., Gregori L., (1992) "Il Plio-Pleistocene nell'area medio-alta della valle del F. Tevere: possibile modello morfotettonico", *Studi Geol. Camerti*, Vol. spec. (1), 103-108

Cencetti C., (2002) "Il Villafranchiano della riva Umbra del F. Tevere", *Boll.Soc. Geol. It.*, 109, 1, 747-762

Cattuto C., Gregori L., (1988) "Il colle di Perugia: note di geologia, idrogeologia e geomorfologia", *Boll.Soc. Geol. It.*, 107, 131-140, 7 ff.

Gregori L., (1989) "Evoluzione paleogeografica del territorio umbro alla confluenza Tevere-Nestore (bacini di "S.Fortunato e di Ripalvella")", *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 12, 2, 117-130.

Gregori L., Rapicetta S., (2001) "Cartografie storiche a supporto della più recente evoluzione del paesaggio" *Atti V Conf. Naz. Asita*, Vol. II, 899-904

Principi P., (1922) "I bacini pliocenici e quaternari dell'Umbria centrale", *Atti Soc. Ligustica Sc. Lett.*, 1 (2), 63-114.

INDIVIDUAZIONE DI MORIE DI ALBERI MEDIANTE TECNICHE DI ELABORAZIONE *OBJECT* E *PIXEL ORIENTED* APPLICATE AD IMMAGINI SATELLITARI AD ALTISSIMA RISOLUZIONE

Alessandra GRIGNETTI (*), Fabio GIANNETTI (**), Domenico COALOA (*)

(*) CRA – Unità di Ricerca per le Produzioni Legnose fuori Foresta - Strada per Frassineto, 35,
15033 Casale Monferrato (AL) - Phone: +39-0142 330927, Fax: +39-0142 55580;
e-mail: grignetti@populus.it; coaloa@entecra.it

(**) I.P.L.A. S.p.A. – C.so Casale 476 -10032, Torino, Italy - Phone: +39-011 8998933,
Fax: +39-011 8989333; e-mail: giannetti@ipla.org

Riassunto

Vengono presentati i risultati preliminari di uno studio condotto in un bosco planiziale nella pianura Padana in provincia di Vercelli interessato negli ultimi anni da un esteso e preoccupante fenomeno di moria degli alberi. Lo scopo dell'analisi è quello di individuare singoli alberi morti e/o settori di bosco in stato di deperimento, mediante l'elaborazione di un'immagine Ikonos. Sono state applicate tecniche di classificazione *pixel oriented* e *object oriented* per produrre una carta delle diverse coperture forestali e per individuare le aperture nella *canopy* che possono essere attribuite alla morte di singoli individui o di gruppi di alberi. Le aree individuate da satellite sono state messe a confronto con rilievi a terra. Ciò ha permesso sia di costruire un dettagliato *database* delle aree con alberi morti e/o in via di deperimento come importante punto di partenza per i successivi studi di monitoraggio del fenomeno, sia di confrontare i risultati delle due tecniche in termini di accuratezza e di rapporto costi/benefici.

Abstract

In the present work a study area (Trino forest protected areas) in north-western Italy was selected in the framework of a project devoted to the analysis of the extensive phenomena of forest declining recently registered in some Oak-hornbeam stands. In order to monitor this phenomena an Ikonos image was acquired and processed with the aim of classifying the dead trees and possibly identifying areas in which trees are subject to drying phenomena. Image enhancement methods based on texture measures and vegetation indexes were applied with the aim of evaluating vegetation vigour and defining health classes. The same procedure was applied to homogeneous groups of trees resulting from the application of an object-based approach integrating segmentation algorithms and semi-automatic classifiers. Information about the distribution of dead trees and declining forest areas extracted from satellite images were then correlated to field collected data on crown condition and soil moisture. Remotely sensed data in combination with field surveys gave promising result for a landscape-scale pattern analysis of trees mortality.

Introduzione

Da diversi decenni la preoccupante perdita di vitalità di molte aree forestali in Europa e in America ha indotto molte istituzioni a intraprendere studi volti a ricercare le cause responsabili del cosiddetto "forest decline". L'aumento di emissioni di gas serra in atmosfera, l'incremento delle temperature, ripetuti fenomeni di siccità o attacchi fungini spesso indotti dai recenti cambiamenti climatici sono alcune delle cause del deperimento degli alberi che interessa in particolar modo il faggio e alcune

specie quercine. L'effetto combinato di questi fattori si manifesta non solo attraverso un'azione fitotossica diretta, ma anche mediante l'accresciuta suscettibilità a fattori stressanti abiotici e a malattie parassitarie (Osborne et al., 2000). In questo contesto il telerilevamento trova un nuovo campo di applicazione in quanto permette sia di monitorare, a livello di paesaggio, le dinamiche di espansione delle fitopatologie in funzione delle caratteristiche strutturali delle formazioni forestali, sia, grazie alla elevata risoluzione geometrica, di individuare singoli o gruppi di individui arborei morti a livello locale. Dati Spot e Landsat (con media risoluzione spaziale) sono stati ampiamente utilizzati in passato per estrarre informazioni sulla struttura e sullo stato delle foreste (Muckoney & Haack, 1994; Royle & Lathorp, 1997), ma solo grazie ai sensori ad altissima risoluzione è possibile analizzare gli alberi a livello di singole chiome (Leckie et al., 2003). In California, dove le foreste di querce sono state soggette negli ultimi anni a gravi attacchi da parte di nuovi fitopatogeni, fotografie aeree e immagini di elevata risoluzione sono state utilizzate quali strumenti per il monitoraggio e la cartografia della mortalità degli alberi (Meentemeyer et al., 2007). In tale ambito sono stati messi a punto tecniche ibride di classificazione delle singole corone che combinano elementi di classificazione *unsupervised* e *supervised* (Kelly et al., 2004) e sperimentate tecniche di classificazione *object oriented*, avvalendosi di informazioni spettrali e indici di forma calcolati per gli oggetti derivati dal processo di segmentazione (Guo et al., 2007).

Lo scopo del lavoro è quello di utilizzare dati satellitari ad elevata risoluzione per individuare singoli alberi morti e/o settori del bosco che evidenziano avanzati stati di deperimento, e di differenziarli dalle radure dovute alla naturale discontinuità della copertura arborea o agli effetti di interventi gestionali operati nel passato.

La fase del deperimento delle chiome, che prelude la morte dell'individuo, è caratterizzata da una considerevole riduzione della biomassa fogliare associata spesso alla produzione di rami epicornici; tale fase può essere quindi rilevata grazie alla diminuzione dei valori di riflettanza nell'infrarosso. In prossimità degli individui arborei morti, nella copertura arborea si osservano infatti dei *gaps*, ossia si vengono a creare dei "buchi neri" che spesso vengono rapidamente colonizzati da specie invasive come robinia, rovo e nocciolo. Lo scopo di questo lavoro è quello di individuare tali aperture attraverso tecniche di classificazioni *pixel e object oriented* e correlare i risultati ottenuti con punti relativi alla presenza di alberi morti acquisiti mediante rilievi a terra.

2. Area di studio e dati utilizzati

Lo studio è stato condotto su un'area naturale di circa 600 ha, noto con il nome di Bosco delle Sorti della Partecipanza, in prossimità del comune di Trino nella pianura Vercellese, raro esempio della foresta planiziale che un tempo ricopriva quasi tutta la Pianura Padana. L'opera di conservazione di questa piccola porzione di territorio boscato, circondato completamente da superfici agricole coltivate a riso, è dovuta esclusivamente ad un sistema di gestione forestale che viene tramandato fin dall'epoca medievale.

Morfologicamente, l'area occupa un rilievo collinare (direzione est-ovest) di contenute proporzioni che si staglia nella pianura tra i fiumi Po, Dora Baltea, e Sesia, articolato in una serie di superfici terrazzate più o meno antiche. La foresta è principalmente caratterizzata da specie che si annoverano nell'associazione *Quercus-carpinetum*, con forte intrusione di robinia e locale presenza di nuclei di Quercia rossa ed alneto.

Negli ultimi anni si sono intensificati e resi particolarmente evidenti i fenomeni di moria a carico delle farnie in particolare, ma anche del carpino bianco e della robinia. Tale fenomeno è particolarmente evidente in alcuni settori dell'area, a nordovest e a sud (Loc. Ramezzana), in presenza di condizioni edafiche locali particolarmente sfavorevoli.

I dati utilizzati per lo svolgimento del lavoro sono:

- immagine Ikonos del 14 luglio 2007 acquisita in modalità multispettrale (4 m/pixel) e in modalità PAN (1 m/pixel);
- piano forestale prodotto dall'IPLA che permette di definire e cartografare le principali tipologie forestali presenti nell'area di studio;

- database di punti geografici acquisiti a terra mediante rilievo GPS, comprendente rilievi di alberi morti (querce e robinie), di radure derivate da taglio ceduo e di aperture naturali della copertura arborea. I rilievi sono stati condotti nel periodo maggio-settembre 2008.

3. Metodi

Il lavoro ha previsto tre fasi di trattamento dell'immagine: una fase di elaborazione preliminare, l'applicazione di diverse tecniche di classificazione ed il calcolo di alcuni indici di forma. In seguito i dati raster e vettoriali ottenuti dalle elaborazioni sono stati messi a confronto con quelli puntuali rilevati in campo.

La fase preliminare di trattamento ha previsto l'ortorettificazione e la procedura di fusione delle bande multispettrali con la banda pancromatica. La correzione geometrica, effettuata applicando il modello dei *Rational Polynomial Coefficients*, ha permesso di ottenere un errore residuo inferiore ai 2 metri calcolato su punti indipendenti. La fusione è stata realizzata applicando un algoritmo *pan-sharpening* che permette di mantenere inalterate le caratteristiche spettrali delle bande originali; come già rilevato da Giuliarelli (Giuliarelli et al, 2007) la procedura si è dimostrata utile soprattutto ai fini della successiva segmentazione in quanto incrementa la precisione di identificazione degli oggetti rispetto al medesimo processo basato solo su dati multispettrali (Lewinski, 2006).

L'applicazione delle procedure di classificazione è stata preceduta da elaborazioni volte a mettere in evidenza le caratteristiche della copertura forestale, con particolare riferimento al contrasto spettrale tra le aree di vegetazione sana rispetto a quelle con presenza di specie arboree deperienti e/o morte. In particolare sono state prodotte alcune bande derivate da filtri tessiturali (kernel 3x3 pixels) e indici di vegetazione come NDVI (differenza normalizzata tra banda del rosso e dell'infrarosso vicino) e rapporto semplice tra bande (Infrarosso/rosso, Rosso/verde).

