LE ATTIVITÀ INTERREGIONALI PER LE SPECIFICHE TECNICHE DI ORTOIMMAGINI E DTM

Francesco CILLOCCU (*), Maria BROVELLI (**), Mattia CRESPI (***),
Sergio DEQUAL (***), Andrea LINGUA (****)

(*) Regione Autonoma della Sardegna, tel. 070/60.64.235, fax 070/60.66.840, fcilloccu@regione.sardegna.it
(**) Politecnico di Milano, Polo Reg. di Como, tel. 031-3327517, fax 031-3327519; maria.brovelli@diiar-topo.polimi.it
(***) Sapienza Università di Roma, tel. 06-44585097 , fax 06-44585515 ,mattia.crespi@uniroma1.it
(****) Politecnico di Torino, DITAG, tel. 011-564-(7663,7700), Fax. 011-5647699,
(sergio.dequal,andrea.lingua)@polito.it

Riassunto
La crescente domanda d'informazione geografica strettamente connessa alla gestione del territorio richiede la produzione di modelli altimetrici e ortofoto digitali che siano in grado di fornire un'adeguata conoscenza del territorio. Queste informazioni devono essere spesso condivise tra Enti territoriali differenti secondo logiche di interoperabilità di dati e servizi, oggi disponibili e ormai consolidate nelle tecnologie intranet/internet. Ne deriva che è necessario definire specifiche tecniche e standard di riferimento in modo da garantire l'uniformità di contenuto, la corretta interpretabilità e l'efficace utilizzo di dati condivisi. In questo contributo si descrivono le nuove norme proposte dagli autori per il Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali, sottolineandone gli aspetti maggiormente innovativi.

Abstract
The increasing request of geographic information due to the greater need of more and more detailed environment and territory knowledge leads to a wide production of elevation models and ortho-imagery. This information must be shared between different Administrations and Agencies, according to data and service interoperability paradigm, nowadays available thanks to the intranet/internet technology.
The immediate consequence is the need of specifications and standards guaranteeing content uniformity, correct interpretation and effective usage of shared data.
The paper presents the main ideas at the basis of the new standards proposed by the authors.

Introduzione

In Europa, Enti, Istituzioni e Agenzie pubbliche necessitano, per i propri scopi istituzionali, di produrre e utilizzare dati a riferimento spaziale, indispensabili per un'efficace gestione del territorio. Nell'ambito di questa crescente domanda d'informazione geografica, la produzione di modelli altimetrici e ortofoto digitali è spesso in grado di fornire un'adeguata e sostanzialmente completa conoscenza del territorio in modo rapido ed economico, a completamento di operazioni volte alla definizione di DB cartografici.
I vari Enti territoriali che operano sul territorio, sia sulle stesse aree con diverse competenze sia su aree limitrofe con analoghe competenze, evidenziano con sempre maggior forza la necessità di una reale condivisione di questi dati geografici, generalmente prodotti con notevoli investimenti economici. In questo modo, si possono raggiungere i migliori risultati in un quadro di razionale gestione delle risorse, evitando sia la sovrapposizione di interventi cartografici con obbiettivi simili sia la nascita di "isole territoriali"di dati geografici con caratteristiche proprie non legate alle aree limitrofe.

Ne deriva che, favorita dalla diffusa disponibilità di infrastrutture tecnologiche condivise (intranet/internet), l'interoperabilità di dati e servizi disponibili in rete diviene un concetto chiave per la Pubblica Amministrazione al fine di ottimizzare le risorse stanziate per la produzione di dati cartografici, geografici, territoriali. Le specifiche tecniche divengono, pertanto, indispensabili in quanto rappresentano uno strumento di lavoro comune per la produzione di dati geografici secondo standard di riferimento nazionali e internazionali (IntesaGIS, norme ISO comitato tecnico 211, CEN comitato tecnico 287, specifiche OGC, ecc.).
Il progetto di ricerca finanziato dal Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali, denominato Lotto III "Ortoimmagini 10k e DTM" e sviluppato dagli autori, si colloca in questo contesto e ha come obiettivo la definizione di specifiche tecniche e standard di riferimento per la produzione di modelli altimetrici e ortofoto 10k (alla scala nominale 1:10000). Esso si sviluppa nell'ambito dell'attività del "Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali" previsto dall'art. 59 del Codice dell'Amministrazione Digitale ed ha lo scopo di aggiornare, integrare e, in parte, sostituire le specifiche preesistenti:

- i 5 documenti prodotti dal Comitato Nazionale per l'Informatizzazione della Pubblica Amministrazione (CNIPA), inerenti la produzione di ortofoto alla scala nominale 1:10000 citati in bibliografia
- le specifiche contenute nel documento *"Intesa GIS: Prescrizioni Tecniche per la produzione di Modelli Digitali del Terreno"* - Versione 16I del 29 Aprile 2001" (DTM16I_Spec_Apr01_it), inerenti la produzione di modelli altimetrici.