Tali bande sono state quindi utilizzate nella fase di elaborazione che ha previsto l'utilizzo di tecniche di classificazione per pixel e per oggetti.

Classificazione per pixel

La classificazione per pixel, utilizzando l'algoritmo *Maximum Likelihood*, è stata applicata a tutta l'immagine al fine di produrre una carta dei principali tipi forestali e delle aperture dovute a moria. Inizialmente sulla base del Piano Forestale erano stati definiti 4 principali tipi forestali riconducibili alle classi quercio-carpineto, popolamenti a prevalenza di robinia (robinieti), popolamenti a prevalenza di quercia rossa e aperture nella *canopy (gaps)*. Successivamente in base ai risultati del test di separabilità spettrale di Jeffries-Matusita (Richards, 1999) si è deciso di analizzare solo le classi che presentavano valori del test superiori a 1,7 (Tabella1), ossia la classe quercio-carpineto, robinieto e aperture (*gaps*). Le aree a prevalenza di quercia rossa sono state incluse nel robinieto in quanto i valori non permettevano una soddisfacente separabilità spettrale.

	Quercia rossa	Robinia	Quercio-carpineto	Aperture
Quercia rossa		1.450	1.659	1.997
Robinia	1.450		1.795	1.993
Quercio-carpineto	1.659	1.795		1.850
Aperture	1.997	1.993	1.850	

Tabella 1: Risultati del test di separabilità spettrale applicato alle 4 classi previste

Classificazione object oriented

Le procedure di segmentazione multi-risoluzione e classificazione fuzzy, implementato nel software Definiens Developer, sono state applicate solo ad una porzione dell'immagine (1040x649 pixel, 48 ha), corrispondente all'area di Ramezzana, particolarmente soggetta al fenomeno di moria del bosco.

La fase di segmentazione (Baatz e Schäpe, 2000) ha come aspetto principale la definizione di un fattore di scala che permette di calibrare la grandezza dei poligoni che si vengono a creare. La sua definizione è dunque in relazione alla scala di analisi che si vuole condurre e al diverso peso che si vuole assegnare ai fattori di forma e di colore (spettrali). Il parametro morfologico si scompone a sua volta in due fattori, uno relativo al grado di arrotondamento (*Smoothness*) e l'altro alla compattezza dei poligoni (*Compactness*).

Il livello finale di segmentazione ritenuto adeguato agli scopi della ricerca è stato ottenuto applicando un fattore di scala pari a 25 con rapporti *color/shape* e *smoothness/compactness* rispettivamente pari a 0,7/0,3 e 0,5/0,5.

Gli elementi così delineati sono stati quindi classificati in base ad una serie di specifiche funzioni di appartenenza costruite mediante apposizione di soglie (Tabella 2) ai valori medi delle bande originarie, alla luminosità (media dei valori di tutte le bande per ogni pixel) e all'NDVI.

	Luminosità	Media blu	Media verde	Media rosso	Media NIR	NDVI
Quercu-carpineto	262-350				551-750	
Robinieto	352-442	258-280	257-303	154-193	751-987	
Aperture	208-261	224-247	195-231	94-133	411-566	0.55-0.69

Tabella 2: valori soglia utilizzati per le regole di classificazione degli oggetti.

Indici di forma

A ciascun poligono classificato come apertura sono stati associati, oltre alle informazioni spettrali, alcuni indici geometrici significativi da un punto di vista ecologico, quali indici di forma (*shape index*, rapporto lunghezza/ ampiezza e compattezza).

L'indice noto come *shape index* è calcolato secondo la seguente formula $SI = P/4\sqrt{A}$ dove P e A sono rispettivamente il perimetro e l'area di un oggetto. E' un valore che va da 1 a infinito e permette di quantificare la dimensione frattale dell'oggetto.

I valori dell'indice rapporto lunghezza/ ampiezza (Baatz e Schäpe, 2000) sono compresi tra 0 e 1, in cui oggetti con valori prossimi a 1 tendono ad una forma quadrata, mentre quelli con valori prossimi a 0 tendono ad avere forme fortemente allungate. L'indice di compattezza si calcola come prodotto della lunghezza e dell'ampiezza, diviso per il numero dei pixel che compongono l'oggetto; i valori sono compresi tra 0 e infinito.

Rilievi in campo

Tra la primavera e l'estate 2008 sono stati realizzati 78 rilievi in campo con GPS al fine di localizzare singoli individui o gruppi di piante morte o fortemente deperienti. I punti rilevati con il sistema Mobile Mapper (Thales) sono stati acquisiti in buone condizioni di ricezione (6 satelliti visibili) e sono stati sottoposti a procedure di correzione differenziale per eliminare alcuni effetti di distorsione legati alla presenza della copertura arborea o a fenomeni di rifrazione in atmosfera. I rilievi sono stati classificati in tre gruppi: aperture con querce morte (42), con robinie morte (18) e aperture prive di piante morte (18).

Creazione di un sistema informativo

E' stato creato un sistema informativo comprendente oltre alle immagini raster, i rilievi puntuali acquisiti con GPS e gli strati vettoriali relativi ai poligoni identificati come aperture in entrambe le classificazioni. Ad ogni poligono è stata associata una tabella contenente i valori medi di NDVI e i valori medi degli indici di forma sopra descritti al fine di valutare se sono presenti differenze statisticamente significative tra i diversi gruppi di aperture.

Al fine di confrontare i punti di rilievo con i poligoni classificati è stato costruito un buffer di 4 metri intorno alla coordinata di ciascun punto per tenere conto di un certo errore posizionale residuo legato sia al rilievo GPS sia all'ortorettificazione dell'immagine satellitare.

4. Risultati

I risultati ottenuti dall'incrocio tra il buffer costruito attorno ai punti rilevati a terra e le aperture derivate dalle classificazioni sono riportati nella tabella 3.

	Metodo di classificazione	
	Per pixel	Per oggetti
Numero di poligoni classificati come aperture (Area in ettari; percentuale sul totale)	1143 (4,7 ha; 9,8%)	552 (5,6 ha; 11,6%)
Superficie comune tra le due classificazioni	3,33 ha	
Numero di poligoni associati alla presenza di alberi morti in base ai rilievi a terra (Area in ettari)	43 (0,4ha)	49 (0,63 ha)

Tabella 3: confronto tra numero assoluto di poligoni classificati come aperture con i due metodi di classificazione e numero di aperture correlabili ai dati a terra sulla presenza di piante morte.

Le aree classificate come aperture coprono superfici molto simili nelle due classificazioni (circa il 10% della superficie boscata analizzata). Il numero di poligoni prodotto con la classificazione per pixel è però circa doppio rispetto all'esito dell'approccio per oggetti. Analizzando i valori di NDVI e degli indici di forma calcolati per i due campioni emerge una certa differenza solo per quanto riguarda lo *shape index* e l'indice di compattezza, con valori costantemente più bassi per i poligoni derivati dalla classificazione per pixel (Figura 1).

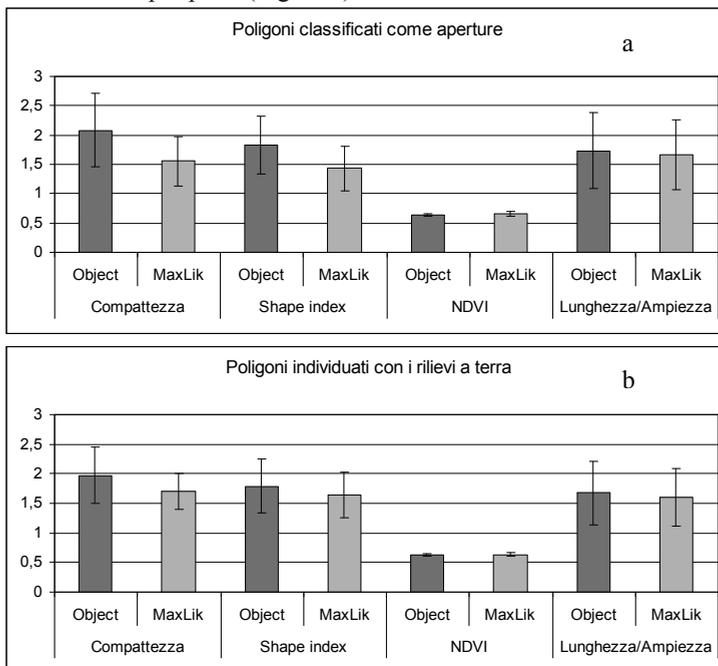


Figura 1: Confronto tra valori degli indici di forma e di NDVI calcolati con i due metodi di classificazione su tutte le aperture (a), e su quelle correlate alla presenza di alberi morti (b).

Conclusioni

Il presente studio ha permesso di raggiungere una serie di risultati preliminari riguardanti l'approccio metodologico più adatto per l'identificazione e delineazione delle aperture nel bosco. In particolare si rileva che:

- I poligoni derivati dalla classificazione per oggetti sono meno numerosi e più compatti, come dimostrato dalla presenza di valori dell'indice di compattezza significativamente maggiori.
- E' stato possibile associare ai punti rilevati con presenza di alberi morti un numero maggiore di poligoni nel caso dell'approccio per oggetti (49/78) che in quello per pixel (43/78).

Ne deriva che l'approccio per oggetti sembra fornire risultati migliori poiché elimina l'effetto "sale e pepe" legato alla classificazione di gruppi di pixel molto piccoli (singole ombre di chiome di alberi molto grandi o altre piccole discontinuità nella copertura non associabili alla morte di esemplari di quercia) che compare tipicamente nel caso della classificazione per pixel.

Ulteriori analisi sono in corso per provare a discriminare le aperture effettivamente correlabili alla presenza di piante morte o fortemente deperienti, anche se, in base al campione di rilievi ad oggi disponibile, non sono state registrate differenze significative di NDVI o di indici di forma tra queste e altre aperture formatesi per cause diverse.

Nella prima fase di svolgimento del progetto sono stati prevalentemente descritti e confrontati i due approcci metodologici utilizzando una singola immagine satellitare; in seguito è previsto l'avvio di un programma di monitoraggio della mortalità delle querce nel tempo mediante il confronto di set multitemporali che consentiranno di seguire l'evoluzione del fenomeno.