Linee guida per la redazione delle specifiche tecniche
Nel campo della geomatica, la redazione di specifiche tecniche e standard di riferimento non può prescindere, al giorno d'oggi, dalla rapidità con cui l'evoluzione tecnica e tecnologica influenza la produzione di dati a riferimento spaziale. Ne consegue che una norma riferita ad una specifica tecnologia e alla relativa procedura produttiva, diviene rapidamente obsoleta e richiede continui aggiornamenti.
Gli autori hanno tentato di seguire una doppia via.
Innanzitutto, la parte principale delle specifiche tecniche è stata espressa in termini di qualità, in modo sostanzialmente indipendente dalle tecniche di produzione: si sono definiti termini, formati, indici di accuratezza, sistemi di riferimento e altri standard in modo da caratterizzare il prodotto finale (e non le procedure da seguire), definendo le generali modalità di verifica di qualità sul prodotto finale. Si ritiene quindi che questa parte possa conservare la sua validità per un periodo medio-lungo, in quanto definisce standard indipendenti dalle procedure di produzione e quindi poco influenzati dalla velocità di evoluzione delle tecniche geomatiche.
Inoltre, come ausilio alle operazioni di collaudo in corso d'opera o come passo intermedio di verifica interna del processo di produzione da parte delle imprese incaricate, sono state indicate alcune norme di tipo procedurale più intrinsecamente legate ai processi e ai metodi produttivi relativi allo stato attuale dell'arte e alle tecniche attualmente consolidate: in relazione ad esse, sono stabilite anche le modalità di verifica interna in corso d'opera, che devono essere svolte al fine di garantire la qualità del prodotto finale. In particolare, sono state inserite informazioni e specifiche inerenti metodi e strumenti che le specifiche vigenti non contenevano: i nuovi sensori digitali ad alta risoluzione montati su piattaforma aerea o satellitare, i nuovi prodotti che si possono trovare sul mercato (modelli altimetrici da satellite ecc.), l'evoluzione delle tecniche LiDAR aeree o terrestri oggi tecnologicamente a regime e molto diffuse commercialmente, l'ortofoto di precisione che attualmente si può generare senza grandi difficoltà, utilizzando procedure descritte nella bibliografia scientifica e pertanto di dominio comune.
Tali prescrizioni, attualmente valide, dovranno comunque essere mantenute in continuo aggiornamento sulla base delle evoluzioni tecnologiche cui sono soggette le differenti fasi nelle quali si articolano i processi produttivi delle ortofoto digitali e dei modelli altimetrici.

E' necessario sottolineare, infine, che la redazione delle specifiche tecniche si è ovviamente basata anche sulla considerazione di standard presentati in documenti già esistenti in ambito internazionale che, ove possibile, sono stati adeguati alle usanze più consolidate nel contesto nazionale dal punto di vista terminologico e degli indici di accuratezza.

L'organizzazione del testo
Il testo è composto da 5 parti principali:

I. Modelli altimetrici
II. Ortofoto 10K
III. Descrizione delle camere digitali e dei satelliti ad alta risoluzione attuali
IV. Glossario
V. Bibliografia.

Le specifiche vere e proprie sono contenute nelle parti I e II. La parte III illustra le caratteristiche degli attuali sensori montati su piattaforma aerea o satellitare, in modo che il lettore possa conoscere quali sono attualmente le tecnologie disponibili. La parte IV consiste in un'insieme di definizioni terminologiche, utile per stabilire un linguaggio comune relativo a:

- le varie tipologie di prodotto (DTM, DEM, DSM ordinario o denso, ortofoto 10k speditiva, ordinaria e di precisione)
- i sistemi di riferimento nazionali e internazionali
- gli indici di accuratezza, i formati di memorizzazione e le tecniche di compressione di immagini digitali
- gli acronimi utilizzati nel testo.

Figura 1 – Prima pagina del testo

Il testo viene, infine, completato con riferimenti bibliografici per eventuali approfondimenti sulle tematiche trattate.

Specifiche tecniche sui modelli altimetrici
Definite le varie tipologie e acronimi utilizzati, si tracciano i contenuti che devono possedere:

- i DEM *(Digital Elevation Model*, in questo testo considerato sinonimo di DTM *Digital Terrain Model*), che contengono le informazioni di descrizione altimetrica della superficie del solo terreno (ad esclusione della vegetazione e di opere artificiali quali edifici, ponti, viadotti, ecc.), costituite da punti quotati disposti secondo una maglia regolare, completati da *breakline* e altre discontinuità anche puntuali (punti quotati isolati);
- i DSM (*Digital Surface Model*), che contengono le informazioni di descrizione altimetrica della superficie del territorio, comprensiva di tutti i dettagli elevati rispetto al terreno (vegetazione e opere artificiali quali edifici, ponti, viadotti, ecc.) formati da punti quotati (disposti secondo una maglia regolare o irregolare) e completati da *breakline* e altre discontinuità anche puntuali (punti quotati isolati);
- i modelli densi (DDEM = *Dense* DEM, DDSM = *Dense* DSM), che contengono le informazioni di descrizione altimetrica della superficie del terreno o del territorio con densità dello stesso ordine di grandezza della loro accuratezza altimetrica. In questo caso non sono necessarie informazioni aggiuntive (*breakline*, punti di vetta ecc.).

Attualmente si prevede l'utilizzo del sistema di riferimento vigente WGS84-ETRF89, al quale è associata la rappresentazione conforme UTM-WGS84-ETRF89, utilizzando il geoide come la superficie di riferimento per la quote (ortometriche).
Per quanto riguarda l'accuratezza (tabella 1), sono stati fissati valori dell'accuratezza altimetrica differenziati per tipologia di copertura del terreno (terreno aperto $T_{Q(a)}$, aree con copertura arborea > 70 % o arbusti > 50 % $T_{Q(b)}$, tetti degli edifici $T_{Q(c)}$) o planimetrica (T_{EN}), riferiti a indici di accuratezza derivati dalle normative internazionali ISO/TC 211(TS 19138 - Geographic information - Data quality measures - N 2029 del 5 giugno 2006 – sigla 211n2029). In particolare, le tolleranze sono fissate al 95% di probabilità e sono corrispondenti al valore LE95 (*Linear Error* al 95% di probabilità) per l'altimetria (caso monodimensionale) e al valore CE95 (*Circular Error* al 95%) per le componenti planimetriche (caso bidimensionale). Viene stabilito anche un valore per il massimo errore sistematico ammissibile (ES_{max}). Nel paragrafo successivo sono specificate le procedure per la verifica dell'accuratezza sul prodotto finale utilizzando questi parametri.

Livello	**Tipo**	**Passo (m)**	$T_{Q(a)}$ **(m)**	$T_{Q(b)}$ **(DEM) (m)**	$T_{Q(c)}$ **(DSM) (m)**	ES_{max} **(m)**	T_{EN} **(m)**
0	DEM, DSM	40-100	30	30	-	5	20
1	DEM, DSM	20	10	20	-	2.5	10
2	DEM, DSM	20	4	½ al.m.al.	-	1	4
3	DEM, DSM	10	2	½ al.m.al.	-	0.50	2
4	DEM, DSM	5	0.60	1.20	-	0.15	0.60
5	DEM, DSM	2	0.40	0.80	-	0.10	0.40
6	DDEM, DDSM	1	0.60	1.20	0.80	0.15	0.60
7	DDEM, DDSM	0.50	0.30	0.60	0.40	0.08	0.30
8	DDEM, DDSM	0.10-0.20	0.20	0.30	0.20	0.05	0.20

(al.m.al = altezza media alberi)

Tabella 1 – I livelli di precisione dei modelli altimetrici

Tutti gli standard di accuratezza sono stati organizzati secondo una serie di livelli direttamente derivati dalla norma precedente (Intesa GIS), modificando alcuni valori e inserendo 3 nuovi livelli di specifica dei modelli altimetrici densi (DDEM e DDSM). Sono stati inoltre inserite nuove tecniche di produzione per il livello 0 e 1 (SRTM, AsterDTM, satelliti ad alta risoluzione) e per tutti i livelli è prevista la possibilità di impiego del LiDAR e della fotogrammetria anche digitale; è inoltre consentito il riutilizzo di cartografia numerica preesistente purché avente caratteristiche di accuratezza e aggiornamento sufficienti.

La verifica di qualità finale dei modelli altimetrici

In assenza di errori sistematici significativi (viene definita una apposita procedura di verifica degli errori sistematici massimi), la verifica di accuratezza si esegue nel modo seguente, riprendendo e adattando la norma ISO integrata con NSDI. La verifica è comunque basata su punti di controllo (*Check Point* = CP) direttamente rilevati a terra, o comunque aventi caratteristiche di precisione di un ordine di grandezza migliore rispetto al dato da verificare. Indicando con:

- n il numero di punti di controllo;
- $Q_{CP,i}$ le quote dei punti di controllo;
- $\sigma_{CP,Q}$ lo scarto quadratico medio delle quote dei punti di controllo;

si determina il valore dell'errore lineare al 95 % di probabilità dei punti di controllo $LE95_{CP}$:

$$LE95_{CP} = 1.96\ \sigma_{CP,Q}\ .$$

Indicando con $Q_{MA,i}$ le quote dei punti del modello altimetrico corrispondenti ai punti di controllo, si determina il valore dell'errore lineare al 95 % di probabilità del modello altimetrico $LE95_{MA}$:

$$LE95_{MA} = 1.96 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_{MA,i} - Q_{CP,i})^2}{n}}.$$

Si determina pertanto il valore dell'errore lineare complessivo $LE95_Q$ che deve risultare minore della tolleranza in quota fissata T_Q.

$$LE95_Q = \sqrt{LE95_{MA}^{\ 2} + LE95_{CP}^{\ 2}} \le T_Q$$

La verifica deve essere effettuata per le varie tipologie di area (terreno aperto, copertura arborea solo per DEM, edifici solo per DSM) con le rispettive tolleranze ($T_{Q(a)}$, $T_{Q(b)}$ e $T_{Q(c)}$) indicate in tabella 1.