Bibliografia

- Baatz, M., Schäpe, A., 2000. Multiresolution segmentation - an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*. Wichmann-Verlag, Heidelberg : 12-23.
- Giuliarelli D., Corona P., Lamonaca A., 2007. Sperimentazione di tecniche object oriented per la classificazione di uso/copertura del suolo Corine Land Cover da immagini satellitari a media risoluzione. *Forest@4* (3): 272-282. [online]
- Guo Q., Kelly M., Gong P., D. Liu, 2007. An object-based classification approach in mapping tree mortality using high spatial resolution imagery. *GIScience & Remote Sensing* 444 N. 1: 24-47.
- Kelly, M., Shaari, D., Guo, Q. H., and D. S. Liu, 2004, "A Comparison of Standard and Hybrid Classifier Methods for Mapping Hardwood Mortality in Areas Affected by 'Sudden Oak Death'," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70:1229-1239.
- Muchoney, D.M., and Haack B. N., (1994) Change detection for monitoring forest defoliation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 60: 1243-1251.
- Leckie D.G., Gougeon F.A., Walsworth N., Paradine D., 2003. Stand delineation and composition estimation using semi-automated individual tree crown analysis. *Remote Sensing of Environment* 85 : 355-369.
- Lewinski S., 2006. Applying fused multispectral and panchromatic data of Landsat ETM+ to object oriented classification. Proceedings of the 26th EARSeL Symposium, New Developments and Challenges in Remote Sensing, May 29-June 2, 2006, Warsaw, Poland.
- Meentemeyer R.K., Rank N.E., Shoemaker D.A., Oneal C.B., Wickland A.C., Frangioso K.M. e Rizzo D.M., 2007. Impact of sudden oak death on tree mortality in the Big Sur ecoregion of California, *Biological Invasions*
- Osborne C.P., Mitchell P.L., Sheehy J.E., Woodward F.I., 2000. Modelling the recent impacts of atmospheric CO₂ and climate change on Mediterranean vegetation. *Global Change Biology* 6: 445-458.
- Read J. M., Clark D.B., Venticinque E.M. e Moreira M.P., 2003. Application of merged 1-m and 4-m resolution satellite data to research and management in tropical forests. *Journal of Applied Ecology*, 40: 592-600.
- Royle D.D., Lathrop R.G., 1997. Monitoring hemlock forest health in New Jersey using Landsat TM data and change detection techniques. *Forest Science* 43 (3): 327-335

GLI INSEDIAMENTI COSTIERI A BASSA DENSITA' RILIEVO SATELLITARE VS. CARTE TECNICHE REGIONALI

Luigi GUASTAMACCHIA (*), Maria Raffaella LAMACCHIA (*), Silvana MILELLA (*),
Cristina TARANTINO (**)¹

(*) Politecnico di Bari, Dipartimento ICAR, via Orabona 4, Bari, tel/fax 0805963880,
lugu@tiscali.it, mr.lamacchia@poliba.it, silvana.milella@poliba.it
(**) ISSIA-CNR, via Amendola 122 D-O, Bari, cristina@ba.issia.cnr.it

Riassunto

Il lavoro, compiuto all'interno della Ricerca IMCA (*Integrated Monitoring of Coastal Areas*), **Nuove tecnologie per il rilevamento, per l'analisi ed il monitoraggio di parametri ambientali**, mira a valutare le potenzialità dell'utilizzo dei dati telerilevati da satellite, alla media e alta risoluzione, per l'analisi delle trasformazioni antropiche delle aree costiere. In particolare ci si è soffermati a valutare le potenzialità del supporto fornito dall'analisi di immagini satellitari Landsat e Quickbird per l'indagine del fenomeno della dispersione di insediamenti a bassa densità lungo la fascia costiera. L'area di studio analizzata ricade nel basso Salento orientale comprendendo il territorio comunale di Otranto.

Abstract

The work, carried out within the IMCA Research (*Integrated Monitoring of Coastal Areas*), **New technologies for the survey, analysis and the monitoring of environmental parameters**, tends to improve the potentialities of the use of remote sensed data, in medium/high-resolution, for the analyses of anthropic transformations on coastal areas. In particular we have analyzed the potentialities of the support given by the analysis of Landsat and Quickbird satellite images to study the phenomenon of settlements dislocation with low density, along the coastal area. The area under study is the south-east Salento, included the town territory of Otranto.

1 - Il contesto della ricerca

Il lavoro è stato compiuto all'interno della Ricerca IMCA (*Integrated Monitoring of Coastal Areas*), **Nuove tecnologie per il rilevamento, per l'analisi ed il monitoraggio di parametri ambientali**, finanziata dal MIUR, nell'ambito di attività volte alla costruzione di mappe di qualità del paesaggio costiero, mediante l'uso di indici di qualità ambientale derivati da scene satellitari. Scopo del progetto IMCA è quello di sviluppare un sistema teso ad offrire un servizio per il monitoraggio delle aree costiere mediante la produzione periodica e distribuzione su rete di mappe tematiche. La ricerca, sulla base della Convenzione Europea del Paesaggio, approfondisce i temi della Qualità del Paesaggio, con processi di *scaling up*, di letture che attraversano i fenomeni secondo variabili spazio-temporali. I prodotti attesi della ricerca sono mappe che rappresentino tanto lo stato del paesaggio (usi del suolo), quanto i cambiamenti in atto (carta delle trasformazioni), per giungere infine a riconoscere criticità e valori dello stesso, da formalizzare in una carta degli obiettivi di qualità (art. 1 comma c, CEP). Metodologicamente, la lettura dei processi di trasformazione e la

¹ Il lavoro è frutto di una riflessione comune degli autori, purtroppo è attribuibile a Luigi Guastamacchia la stesura del §1, a Maria Raffaella Lamacchia del § 2 a Cristina Tarantino del §3, e congiuntamente a tutti gli autori l'abstract e il §4. La produzione delle mappe di uso del suolo da immagine satellitare è stata curata da Cristina Tarantino, mentre il calcolo delle matrici di confusione e delle densità da Silvana Milella.

costruzione di mappe interpolano dati di verità e dati telerilevati con un duplice scopo: da un lato quello di realizzare uno studio fenomenologico volto alla modellizzazione delle trasformazioni del paesaggio costiero; dall'altro quello di determinare nuove classi del rilievo che assumano la dimensione temporale come un parametro di lettura.

2 - Il fenomeno indagato: la dispersione costiera

Gli ambiti costieri extraurbani solo da poco tempo sono diventati luoghi per lo sviluppo degli insediamenti umani. Una particolare forma di città del XX secolo è stata costruita sui territori costieri. Nel passato i paesaggi litorali hanno rappresentato l'immaginario della paura e della inquietudine, hanno rappresentato dei luoghi poco inclini alla abitabilità e alla vita amena. Il paesaggio costiero e il desiderio del litorale come immaginario di benessere e tempo libero si è costruito soprattutto all'inizio del secolo scorso ma i fenomeni insediativi più significativi risalgono agli ultimi 50 anni con una velocità delle trasformazioni, di gran lunga maggiore che in qualsiasi altro contesto. Al di fuori dei contesti urbani, lungo le coste italiane, come in molte altre aree costiere europee e mondiali, si è assistito in particolare a partire dagli anni '70, ad una significativa proliferazione, di insediamenti turistici a bassa densità (Viganò 2004, Mininni 2008).

Si tratta in alcuni casi di insediamenti di case unifamiliari isolate sul lotto, pianificati e a volte progettati a scopi turistici, in forme unitarie, in altri casi di insediamenti sorti in forma incrementale dall'iniziativa di privati che hanno scelto di edificare, a volte anche abusivamente, a poca distanza dal mare, per trascorrere i mesi estivi (seconda casa); in altri casi ancora si tratta di insediamenti sorti ed autorizzati per la sosta temporanea di alloggi mobili (aree a campeggio) poi solidificatisi nel tempo con la giustapposizione di volumi fissi. Nella maggior parte dei casi essi sono costituiti da unità immobiliari ad un solo piano, o al massimo due, le quali sviluppano singolarmente 50-90 mq di superficie coperta su lotti lastricati e/o piantumati.

Il paesaggio che si delinea è allo stesso tempo un paesaggio *recente* e *un paesaggio a ritmi veloci di trasformazione*, condizioni che ben si prestano all'analisi attraverso immagini telerilevate da satellite proprio per la possibilità di acquisire e quindi confrontare, scene con intervalli temporali ravvicinati, a partire dagli anni '70 per la media risoluzione e dal 2001 in poi per l'alta risoluzione.

3 - Base dati analizzati

Al fine di valutare l'apporto fornito dall'utilizzo di immagini satellitari a media ed alta risoluzione per l'indagine del fenomeno della dispersione di insediamenti costieri a bassa densità, sono stati messi a confronto, per un tratto di territorio costiero salentino (fig.1), gli strati informativi tematici dell'edificato ottenuti attraverso la classificazione di una scena a media risoluzione (Landsat TM5 2004) di una scena ad alta risoluzione (Quickbird 2005) con il *layer* dell'edificato estratto dalla Carta Tecnica della Regione Puglia del 2006. Unitamente a quest'ultimo è stato utilizzato come dato di verità a terra l'ortofoto IT 2005 prodotto dalla CGR di Parma.

Il lavoro è stato elaborato utilizzando una sola data per le scene satellitari, con lo scopo di simulare le non sempre facili possibilità di acquisizione e reperimento delle stesse, dovute a molteplici fattori quali, la mancanza di acquisizioni sistematiche dell'area d'interesse da parte del satellite Quickbird, l'alta percentuale di *cloud cover* per le scene d'interesse Landsat e non ultimo per i costi di acquisizione su territori ampi, in particolare per le immagini ad alta risoluzione.

Sulla base di queste limitazioni si è voluto indagare circa le possibilità che offre il telerilevamento, nella pianificazione a scala regionale, al fine di intercettare e circoscrivere fenomeni, come quello indagato della dispersione degli insediamenti costieri a bassa densità, che richiedono una contestualizzazione e problematizzazione di area vasta.

Per quanto concerne la media risoluzione è stata analizzata una scena Landsat TM5 del 23 agosto 2004, *frame* 187/32, relativa a gran parte del Salento nelle sue 7 bande multispettrali alla risoluzione spaziale di 30 metri. L'immagine, corrispondente ad una scena approssimativamente di 60 km x 60 km, è stata geocodificata nel sistema cartografico WGS84 - GAUSS BOAGA. Si è

prodotta una classificazione supervisionata *pixel-based* basata sull'individuazione di aree di *training*, appartenenti a 11 classi² fotointerpretate sull'immagine satellitare e validate sulle relative ortofoto IT 2005. La classificazione supervisionata è stata effettuata mediante classificatore statistico di tipo *Maximum Likelihood* cui sono state fornite in input le 7 bande multispettrali. Essa ha fornito una mappa con una *Overall Accuracy* del 97.65% in *training* e del 93.57% in *test*. Successivamente si è applicato sull'immagine classificata un filtro mediano con finestra 3x3 in modo da ridurne gli *spot* isolati.