Anche le *breakline* e le informazioni vettoriali comprese nel modello altimetrico devono essere verificate. Si devono pertanto determinare le coordinate di punti significativi di controllo lungo i tracciati (CP) contenuti nel modello altimetrico (mediante rilievo diretto a terra, o comunque aventi caratteristiche di accuratezza di un ordine di grandezza superiore a quella del dato da verificare) e queste coordinate devono essere confrontate con le coordinate dei punti corrispondenti contenute nei tracciati contenuti nel modello altimetrico. Indicando con:

- n il numero di punti di controllo;
- $E_{CP,i}$ $N_{CP,i}$ le coordinate planimetriche dei punti di controllo;
- $\sigma_{CP,E}$ $\sigma_{CP,N}$ gli scarti quadratici medi delle coordinate planimetriche dei punti di controllo derivanti dl metodo di determinazione utilizzato;

si determina il valore del *Circular error* al 95 % di probabilità dei punti di controllo $CE95_{CP}$:

$$CE95_{CP} = 1.7308 \sqrt{\sigma_{CP,E}^{\ 2} + \sigma_{CP,N}^{\ 2}}.$$

Indicando con $E_{BR,i}$, $N_{BR,i}$ le coordinate dei punti del modello altimetrico corrispondenti ai punti di controllo, si determina il valore del *Circular error* al 95 % di probabilità del modello altimetrico $CE95_{BR}$:

$$CE95_{BR} = 1.7308 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (E_{BR,i} - E_{CP,i})^2 + (N_{BR,i} - N_{CP,i})^2}{n}}.$$

Si determina pertanto il valore dell'errore lineare complessivo $CE95_{EN}$ che deve risultare minore della tolleranza in planimetria fissata T_{EN}.

$$CE95_{EN} = \sqrt{CE95_{BR}^{\ 2} + CE95_{CP}^{\ 2}} \le T_{EN}$$

Qualora le verifiche denuncino problemi di accuratezza , si prevede la verifica globale della corretta posizione del modello altimetrico mediante confronto tra superfici con un modello altimetrico di riferimento.

Specifiche tecniche per ortofoto 10k

Le tipologie di ortofoto considerate sono sostanzialmente tre:

- Tipo A: ortofoto orientate ad applicazioni prevalentemente cartografiche, distinte nei sottotipi:
  - A1: ortofoto ordinaria
  - A2: ortofoto di precisione
- Tipo B: ortofoto speditive per applicazioni prevalentemente tematiche e di comparazione con carte tecniche

Le tipologie A1 e B sono state derivate dalle norme precedenti CNIPA, mentre è stata aggiunta la tipologia A2 legata all'ortofoto di precisione. Ovviamente, questo prodotto viene realizzato solo in

rarissimi casi alla scala nominale 1:10000, ma è stato citato e inserito nella classificazione per mantenere la completezza e la generalità delle classi anche in casi di ortofoto a scala maggiore.
Anche in questo caso, attualmente, si prevede l'utilizzo del sistema di riferimento vigente WGS84-ETRF89, al quale è associata la rappresentazione conforme UTM-WGS84-ETRF89.

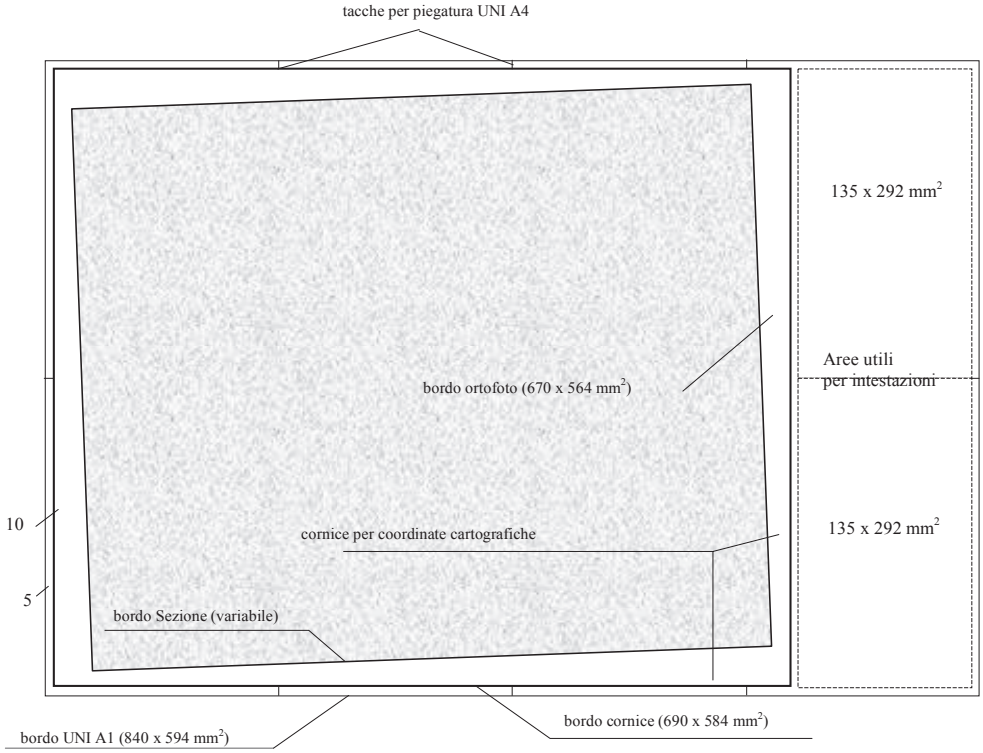


Figura 2 - Fac-simile di foglio-tipo (Sezione 1:10.000)