Per il dato ad alta risoluzione è stata analizzata una scena Quickbird del 16 gennaio 2005 relativa alla costa di Otranto. Analogamente alla scena Landsat si è utilizzata una metodologia di classificazione di tipo supervisionato *pixel-based* basato sull'utilizzo di aree di *training* acquisite da fotointerpretazione per poi procedere alla classificazione mediante *Maximum Likelihood*. In tal caso sono state estratte più classi a copertura totale della scena³. Fra di esse è stata isolata la classe urbano che, è stato possibile distinguere in due categorie di edificato caratterizzate da una diversa componente spettrale: urbano grigio e urbano bianco corrispondenti a materiali differenti.

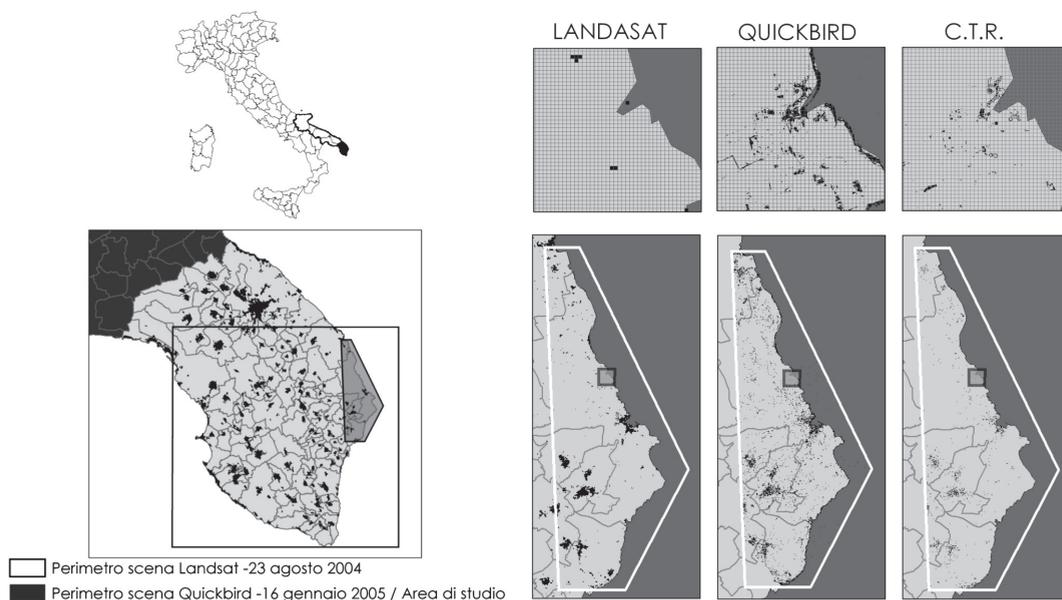


Figura.1. Localizzazione e descrizione insediativa-amministrativa dell'area di studio e mappe di urbano ricavate da scene Landsat, Quickbird e C.T.R

Il dato utilizzato per il confronto è stato estratto a partire dalla Carta Tecnica della Regione Puglia 2006 prendendo in considerazione i soli poligoni dell'edificato, escludendo le strutture interrante e le strutture in costruzione (in quanto il rilievo aerofotogrammetrico ha data più recente rispetto alle altre due fonti) e gli elementi, che per loro natura, presentano una superficie acquea (come saline o

² Aree marine, corpi idrici interni, aree umide interne, macchia, pinete, prateria, aree con vegetazione rada, campi coltivati con e senza albero, urbano, nuvola, ombra.

³ Seminativi, colture permanenti, aree umide interne, pinete, prateria, aree con vegetazione rada, aree marine, corpi idrici interni, macchia, urbano grigio, urbano bianco, ombra.

paludi). Inoltre per quanto concerne gli elementi che rappresentano dei vuoti di edificato, (come gli atri o cavedi), si è provveduto a sottrarne la superficie dai relativi pieni⁴.

L'area di studio effettiva (16.875,46 ha) su cui sono state verificate le accuratezze tematiche è stata ritagliata a partire dal perimetro dell'immagine Quickbird escludendo da esso le aree coperte da nubi al momento dell'acquisizione⁵ (fig.1).

Al fine di valutare la concordanza della classificazione tematica, per prima cosa sono state costruite le matrici di confusione relativamente alle classi di urbano estratte da ciascuna delle due scene satellitari utilizzando come dato di verità a terra l'edificato estratto dalla Carta Tecnica Regionale.

Le matrici di confusione sono state costruite utilizzando la metodologia classica ormai consolidata dalla letteratura, applicandola, piuttosto che ad un campione statistico di punti, all'estensione in ha delle classi rilevate. Quindi si è proceduto alla stima di alcuni parametri statistici come l'*Overall Accuracy* (valore percentuale, OA), oltre che alla *User's Accuracy* ed alla *Producer's Accuracy*.

Per l'accuratezza tematica della carta⁶, si è ottenuto come parametro di OA (%) il 96% per la scena Landsat e il 94% per la scena Quickbird.

Per quanto riguarda gli altri due parametri statistici si è tenuto conto soprattutto dell'accuratezza del produttore, piuttosto che dell'accuratezza dell'utente⁷, poiché a seguito dell'impiego di una sola data per le scene satellitari, i valori ottenuti per quest'ultimo parametro risultano relativamente bassi. Si è stimato che su 214,72 ha di superficie edificata per la C.T.R., 117,21 ha sono stati correttamente classificati nella classe di urbano dalla scena Landsat, con un'accuratezza del produttore del 54%, mentre 172,6 ha ricadono nella classe di urbano estratta dalla scena Quickbird, con un'accuratezza del produttore pari all'80%.

4 - Metodologia e discussione dei risultati

Si è proceduto a calcolare quale fosse il rapporto di copertura calcolato a partire dalla C.T.R. ($R_c =$ percentuale di Superficie coperta - S_c - rispetto alla Superficie territoriale - St -) rilevato come urbano dalla classificazione dell'immagine Landsat. Il rapporto di copertura è stato ricavato a partire dall'edificato della C.T.R. sulla base di una griglia di 30 m coincidente con i *pixel* dell'immagine Landsat.

Sono stati calcolati il numero di pixel dell'immagine Landsat che presentano densità edilizie da C.T.R. minori dell'1%, minori del 2% (...), minori del 100%⁸. Per un valore di RC superiore al 60% l'identificazione dell'urbano da parte dell'immagine Landsat satura intorno al 40% dell'edificato C.T.R. (figg.2-3).

Ciò ha permesso di stabilire che la classificazione Landsat ha serie difficoltà a rilevare la classe urbano sotto un certo limite di rapporto di copertura e specificatamente sotto al 60% .

⁴ Sono cioè stati presi in considerazione tutti i poligoni identificati con la prima cifra del codice cartografico uguale a 3, escludendo le strutture interrate (31110100-edificio interrato) le strutture in costruzione (31111000 - edificio in costruzione, 31211000 - capannone in costruzione, 31311000 - chiesa in costruzione) e gli elementi che per loro natura presentano una superficie acqua (34650000 - salina, 34660000 - palude). Inoltre per quanto riguarda gli elementi che rappresentano dei vuoti di edificato è stato selezionato il layer 31670000 - atrio (cavedio).

⁵ L'immagine Quickbird presenta 1.097,11 ha di superficie non rilevata a causa della presenza di nubi.

⁶ Concordanza della classificazione tematica da essa fornita per il territorio considerato rispetto alla cosiddetta verità a terra

⁷ Per accuratezza del produttore si è intesa la percentuale delle superfici che appartengono alla classe e che risultano correttamente attribuiti, mentre per accuratezza dell'utente si è intesa la stima della percentuale delle superfici correttamente attribuite alla classe tematica rispetto al totale delle superfici attribuite a quella classe.

⁸ Ad esempio nel rigo dell'20% di RC sono stati conteggiati 10717 celle 30x30 con densità fino all'20% di RC per l'edificato C.T.R., e di questi si è visto che solo 2744 (25.60%) sono pixel urbano (30x30) nella classificazione da Landsat.

RC	C.T.R	LANDSAT		QUICKBIRD	
	n. celle 30x30 con densità ≤ RC	n. pixel (30x30) urbano Landsat	n. pixel urbano Landsat / n. celle con densità ≤ RC da C.T.R	n. celle 30x30 con densità ≤ RC da Quickbird	n. celle 30x30 con densità ≤ RC da Quickbird / n. celle 30x30 con densità ≤ RC da C.T.R
1%	2660	426	16,02%	330	12,41%
2%	4154	661	15,91%	673	16,20%
3%	5168	833	16,12%	1054	20,39%
4%	5945	1018	17,12%	1399	23,53%
5%	6528	1160	17,77%	1666	25,52%
6%	7042	1303	18,50%	1950	27,69%
7%	7427	1428	19,23%	2180	29,35%
8%	7828	1550	19,80%	2456	31,37%
9%	8163	1655	20,27%	2684	32,88%
10%	8469	1767	20,86%	2900	34,24%
11%	8721	1849	21,20%	3091	35,44%
12%	9001	1968	21,86%	3287	36,52%
13%	9268	2087	22,52%	3459	37,32%
14%	9496	2185	23,01%	3634	38,27%
15%	9715	2280	23,47%	3818	39,30%
16%	9921	2373	23,92%	3991	40,23%
17%	10121	2462	24,33%	4145	40,95%
18%	10312	2561	24,84%	4305	41,75%
19%	10526	2657	25,24%	4433	42,11%
20%	10717	2744	25,60%	4572	42,66%
30%	12314	3657	29,70%	5970	48,48%
40%	13490	4488	33,27%	7188	53,28%
50%	14415	5285	36,66%	8266	57,34%
60%	15017	5806	38,66%	9359	62,32%
70%	15330	6092	39,74%	10384	67,74%
80%	15419	6167	40,00%	11467	74,37%
90%	15449	6192	40,08%	12477	80,76%
100%	15456	6197	40,09%	13286	85,96%

Figura. 2. Tabella dei rapporti di copertura.

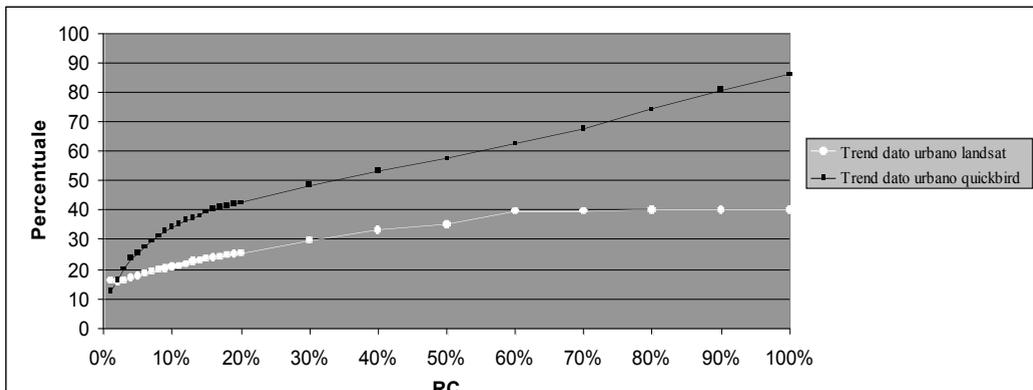


Figura. 3. Grafico che illustra i trend discussi per il dato Landsat e per il Quickbird.

Analoghe valutazioni sono state effettuate sulle immagini Quickbird. Il dato di densità sulla stessa griglia 30 x 30 utilizzata per l'immagine Landsat, è stato confrontato con quello già estratto da C.T.R. per le diverse classi di rapporto di copertura (fino a 1%, fino a 2%); il numero di celle 30 x 30 con una densità di pixel di urbano da Quickbird minore di un certo valore è stato messo a confronto rispetto al numero di celle 30 x 30 con un rapporto di copertura dell'edificato da C.T.R. minore dello stesso valore. Come è riportato nella tabella (fig.2-3), l'accuratezza dei risultati ottenuti da classificazione Quickbird rispetto a quelli ottenuti da C.T.R. per rapporti di copertura superiori al 20%, hanno un andamento lineare che aumenta all'aumentare del rapporto di copertura

fino ad una percentuale dell'86%. Ciò ci permette di affermare che le immagini Quickbird consentono di indagare i tessuti edilizi con un rapporto di copertura tra il 20% e il 60 %, non indagabili da immagine Landsat.

Successivamente si è proceduto, sulla base della stessa griglia 30 x 30, a calcolare i valori di densità divisi in cinque classi (0-20%;20%-40%;40%-60%;60%-80%;80%-100%), sia per l'edificato da C.T.R., che per la classe di urbano estratto dalla Quickbird, ricavando così una griglia di confronto con le differenze di densità. Sono state così individuate tre classi di differenze di densità al fine di comprendere ciò che il dato Quickbird sovrastima o sottostima rispetto al dato C.T.R. (fig.4).

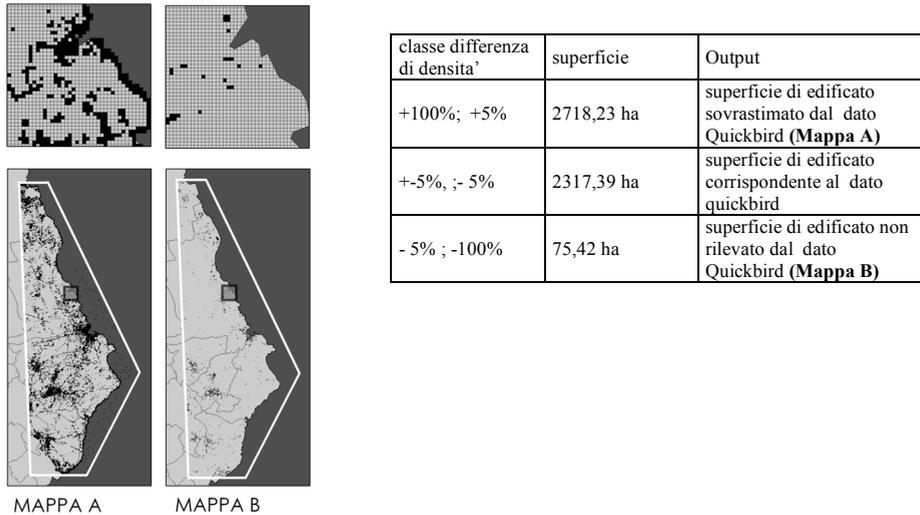


Figura. 4. Mappe di confronto delle densità tra l'edificato da C.T.R. e la classe urbano da Quickbird.

Di qui emerge la principale limitazione dell'uso di una sola data dell'immagine ad alta risoluzione, con classificazione *pixel-based* di tipo unicamente spettrale: la sovrastima della classe di urbano in cui confluiscono non solo edifici e strade ma anche le scogliere e i litorali in genere con simile risposta spettrale (grigio-bianca).

Il successivo obiettivo, oggetto di studi già in corso, consiste nella classificazione di più date ad alta risoluzione in modo da accrescere la discriminazione spettrale e soprattutto l'utilizzo di metodologie di tipo *object-based* che utilizzino nella classificazione non solo regole spettrali ma anche spaziali, relazionali e contestuali.

Bibliografia

Mininni et al. (in press) "Identità e diversità come strategia per una nuova progettualità del turismo costiero nel Mediterraneo", in Magniglio Calcagno A., *Il Turismo Durevole per la Riquilificazione del Paesaggio Costiero*.

Viganò P., (2004), (a cura di), *New territories. Situations, projects, scenarios for the European city and territory*, Officina Edizioni.

TECNICHE DI REMOTE SENSING PER LO STUDIO DI UN'AREA URBANA: LA CITTÀ DI BARI

D. GUGLIETTA (*), A. ANGELINI (*), C. ATTURO (*), T. CRETA (*),
P. MEROLA (*), A. ALLEGRINI (*)

(*) CNR – Istituto sull'Inquinamento Atmosferico, Area della Ricerca RM1, Via Salaria Km 29,300, 00016
Monterotondo Stazione (RM), tel. 06-90672397, fax 06-90672660
e-mail: guglietta@iia.cnr.it; angelini@iia.cnr.it; atturo@iia.cnr.it; creta@iia.cnr.it; merola@iia.cnr.it
e alessia.allegri@iia.cnr.it

Riassunto

L'espansione rapida e incontrollata delle città, per far fronte al crescente numero di abitanti seguita dal bisogno di infrastrutture e servizi, ha determinato cambiamenti che in alcuni casi non hanno seguito l'impianto urbanistico originale.

Monitorare i cambiamenti nelle aree urbane è uno strumento importante per comprendere le interazioni tra la copertura del suolo e gli agenti di disturbo.

In questo studio prenderemo in considerazione i cambiamenti verificatisi nelle fasce individuate nel comune di Bari. La città si è sviluppata attorno ad un centro storico protetto da una cinta muraria e nei secoli è divenuta una delle più grandi aree portuali del Mezzogiorno.

Per monitorare i processi di urbanizzazione e i cambiamenti nella copertura del suolo sono state utilizzate immagini iperspettrali del sensore MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*), uno scanner elettro-ottico modulare aviotrasportato costituito da 4 spettrometri che riprendono simultaneamente, con un angolo istantaneo di vista di 2 mrad, le radiazioni provenienti dalla superficie terrestre nelle lunghezze d'onda del visibile (20 bande tra 0,43-0,83 μm), dell'infrarosso vicino, NIR, (8 bande tra 1,15-1,55 μm), dell'infrarosso medio, MIR, (64 bande tra 2,0-2,5 μm) e dell'infrarosso termico, TIR, (10 bande tra 8,2-12,7 μm) per un totale di 102 bande. Lo scopo di questo lavoro è di confrontare le dinamiche evolutive (costruzioni, strade e vegetazione) che hanno interessato il territorio.

Abstract

The rapid and uncontrolled expansion of cities, to deal with the growing number of inhabitants and of infrastructure and services, led to changes that in some cases don't have respected the original urban plan.

An important tool to monitor changes in urban areas is to understand the interactions between land cover and untidiness agents. In this work will study the changes occurring in zoning identified in Bari area. The city grew around a historic center protected by a wall and over the centuries has become one of the largest port area in Southern Italy.

MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*) images are used to monitor the urban and the land use changes. MIVIS airborne hyperspectral sensors is a modular instrument composed of 4 spectrometers, which simultaneously collect radiation coming from the Earth's surface in 102 bands (Visible, Near-InfraRed, Mid-InfraRed and Thermal-InfraRed).

The goal of our work is to compare the transformations (buildings, roads and vegetation) concerning the study area.

Introduzione e area di studio

La distribuzione spazio-temporale della vegetazione è una componente importante dell'ambiente urbano, infatti la vegetazione influenza le condizioni ambientali e i flussi di energia attraverso la riflessione e l'assorbimento della radiazione solare (Gallo et al., 1993; Roth et al., 1989; Goward et al., 1985) e l'evapotraspirazione (Owen et al., 1998; Gillies et al., 1997; Carlson et al., 1994; Pric, 1990).

Inoltre, i cambiamenti all'interno delle città come la perdita di aree verdi e la forte antropizzazione hanno portato alla formazione del fenomeno denominato "isola di calore urbana" (Oke, 1979).

Le città, in questo modo, sono diventate un mosaico di ambienti, ognuno dei quali, dal centro verso la periferia, risulta caratterizzato dalla maggiore o minore presenza di edifici, strade, aree verdi e terreni coltivati.

In questo lavoro si analizza la città di Bari che rientra in un progetto più vasto il quale prende in considerazione lo sviluppo urbanistico e le dinamiche ad esso collegate di alcune città portuali del sud d'Italia.

Bari è il capoluogo della regione Puglia; con i suoi 320.00 abitanti è il maggior centro della regione per popolazione e per importanza economica. Si affaccia lungo la costa Adriatica e la sua estensione territoriale è di 116 kmq.

La città di Bari è stata suddivisa dalla costa verso l'entroterra per fasce di espansione.

Lo scopo è monitorare le dinamiche di sviluppo e le conseguenze ambientali ad esse collegate.

Materiali e metodi

Il presente lavoro è stato realizzato utilizzando voli acquisiti con il sensore MIVIS (Bianchi et al., 1994) effettuati sulla Regione Puglia nell'estate 2004, di proprietà dell'Arma dei Carabinieri, nell'ambito del Programma Operativo Nazionale per la Sicurezza e lo Sviluppo del Mezzogiorno d'Italia.

La quota di volo delle riprese aeree è di 2500 m., a cui corrisponde una risoluzione media al suolo del pixel di 5 x 5 m. (25 mq).

I dati hanno subito un pre-processamento ed una calibrazione radiometrica al fine di rendere più agevole l'estrazione delle informazioni contenute nell'immagine.

Per mettere in risalto i cambiamenti evidenziati nelle immagini MIVIS, causati da fattori naturali o umani al variare delle scale temporali e spaziali, sono state utilizzate differenti tecniche di elaborazione:

- calcolo degli indici di vegetazione;
- analisi termica;
- classificazione *supervised*.