A meno di esigenze particolari, ad esempio legate alle caratteristiche della CTR preesistente, il modulo minimo di produzione della ortofoto dovrà essere costituito dalla porzione di territorio, coperta da una "Sezione" a scala 1:10.000, inquadrato, come sottomultiplo, nella cartografia IGM a scala 1:50.000, in analogia alle definizioni della Commissione Geodetica Italiana. Ogni sezione dovrà corrispondere alla sedicesima parte di un foglio della serie IGM a scala 1:50.000 e i bordi del foglio seguiranno pertanto un taglio geografico (trasformate di meridiani e paralleli). In questo modo, le ortofoto 10k sono integrabili più facilmente con dati a scale differenti se la carta tecnica alle varie scale è stata eseguita secondo gli standard definiti a suo tempo dalla Commissione Geodetica Italiana. In figura 2 è visibile un prototipo del foglio tipo di una ortofoto 10k secondo il taglio geografico appena specificato.
Per sottolinearne il significato al fine di evitare errori di lettura e comprensione del dato ortofoto, si stabiliscono tolleranze sia per i punti al suolo sia per i punti elevati per le ortofoto speditive e ordinarie. Per le ortofoto di precisione viene ovviamente stabilito un unico valore (tabella 2).

La verifica di qualità finale delle ortofoto 10k

La verifica della qualità finale, oltre a controlli legati alla completezza e alla qualità del dato radiometrico, deve prevedere l'accertamento dell'accuratezza. In modo analogo ai modelli altimetrici, questo controllo si svolge in base a CP direttamente rilevati a terra o derivati ad

cartografia numerica preesistente con sqm ≤40 cm. I CP sono scelti sia al suolo sia in corrispondenza di punti elevati. La verifica si svolge nei due casi secondo la procedura descritta per le *breakline* nei modelli altimetrici (in base al CE95).
E' prevista anche la verifica radiometrica generale per accertare la correttezza del'istogramma nelle varie componenti.

Tipo di ortofoto	Elementi geometrici	Precisione grafica	SQM planimetrico σ_{EN}	Tolleranza T_{EN} (CE95)
Speditiva (Tipo B)	Punti al suolo	0.3 mm	3 m	5.00 m
	Punti elevati rispetto alla superficie del terreno (tetti, viadotti,..)	*0.9 mm*	*9 m*	*16.00m*
Ordinaria (Tipo A)	Punti al suolo	0.2 mm	2 m	3.50 m
	Punti elevati rispetto alla superficie del terreno (tetti, viadotti,..)	*0.6 mm*	*6 m*	*11.00 m*
Di precisione	Tutti i punti rappresentati	0.2 mm	2 m	3.50 m

Tabella 2 - Tolleranze planimetriche per le varie tipologie di ortofoto

Conclusioni

Il documento prodotto contiene le specifiche tecniche per la produzione di modelli altimetrici e di ortofoto 10k in aggiornamento delle norme esistenti (CNIPA e Intesa GIS). La parte principale di queste norme è legata a standard di qualità del prodotto finito e, risultando indipendente dai processi produttivi e quindi dall'evoluzione tecnologica, dovrebbe conservare validità per un periodo sufficientemente lungo. Le norme di verifica interna più legate alle procedure, invece, richiederanno integrazioni future in funzione dell'evoluzione della geomatica, anche se si ritiene che i principi generali rimarranno attuali, nel prossimo futuro, per alcuni anni.
In futuro, si auspica che analoghe e lodevoli iniziative siano attuate dal CISIS al fine di colmare necessità sempre più pressanti relative a prodotti a scale maggiori: non sono infatti comprese in questo documento, né descritte in altri documenti normativi, le specifiche tecniche per la produzione di ortofoto a scale più grandi (1:5000, 1:2000, 1:1000 e 1:500), in particolare quelle relative a ortofoto di precisione.

Bibliografia

Kraus K., trad. S. Dequal (1994), "*Fotogrammetria"*, Levrotto & Bella, Torino, 7-23 472-478.