Il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (Gong Dao-Yi, Shi Pei-Jun, 2003, Bannari et al., 1995; Christensen, Goudriaan, 1993; Goward et al., 1991), è uno degli indici di vegetazione più studiati ed applicati alle immagini telerilevate. Questo indice è basato sulla differenza normalizzata dei valori di riflettività (ρ) nelle bande dell'Infrarosso Vicino (NIR) e del Rosso (R). Viene messa in relazione l'assorbimento spettrale della clorofilla nel R con il fenomeno della riflessione nel NIR, influenzato dal tipo di struttura fogliare. L'NDVI è definito come il rapporto tra la differenza e la somma di due bande, rispettivamente il NIR e il R. Questo rapporto normalizzato fornisce valori numerici adimensionali compresi tra -1 e +1. I valori negativi dell'indice corrispondono all'acqua, valori prossimi allo zero ma positivi (0-0.2) corrispondono ai suoli e valori da 0.3 a 0.6 indicano la presenza di superfici vegetate con massimi intorno a 0.8 nel caso di vegetazione molto densa.

Le bande dell'Infrarosso Termico (TIR, *Thermal InfraRed*) (Carlson et al., 1994) sono adatte alla misura delle temperature delle superfici e permettono di estrarre informazioni di tipo statistico sulla temperatura emessa dai corpi. Il risultato finale, che nel primo *output* è una rappresentazione in

scala di grigio, è enfatizzato attraverso la tecnica del “*density slicing*”, in base alla quale le differenze di temperature sono indicate con differenti colori.

La classificazione delle immagini costituisce uno strumento fondamentale per il riconoscimento spettrale e/o geometrico degli oggetti presenti sulla scena esaminata.

Essa è basata sull'analisi di tutti i *pixel* presenti in un'immagine digitale e la loro assegnazione ad un gruppo finito di classi (firma spettrale).

La *Spectral Angle Mapper* (SAM) (Gomasca, 2006; Kruse et al., 1993; Guyot, 1989), utilizzata in questo lavoro, è una classificazione assistita (*supervised*) che utilizza un algoritmo che opera attraverso il riconoscimento spettrale basato sul confronto angolare tra i vettori rappresentanti la proiezione spettrale della classe di riferimento (*target*) e i *pixel* da classificare.

Lo studio dell'evoluzione delle dinamiche ambientali sulla città di Bari è stata effettuata per fasce di espansione:

- la prima fascia comprende il centro storico (la cosiddetta Bari Vecchia);
- la seconda fascia, situata all'interno dell'anello ferroviario, comprende il quartiere Murat-San Nicola (borgo nuovo o murattiano) sviluppato dagli inizi del '900;
- la terza fascia, situata a sud dell'anello ferroviario, comprende il quartiere di Picone-Carrassi
- la quarta fascia, compresa tra il limite quartiere Picone-Carrassi e la tangenziale, comprende il quartiere di Poggiofranco;
- la quinta e ultima fascia, ad ovest del centro storico, comprende la zona Fiera e la zona commerciale-industriale.

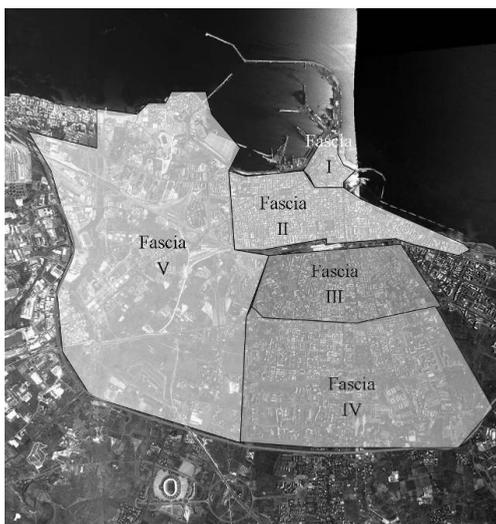


Figura 1 – La città di Bari suddivisa in 5 fasce di studio.

Risultati e discussioni

Le fasce I e II della città di Bari, che si estendono tra la costa e la linea ferroviaria con strade a reticolo ortogonale, sono costituite dalla città vecchia (fascia I) compresa tra i porti “nuovo” e “vecchio” e dalla città nuova (fascia II), fondata da Gioacchino Murat nel 1813, dove la densità di strutture antropiche (edifici, strade...) risulta essere maggiore rispetto alla presenza di vegetazione che è limitata alle piazze, al parco del castello Normanno-Svevo e ai viali alberati del lungomare. In queste fasce più del 90% della superficie urbana risulta edificata e questa percentuale diminuisce nelle aree di nuova espansione (fasce III, IV e V).

In genere la crescita urbana è caratterizzata dall'espansione, nelle zone immediatamente adiacenti al centro storico, di aree residenziali suburbane percepite come aree caratterizzate da una percentuale maggiore di verde.

Tale fenomeno non si riscontra nell'area più prossima alla ferrovia (fascia III), sviluppata a partire dall'inizio del '900 con una urbanizzazione incontrollata, confusa e irregolare rispetto alla Bari di Murat. Di fatto il "probabile" piano regolatore non ha tenuto conto della necessità di attrezzare questa zona di nuove aree verdi.

Al contrario nelle zone più vicine alla tangenziale (fascia IV) la densità di edifici e infrastrutture è più bassa e si alternano campi colti e incolti e zone verdi.

Questi dati sono confermati dall'analisi dell'indice NDVI i cui valori rispecchiano l'andamento dell'urbanizzazione della città: nell'odierno centro urbano (fascia I e II) predominano i toni del nero rispetto al verde (in figura 2 in toni di grigio) a causa dell'assenza di vegetazione.



Figura 2 – La città di Bari: immagine in NDVI.

Tuttavia valori positivi dell'indice NDVI si ritrovano sia fra le rigide maglie del centro murattiano, in corrispondenza del giardino di piazza Garibaldi e di piazza Umberto I, sia a poca distanza dal mare, ai margini della città vecchia, nei Giardini di Isabella d'Aragona, e infine in corrispondenza dei viali del lungomare-sud.

Quindi in questa zona della città la presenza di aree verdi è legata ai giardini storici che nel corso dei secoli non sono stati interessati dalla speculazione edilizia.

Un risultato diverso appare dall'immagine NDVI dove si nota un graduale aumento dei pixel di vegetazione rispetto a quelli di urbano spostandoci dall'area a sud della ferrovia (fascia III) verso la tangenziale (fascia IV) (vedi figura 2).

Un discorso a parte merita la fascia V, ad ovest del centro cittadino, in quanto il crescente aumento delle attività commerciali-industriali determinano un cambiamento dell'uso del suolo, da agricolo a urbano (nuovi quartieri, centri commerciali, industrie e strade).

In particolare questi nuovi insediamenti sono caratterizzati da un uso massiccio dell'asfalto e del cemento rendendo impermeabili i suoli con conseguenze negative per lo smaltimento delle acque piovane, per la ricarica delle falde acquifere e per il micro clima delle aree.

I dati telerilevati permettono un censimento delle superfici e anche dei materiali di rivestimento attraverso le tecniche di classificazioni (in tonalità scura gli edifici e in chiaro la vegetazione, in nero il non classificato, vedi figura 3).

Inoltre dall'analisi dell'Infrarosso Termico le superfici impermeabili hanno una temperatura maggiore rispetto alle aree verdi. Il continuo cambiamento di uso di suolo può essere monitorato tramite dati da remoto e un'attenta pianificazione dei nuovi nuclei in cui la presenza di un equilibrato rapporto edificato/verde consentirà di risolvere o quanto meno attenuare le problematiche delle aree urbane.

In figura 4 si può osservare che più scura è la tonalità di grigio maggiore è la temperatura del materiale, i valori variano dai 30 ai 60 °C mentre in nero sono rappresentati i materiali con temperatura inferiore ai 30 °C).



Figure 3 e 4 – Quartiere Murat: classificazione dei materiali e analisi termica.

Conclusioni

Questo lavoro, che rientra in un progetto più ampio che interessa diverse città dell'Italia meridionale, rappresenta solo la fase iniziale del monitoraggio approfondito delle variazioni spazio-temporali della città di Bari dal punto di vista delle dinamiche urbane e della densità di vegetazione. I primi risultati confermano una scarsa presenza di aree di verde in una città a continuità storica come il capoluogo apulo.

Bibliografia

- Bannari A., Morin D., Bonin F. (1995), "A review of vegetation Indices", *Remote Sensing*, 13, pp. 95-120.
- Bianchi R., Marino C.M., Pignatti S. (1994), "Airborne Hyperspectral remote sensing in Italy", Europto, Rome 27-29 September 1994, *SPIE V 2318*, pp. 29-37, 1994.
- Carlson T.N., Gillies R.R., Perry E.M. (1994), "A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover", *Remote sensing Reviews*, 9:161-173
- Christensen S., Goudriaan J. (1993) "Deriving light interception and biomass from spectral reflectance ratio", *Remote Sensing of Environment*, 43, pp.87-95.
- Choudhury B.J. (1987), "Relationships between vegetation indices, radiation absorption and net photosynthesis evaluated by a sensitivity analysis", *Remote Sensing of Environment*, 22, pp.209-233.
- Gallo K.P., McNab A.L., Karl T.R., Brown J.F., Hood J.J., Tarpley J.D. (1993), "The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect", *International Journal of Remote Sensing*, 14: 2223-2230

- Gillies R.R., Carlson T.N., Cui J., Kustas W.P., Humes K.S. (1997), "A verification of the triangle method from remote measurements of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature", *International Journal of Remote Sensing*, 15: 3145-3166.
- Gomasasca M.A. (2006), *Elementi di Geomatica*. Associazione Italiana di Telerilevamento.
- Gong Dao-Yi and Shi Pei-Jun (2003), "Northern hemispheric NDVI variations associated with large-scale climate indices in spring", *International Journal of Remote Sensing*, 24, pp. 2559-2566
- Goward S.N., Cruickshanks G.D., Hope A.S. (1985), "Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape", *Remote Sensing of Environment*, 18: 137-146
- Goward S.N., Markham B., Dye D.G., Dulaney W., Yang J. (1991), "Normalized Difference Vegetation Index Measurement from Advanced Very High Resolution Radiometer", *Remote Sensing of Environment*, 35, pp. 257-277
- Guyot G. (1989), "Signatures spectrales des superface naturelles", *Teledetection satellitaire*, 5, Paradigme, Caen, France.
- Kruse F.A., Lefkof A.B., Boardman J.W., Heidebrech K.B., Shapiro A.T., Barloon J.P., Goetz A.F.H. (1993), "The spectral image processing system (SIPS). Interactive visualization and analysis of imaging spectrometer data", *Remote Sensing of Environment*, 44, pp. 145-163, 1993.
- Oke T.R. (1979), "Urban climates and global environmental change", *Applied climatology: Principles and Practice*, edited R.D. Thompson and A. Perry, 273-287.
- Owen T.W., Carlson T.N., Gillies R.R. (1998), "An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization", *International Journal of Remote Sensing*, 19: 1663-1681
- Roth M., Oke T.R., Emery W.J. (1989), "Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology", *International Journal of Remote Sensing*, 10: 1699-1720
- Wilson J.S., Clay M., Martin E., Stuckey D., Vedder-Risch K. (2003), "Evaluating environmental influences of zoning in urban ecosystems with remote sensing", *Remote Sensing of Environment*, 86: 303-321

APPLICAZIONI PER IL MONITORAGGIO DEL TERRITORIO CON INFRASTRUTTURE DI STAZIONI PERMANENTI GPS

Luca GUSELLA (*), Luca PASQUINI (**), Arianna PESCI (***), Fabiana LODDO (***),
Giuseppe CASULA (***), Nicola CENNI (****), Carlo CORSARI (*****)

(*) Eurotec S.n.c., p.le Lubiana, 11/a - 43100 Parma - luca.gusella@eurotecparma.com

(**) ASSOGEO S.r.l. Via Brodolini 10/F - 20049 Concorezzo (MI) - l.pasquini@assogeo.com

(***) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna, via Donato Creti, 12 - 40128 Bologna - pesci@bo.ingv.it; loddo@bo.ingv.it; casula@bo.ingv.it

(****) Dipartimento di Fisica, Settore Geofisica, Università degli Studi di Bologna, Viale Berti Pichat, 8
40127 Bologna - nicola.cenni@unibo.it

(*****) Sihnet - Strada Cavedole 12/c - 41100 Modena - cborsari@sihnet.it

Riassunto

Le reti di stazioni permanenti GPS per le applicazioni in tempo reale (*Network RTK*) sono tra le infrastrutture tecniche più interessanti per quanto concerne le operazioni di rilievo e di rappresentazione del territorio. Le applicazioni cosiddette *Real-Time* comprendono la topografia, il tracciamento di opere ingegneristiche, il rilievo catastale, il monitoraggio di aree di dissesto. Le diverse infrastrutture hanno caratteristiche peculiari, in particolare, le reti dotate di tecnologia VRS (*Virtual Reference Station*) permettono la generazione di stazioni virtuali in punti predeterminati del territorio, garantendo precisioni operative sufficienti a gran parte delle necessità tecniche.

Nel presente lavoro, si vuole cercare di delineare gli ambiti applicativi delle tecniche di monitoraggio GPS in tempo reale (RTK e VRS) per la creazione di modelli digitali del terreno attraverso l'uso cinematico del ricevitore. In particolare, saranno analizzati i risultati ottenuti utilizzando le tecniche VRS e RTK e confrontati i risultati ottenuti in tempo reale con quelli derivati da post elaborazione dei dati di osservazione.

ABSTRACT

GPS networks for real time applications (*Network RTK*) are arising as infrastructures for environmental survey. Real time applications could be: topography, engineering stakeout, cadastral surveys, landslide areas monitoring. A *Network RTK* infrastructure has its proper characteristics, in particular *Virtual Reference Station* technology are permitting the generation of "virtual stations" in any part of the survey, permitting an increasing precision for most technical needs.

In this work, the application of monitoring using network of permanent stations will be evaluated, in particular where, as in the North Italy, these infrastructures are more diffuse.

GPS data will be evaluated either in VRS real time and post-process, using VRS solution or single base solutions, demonstrating applications in selected case studies.

Introduzione

La determinazione di modelli digitali del terreno ed il loro uso applicativo è uno dei campi di interesse del rilievo topografico. In dipendenza dall'estensione e dalle finalità applicative del rilievo (modellistica idraulica, cartografia solo per citare alcuni esempi) porta all'impiego di opportune tecniche geomatiche sia per l'esecuzione, sia per il controllo e la calibrazione dei risultati ottenuti.

L'esecuzione di un rilievo di una superficie, sia esso di caratteristiche naturali sia di caratteristiche ingegneristiche, può essere effettuata utilizzando diverse tecniche:

- fotogrammetria
- *laser – scanner*
- stazione totale
- sistemi GNSS Geodetici (comunemente indicati come GPS)

La scelta della strumentazione con la quale effettuare il rilievo viene effettuata analizzando le caratteristiche di operatività e di precisione richieste dall'oggetto di interesse, oltre che da considerazioni di carattere economico/pratico.

L'uso di sistemi fotogrammetrici è ampiamente documentato in letteratura (Baldi et al. 2008; Fabris et al. 2007), e sicuramente si presta per l'esecuzione di rilievi di ampie porzioni di territorio, con caratteristiche di produttività e di sicurezza, in quanto è un sistema di rilevamento remoto e dunque bene si presta ad essere utilizzato in condizione di rischio. Tuttavia, qualora la porzione di territorio sia di dimensioni non sufficienti tali da giustificare l'impiego di sistemi aerei o qualora la morfologia del territorio, caratterizzata da similitudini in diverse aree di interesse ne renda difficile la restituzione stereoscopica, vengono preferiti altri sistemi.

Una valida alternativa all'uso della fotogrammetria è rappresentata sicuramente dal *laser – scanner*, sia esso aviotrasportato o terrestre. Il rilievo di ampie porzioni di territorio giustifica l'uso di strumentazione aerea; nel caso di piccole zone, come ad esempio frane o discariche, l'uso di un *laser – scanner* terrestre rappresenta una valida soluzione.

Prestazioni simili, anche se con tempi di realizzo del rilievo diversi dovuti alla struttura stessa della strumentazione, si ottengono utilizzando stazioni totali motorizzate, in grado di rilevare oltre 10 punti per secondo a distanze che superano le centinaia di metri, permettendo il rilievo di ampie porzioni di territorio. Tuttavia, la presenza di vegetazione e di ostacoli, obbliga ad utilizzare diverse stazioni tra loro collegate, rendendo più oneroso il rilievo e la sua successiva restituzione.

L'uso di strumentazione GNSS di tipo geodetico è anch'esso un sistema impiegato per la definizione di modelli digitali del terreno, particolarmente quando le caratteristiche del territorio permettano di raggiungere la zona di interesse. Questo tipo di rilievo, per la precisione fornita e per la rapidità di esecuzione, è usato anche per il collaudo di ampie porzioni di territorio il cui modello di elevazione sia ottenuto in via fotogrammetrica o *laser-scanner* da aereo. La diffusione di questo tipo di strumentazione permette inoltre l'esecuzione di questo tipo di rilievo anche a professionisti quali geometri ed ingeneri. Nel prosieguo dell'articolo, dopo una breve descrizione di questa ultima tecnica di rilievo, saranno presentati alcuni casi applicativi relativi al rilievo cinematico satellitare di porzioni di territorio.

Caratteristiche di un rilievo GNSS

Il rilievo tramite strumentazione satellitare geodetica può essere effettuato utilizzando diverse modalità operative, ciascuna delle quali caratterizzata da particolari pregi e particolari precisioni di rilievo. Nell'uso descritto in questo articolo, verrà preso in considerazione il rilievo di tipo cinematico di profili e di porzioni di territorio. Come è noto, il rilievo in questa modalità può essere eseguito con due tecniche specifiche: in tempo reale (RTK, *Real Time Kinematic*) oppure eseguendo una elaborazione dei dati acquisiti in campagna da almeno due strumenti, una stazione base fissa ed un *rover* in movimento (*Post – Processing PP*). La tabella 1 contiene un breve elenco delle principali caratteristiche di questi diversi tipi di rilievo cinematico.

Caratteristica	Tempo Reale (RTK)	Post Processing (PP)
Numero minimo di satelliti	5	4
Tempo di inzializzazione	<1 minuto	Rilievi ininterrotti di 8 minuti
Precisione teorica	1 cm + 1 ppm orizzontale 2 cm + 1 ppm verticale	1 cm + 1 ppm orizzontale 2 cm + 1 ppm verticale
Ripresa di inzializzazione	< 1 minuto	< 3 minuti su punto noto
Controllo in tempo reale della bontà del rilievo	Possibili false inzializzazioni, individuabili in campagna	<i>Cycle slips</i> e ostruzioni del segnale vengono segnalati, ma non è possibile un controllo in tempo reale dei punti acquisiti
Possibilità di eseguire il rilievo in assenza di copertura radio o telefonica	No	Il rilievo è possibile in ogni condizione di copertura radio o telefonica

Tabella 1 - Caratteristiche dei rilievi GPS cinematico RTK e Post – Processing (PP).

Test applicativi

Per valutare le eventuali differenze tra le due diverse tipologie di rilievo GPS cinematico, sia in tempo reale sia post processato, sono stati eseguiti alcuni rilievi test. Nel testo ci si riferisce a tre diverse tecniche:

RTK (Real Time Kinematics): Si intende con questo termine il rilievo eseguito in tempo reale, tramite collegamento *radiomodem* tra ricevitore base, fisso in un punto di coordinate note, ed un ricevitore mobile, chiamato *rover*.

PP (Post Processing): Si intende con questo termine il rilievo eseguito in post-elaborazione impiegando i dati di osservazione RINEX ottenuti durante il rilievo RTK. Il *post processing* è stato eseguito sia utilizzando i dati della stazione base, sia utilizzando i dati RINEX virtuali con le medesime coordinate della stazione base.

VRS: Si intende con VRS (*Virtual Reference Station*, Landau, 2002) il rilievo in tempo reale utilizzando come stazione base una stazione virtuale in prossimità del rilievo ed il rilievo in post elaborazione utilizzando file RINEX virtuali con coordinate identiche a quelle della stazione base utilizzata per il rilievo RTK e PP da singola stazione.

In seguito con i dati ottenuti con le diverse tecniche sono stati ricavati i modelli digitali del terreno (DTM, *Digital Terrain Model*), prodotto tipico per questo tipo di applicazione, utilizzando come metodo di interpolazione il *Triangulated Irregular Network*, ragguagliato su di una griglia regolare di passo 20 cm. Successivamente, le superfici prodotte con le diverse metodologie di rilievo sono state confrontate al fine di evidenziare le affinità e le differenze che le diverse metodologie di rilievo comportano ed per valutarne le eventuali criticità. Sono stati effettuati due test applicativi, il primo su di una strada, oggetto spesso determinato con metodologie cinematiche vista la semplicità di esecuzione, la seconda su di una formazione tipica dell'Appennino, un calanco del parco dei Gessi presso Ozzano dell'Emilia (BO).

Sono stati impiegati due ricevitori Trimble mod. R6 (tabella 2), in modalità VRS è stata impiegata la rete di stazioni permanenti GPS ASSOGEO (<http://www.gps.assogeo.it>, Gusella, 2007).