Autori Vari, (2004), *"Manual of photogrammetry, Fifth edition"*, ed. ASPRS

CNIPA (2007) "*Repertorio nazionale dei dati territoriali - Linee guida per l'applicazione dello Standard ISO 19115 Geographic Information – Metadata*" (vers. 0.1 e s.m.i.) emanato dal Comitato tecnico nazionale per il coordinamento informatico dei dati territoriali, istituito con Decreto del Ministro per l'Innovazione e le Tecnologie in base a quanto previsto dall'art. 59 del Codice dell'Amministrazione Digitale

"*ISO/TC 211" : "TS 19138 - Geographic information - Data quality measures*" - N 2029 del 5 giugno 2006 (211n2029)

ASPRS Lidar Committee (PAD), (2004) *ASPRS Guidelines, Vertical Accuracy Reporting for Lidar Data*, Version 1.0 , Editor Martin Flood, www.asprs.org/society/committees/lidar/Downloads/Vertical_Accuracy_Reporting_for_Lidar_Data.pdf

Barazzetti L., Brovelli M. A., Cilloccu F., Melis M., Vacca G. (2007). *Controllo della qualità del DTM LiDAR nelle aree urbanizzate della costa della Sardegna da Porto Rotondo a San Teodoro*, Bollettino SIFET, n. 3 - 2007, pp. 9-21.

Brovelli M. A., Crespi M., Fratarcangeli F., Giannone F. and Realini E. (2008). *Accuracy assessment of high resolution satellite imagery orientation by leave-one-out method*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing , vol 63 – issue 4 – July 2008, pp. 427-440.

Barazzetti L, Brovelli M. A., Scaioni M., (2008). *Generation of True-Orthophotos with Lidar High Resolution Digital Surface Models*, The Photogrammetric Journal Of Finland, Published by The Finnish Society of Photogrammetry and Remote Sensing and Institute of Photogrammetry and Remote Sensing Helsinki University of Technology, vol. 21, 2008, n. 1, pp. 26-36.

CNIPA *(2007) "Ortofoto digitali in scala nominale 1:10000: standard di riferimento"*, CNIPA, Comitato tecnico nazionale per il coordinamento informatico dei dati territoriali- Gruppo di lavoro Ortofoto e DEM

Dequal S., Lingua A., Rinaudo F. (2001), *Ortofoto digitale di precisione*, Bollettino SIFET, supplemento al n. 2/2001

Dequal S., Lingua A. (2002), L'o*rtofoto di precisione del Comune di Torino*, Atti VI conferenza nazionale ASITA

FEMA (Federal Emergency Management Agency) (2008).*LIDAR Specifications for Flood Hazard Mapping,* Appendix 4b: Airborne LIght Detection And Ranging systems, http://www.fema.gov/plan/prevent/fhm/lidar_4b.shtm (ultima consultazione 6 giugno 2008)

IntesaGIS (2001). *"Intesa GIS: Prescrizioni Tecniche per la produzione di Modelli Digitali del Terreno"* - Versione 16I del 29 Aprile 2001" (DTM16I_Spec_Apr01_it)

Greenwalt, C.R. and M.E. Schultz, (1968). *Principles and Error Theory and Cartographic Applications*, ACIC Technical Report No. 96: St. Louis, Mo., Aeronautical Chart and Information Center, U.S. Air Force, 89 p.

Maune D.F (2007), "*Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual, 2nd Edition"*, ed. ASPRS

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare Direzione Generale per la Difesa del Suolo (2007). *Piano straordinario di telerilevamento ambientale ad alta precisione per le aree ad elevato rischio idrogeologico fornitura di dati, sistemi e servizi per la realizzazione del sistema informativo del piano straordinario di telerilevamento ambientale* (PST-A)- Disciplinare Tecnico, Roma

M.E. Schultz, (1963). *Circular error Probability of a Quantity Affected by a Bias*, United States Air Forces, Aeronautical Chart and Information Center, Chart Research Division Geophysical and Space Sciences Branch.

Ringraziamenti
Lo studio è stato svolto nell'ambito del progetto di ricerca LOTTO 3 "Specifiche tecniche Ortoimmagini e DTM" finanziato dal Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali.

LA SCANSIONE LASER TERRESTRE TRIDIMENSIONALE PER LA DOCUMENTAZIONE E L'ANALISI DELLA FONTANA DELL'ELEFANTE A CATANIA

Luca COLAIACOVO

Università di Catania, Dipartimento di Architettura e Urbanistica, via Andrea Doria, 6, 95125, Catania
Tel. 095/7382525, email: luka.col@gmail.com

Riassunto
Lo studio propone un esempio di utilizzo della scansione laser terrestre per la documentazione e l'analisi di un monumento architettonico quale la Fontana dell'Elefante, di grande valore storico artistico e simbolico, essendo il simbolo della città che lo ospita, e composto da elementi eterogenei per materiali, forma ed età originaria.
Catania è conosciuta come "la città dell'elefante" sin da epoca tardoromana proprio a causa della statua in pietra lavica di antica fattura spesso al centro di eventi e racconti a metà strada tra storia e leggenda. Nel periodo della ricostruzione della città dopo il terremoto del 1693, l'architetto Giovanni Battista Vaccarini compose con due oggetti di origine antica e simbolica come l'elefante di pietra lavica e un obelisco di granito una fontana in stile barocco, collocandola al centro della piazza principale della città. A partire da un'indagine storica, lo studio ha previsto una misurazione accurata tramite scanner laser 3D per creare un documento digitale del monumento e la creazione di un modello unico discreto. A partire da questo modello tramite procedimenti di elaborazione a due e tre dimensioni e attraverso modellazione si è potuta effettuare un'analisi del manufatto atta a indagarne la fattura e la storia per ricostruirne una ipotetica matrice geometrica, e, a partire da questa, ricostruire i criteri di realizzazione e le forme originali dei suoi componenti.