Ricevitore Trimble R6 – radio trasmittente/ricevente integrata

- Tecnologia Trimble R-Track per supporto GLONASS

- 72 canali:

- Codice GPS L1 C/A, portante a pieno ciclo L1/L2

- Codice GLONASS L1 C/A, codice L1 P, codice L2 P, portante a pieno ciclo L1/L2

- Supporto SBAS WAAS/EGNOS

Precisione per il rilevamento cinematico:

Orizzontale: $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$

Verticale: $\pm 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm RMS}$

Tempo di inizializzazione: Normalmente <25-30 secondi

Affidabilità di inizializzazione: Normalmente >99,9%

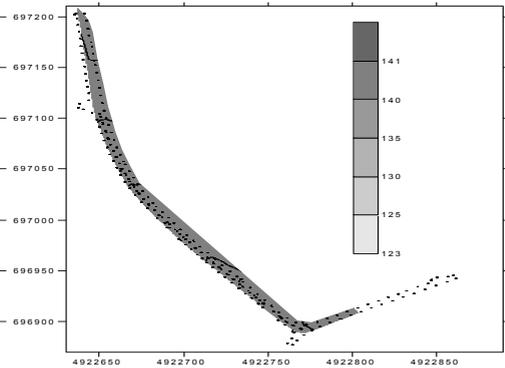
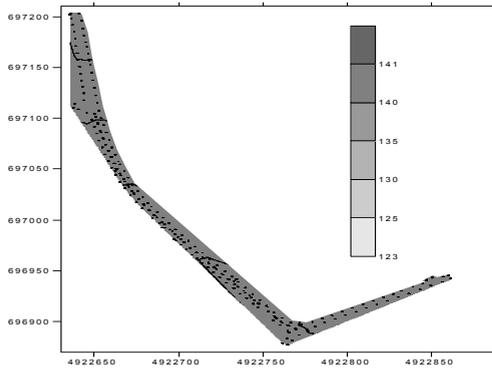
Tabella 2 - Caratteristiche tecniche della strumentazione impiegata

Test applicativo 1: Strada

Sono stati eseguiti due rilievi separati: il primo, collegando il ricevitore via telefonino GPRS alla rete di stazioni permanenti ASSOGEO, il secondo impiegando il sistema *radiomodem* per collegare il *rover* alla stazione base.

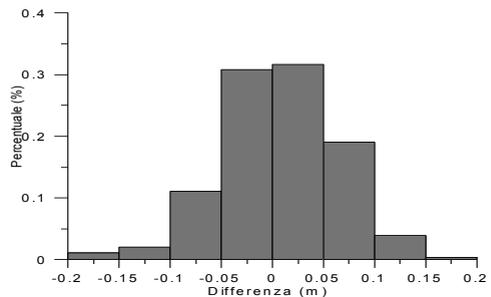
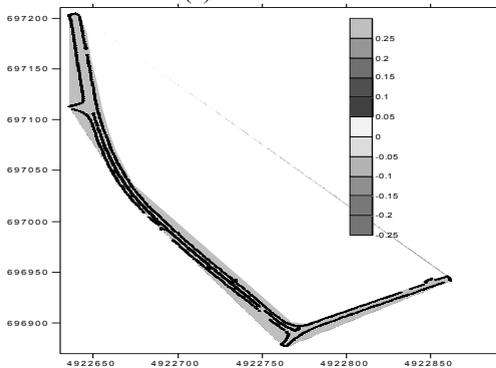
Le coordinate della base, dalla quale è stato poi eseguito il rilievo RTK, sono state rilevate utilizzando la rete di stazioni permanenti, in modo da avere coerenza tra le coordinate dei due rilievi. I diversi rilievi sono stati poi riferiti nel sistema di coordinate UTM-WGS84, senza utilizzare alcun modello del geoide nella correzione delle quote.

In figura 1 a e b sono rappresentati i due modelli digitali del terreno ottenuti impiegando rispettivamente il sistema VRS ed il sistema RTK in tempo reale. Pur essendo il tracciato leggermente differente, il risultato del confronto tra le due superfici, sottraendo alla superficie RTK la superficie ottenuta tramite VRS (figura 2,c), mostra una buona congruenza. La differenza di quota punto a punto, tra il punto RTK ed il punto VRS più vicino nell'area del rilievo, è riportata nel grafico di figura 1,d, nel quale si evidenzia che oltre il 60% dei punti è all'interno della tolleranza di 5 cm.



(a) Rilievo VRS

(b) Rilievo RTK



(c) Differenze RTK-VRS

(d) Differenze RTK-VRS percentuale

Figura 1 – Confronto applicativo su di una strada dei sistemi di rilievo GPS. Le misure sono riportate in metri

Test applicativo 2: Calanco

Il secondo caso di studio ha riguardato un elemento naturale (calanco), per il quale sono da considerare i seguenti aspetti:

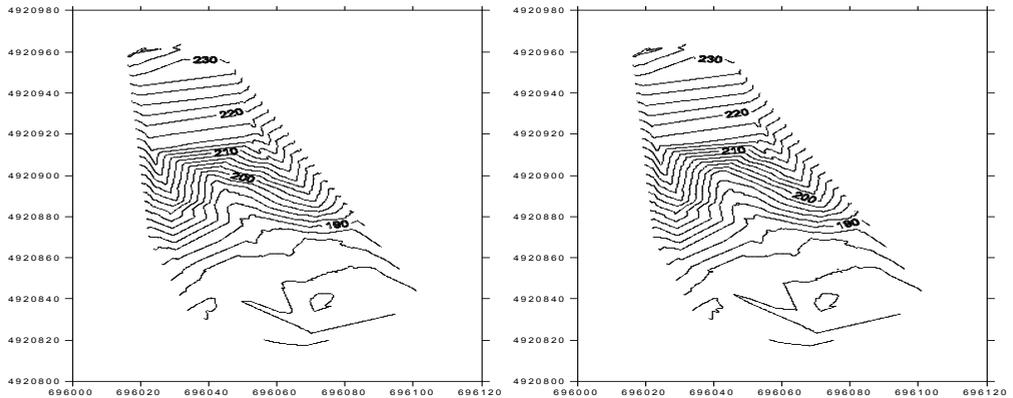
- 1) impossibilità di accedere a tutte le superfici
- 2) assenza di copertura GPRS, e dunque impossibilità di lavorare in modalità VRS in tempo reale.

Il rilievo è stato effettuato in RTK, rispetto ad una stazione base inquadrata successivamente con la rete di stazioni permanenti per rendere coerenti le coordinate; i dati del tempo reale sono stati successivamente processati con i dati della stazione base e i RINEX VRS ottenuti dalla rete di stazioni permanenti Assogeo.

In figura 2 sono riportati i risultati del rilievo.

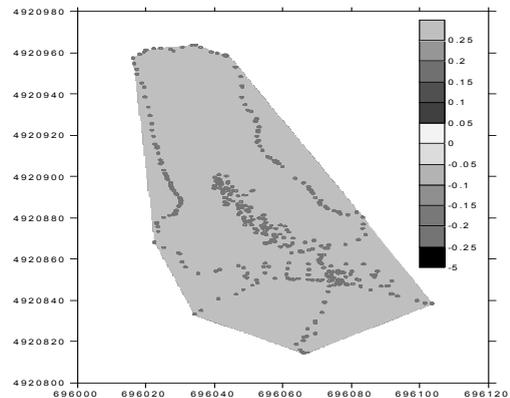
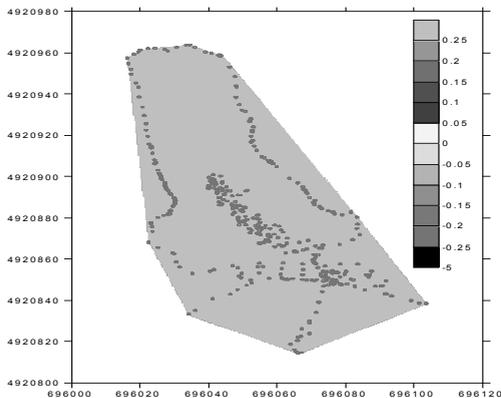
Gli andamenti dei DTM in tempo reale e post processati (figura 2, a e b) presentano le stesse caratteristiche.

I DTM ottenuti in tempo reale sono stati poi confrontati, con le metodologie elencate sopra, con i DTM ottenuti dal *post processing* singola base e dal *post processing* del file RINEX VRS ottenuto dalla rete di stazioni permanenti. Le differenze maggiori (figure 2, c e d) si riscontrano nelle zone accidentate del rilievo nelle quali non è stato possibile eseguire un congruo numero di misure per una valutazione accurata della superficie.



(a) Rilievo RTK

(b) Rilievo PP Singola base



(c) RTK- PP da singola base

(d) RTK- VRS in *post processing*

Figura 2 - Rilievo sull'area dei calanchi, modelli digitali del terreno (linee di livello) ottenute con le due diverse tecniche (RTK e PP, figure a e b) e relative differenze (figure c,d). Le misure sono riportate in metri

Conclusioni

Nel presente lavoro è stata presentata una metodologia operativa per il rilievo GNSS di ambienti naturali e di opere ingegneristiche, dimostrando che la metodologia di rilievo in tempo reale utilizzando il solo *rover* ottiene risultati le cui differenze con quelli ottenuti utilizzando il classico rilievo *base - rover* sono ampiamente al di sotto alle precisioni richieste da questo tipo di applicazioni.

L'uso di una rete di stazioni permanenti ha diversi vantaggi dal punto di vista operativo, determinati principalmente dal fatto di avere un'unica strumentazione al lavoro e dunque un solo operatore.

La possibilità di ottenere un rilievo georiferito nello stesso sistema di riferimento semplifica inoltre le operazioni di controllo multitemporale dell'oggetto del rilievo, limitando la necessità di istituire una rete di inquadramento.

Bibliografia

Gusella L., Pasquini L., Belò M. (2007), "Il posizionamento GPS/RTK mediante tecnologia Virtual Reference Station), Atti del Convegno Nazionale SIFET 2007

Landau H., Vollath U., Chen X. (2002), "Virtual Reference Station Systems", *Journal of Global Positioning Systems* (2002) Vol. 1, No. 2: 137-143

Baldi P., Cenni N., Fabris M., Zanutta A. (2008), "Kinematics of a landslide derived from archival photogrammetry and GPS data", *Geomorphology* (2008), doi: 10.1016 - j.geomorph.2008.04.027

Fabris M., Baldi P., Achilli V., Bragagnolo D., Cenni N., Loddo F., Menin A., Targa G., Salemi G. (2007), "Generazione ed analisi di un modello tridimensionale dell'isola di Salina (Arcipelago delle isole Eolie) ottenuto da un rilievo aerofotogrammetrico ed estratto mediante tecniche digitali", Atti del Convegno Nazionale SIFET 2007, 150-157.