Abstract
The study describes an example of terrestrial laser scanner employed for studying and analyzing a monument of great importance for Catania, as it is its symbol: the Elephant fountain. The architectural object is compounded by elements that are very heterogenic regarding history, age and materials.
Since the Late Roman Period Catania has been known as "the city of the elephant" because of the ancient lava stone elephant statue, often located in the centre of some of the city's myths and historical events. The architect Giovanni Battista Vaccarini, in the reconstruction period, after the earthquake of 1963, composed with two symbolic objects of ancient origin, the lava stone elephant and a granite obelisk, a baroque fountain, collocating it in the centre of the city's new main square.
The study included an historical research followed by an accurate measurement and finally a three-dimensional analysis. For this purpose high-accuracy measurements have been realized by using 3D laser scanner to realize a digital document and a discreet model. Further mathematical and three-dimensional elaborations and models were created by 3D data and used to analyze the object, to study its realization criteria and phases connected with its history and to reconstruct a hypothetical ideal geometrical matrix.

Il monumento

Questo articolo riporta un lavoro di rilievo e studio ancora in atto sulla Fontana dell'Elefante, che è il monumento probabilmente più importante della città di Catania, collocato al centro della sua

Piazza del Duomo. L'elemento più significativo è la statua di basalto nero che raffigura un elefante, chiamato comunemente in siciliano "u Liotru" e considerato l'emblema della città siciliana, su di esso una gualdrappa in marmo bianco che fa da base ad un obelisco di granito ornato in sommità da una sfera ed elementi simbolici bronzei.
Il tutto si trova collocato su un piedistallo marmoreo bicromatico ornato agli angoli da quattro putti con fontanelle, e da due fontanelle più grandi sui lati più lunghi che simboleggiano i due fiumi di Catania, il Simeto e l'Amenano. Il monumento si trova al centro di una più grande vasca che riceve i getti d'acqua raccogliendola, il tutto è collocato sulla sommità di una scalinata in pietra lavica che lo eleva rispetto al livello della piazza. Un più largo marciapiede a forma di quadrifoglio, le cui foglie hanno al centro lampioni in ghisa, delimita lo spazio interessato dal monumento.
La Fontana dell'Elefante fu creata a partire dal 1730 secondo progetto di Giovanni Battista Vaccarini (v. Boscarino, 1986). L'architetto s'ispirò alla statua della Minerva realizzata da Gian Lorenzo Bernini a Roma e all'immagine di un elefante posto su un piedistallo e sormontato da un obelisco con palla sulla sommità documentata nel testo più antico, *Hypnerotomachia Poliphili* del 1499 (Anonimo, 1499).

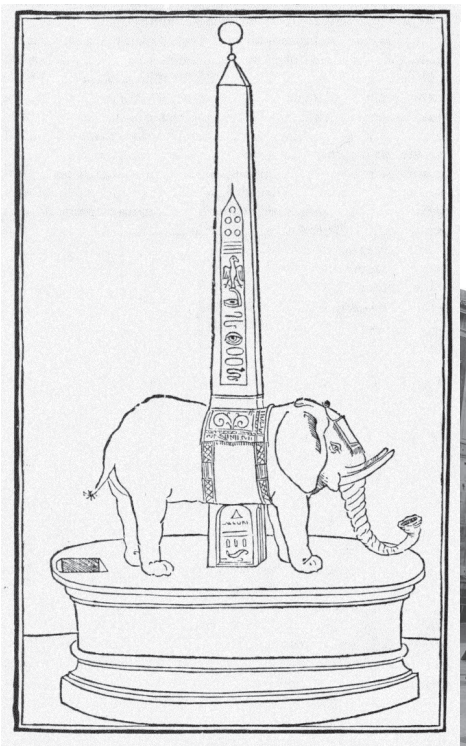


Figura 1 – Immagine dall' Hypnerotomachia Poliphili
Figura 2 – Immagine del monumento come si presenta oggi

La statua dell'elefante è rivolta verso la Cattedrale di Sant'Agata in segno di rispetto all'autorità religiosa e alla santa della città. Non ci sono dati certi su quando e da chi sia stata realizzata la statua, nel corso dei secoli, vari studiosi hanno cercato di dare una risposta a questa domanda, in alcuni casi rifacendosi anche al mito, ma l'ipotesi più attendibile pare quella del geografo Idrisi (Amari, Schiapparelli, 1883; Idrisi, 1966), secondo cui era stata realizzata dai cartaginesi (v. Ardito, Scifo, 2002) e collocata fuori le mura per difendere la città dai pericoli del vulcano, per altri autori

era un trofeo di guerra romano delle guerre contro cartagine, o forse simbolo di un antico culto di cui si è persa ogni traccia. Nel 1239 la statua dell'elefante fu scelta come simbolo di Catania con concessione firmata da Federico II di Svevia e la prima "uscita ufficiale" del nuovo simbolo in occasione di una seduta del Parlamento a Foggia, nel 1240 (Paolucci, 1904). Durante il terremoto del 1693 la statua fu gravemente danneggiata e mutilata: nel suo restauro Vaccarini intervenne ricostruendo le parti mancanti con alcune differenze rispetto all'originale, collocando una proboscide rivolta verso l'alto e aggiungendo i genitali per simbolizzare la virilità catanese.

La gualdrappa in marmo bianco riporta ai lati incisioni dei simboli di S. Agata oltre all'immagine dell'antica statua dell'elefante così come appariva nei tempi antichi prima dei danneggiamenti.

Al di sopra della sella marmorea è collocato un obelisco in granito egiziano di forma ottagonale detto dallo stesso Vaccarini di antichissima origine, su cui sono incise delle figure decorative di stile egizio simili a geroglifici. Tale obelisco proveniva da una delle curve dell'antico circo romano della città, salvato dalle lave del 1669 e riutilizzato per il nuovo monumento. Sulla parte sommitale dell'obelisco sono montati un globo, circondato da una corona di foglie di palma e ulivo, più sopra una tavoletta metallica su cui vi è l'iscrizione dedicata a Sant'Agata MSSHDPL (Mens Sanctra Spontaneus Honor Dei Et Patriae Liberatio), e infine una croce.

Già nel 1757 vennero apportate prime modifiche al monumento per aggiungere una vasca. Nel 1826 la fontana fu circoscritta da una cancellata di ferro, entro la quale fu realizzato un piccolo giardino. In seguito sono stati realizzati due restauri: nel 1905 venne realizzata una nuova vasca e nel 1998 sono stati eliminati la cancellata e il giardino per cui oggi è possibile sedersi su alcuni gradoni ai piedi del basamento.

Tra i tanti racconti a metà tra storia e leggenda sull'elefante appare il nome del mago Eliodoro, da cui deriva il nome di *Liotru* (chiamato anche, più raramente, *Diotru*), che avrebbe animato e cavalcato la statua.

Il legame tra Catania e il *liotru* è molto antico e forte anche oggi. Un'antica leggenda narra dell'elefante che avrebbe cacciato degli animali feroci durante la fondazione della città, pertanto sembra che senza di esso la stessa città non sarebbe mai stata creata.

Il rilievamento

Il dati del rilevamento, con qualunque strumento o tecnica siano ottenuti, hanno comunque un valore di documento, ma essi acquistano maggiore importanza e validità tanto più sono testate, precise e riscontrabili le tecniche, gli strumenti e le procedure utilizzate per ottenerli. Data l'importanza e la complessità del monumento per ottenere un documento più fedele, è sembrato opportuno l'utilizzo della strumentazione di ripresa a laser scanner 3D terrestre basato sul tempo di volo, che appare oggi essere la metodologia più all'avanguardia per queste applicazioni.

Pertanto si è proceduto ad una prima fase di rilevamento con la redazione di un progetto di ripresa che individui opportuni punti di stazione in funzione sia delle caratteristiche tecniche dello strumento che della forma dell'oggetto da rilevare, dello stato dei luoghi e del livello di precisione ricercato.

Il laser scanner utilizzato, Cyrax 2500 della Leica (gentilmente concesso per lo studio dal Prof. L. Andreozzi responsabile del Laboratorio di fotogrammetria architettonica e rilievo, presso il Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Università di Catania), consente un angolo di ripresa limitato a ± 40° sia in verticale che in orizzontale e un passo minimo di ripresa dei punti di 0,6 cm con errore minore di 0,6 cm ad una distanza di 100 metri.

La fontana, essendo molto articolata e ornata da decori e statue marmoree, facilmente può presentare zone d'ombra in fase di scansione; essa è inoltre accessibile e collocata nel centro della città, pertanto, non potendo isolarla all'accesso, ci si aspettava una elevata presenza di punti di disturbo dovuti in particolare alla presenza di persone, piccioni, acqua, spazzatura ed altro.

Per ricoprire l'intera superficie dell'oggetto pertanto sono stati individuati 8 punti stazione distribuiti intorno al monumento, sebbene la presenza sul campo di un'impalcatura ha permesso di

realizzarne solo 7, di cui 2 effettuati dall'alto accedendo a due edifici circostanti per riprendere le parti superiori.
Le scansioni effettuate dai vari punti di stazione sono state in totale 28, per un totale di circa 15.000.000 di punti. Completate le scansioni ed ottenuti i relativi modelli discreti di punti, è stata effettuata un'accurata ricerca e verifica per filtrare manualmente gli innumerevoli punti di disturbo: questo ha implicato una accurata verifica della superficie del monumento al momento del rilievo, anche attraverso ripetuti sopralluoghi e verifiche fotografiche.
Le scansioni sono state collegate tra loro ed inserite in un unico sistema di riferimento tramite il software Cyclone, mediante un processo di introduzione di vincoli reciproci, individuati con la collimazione manuale di punti omologhi sulle diverse nuvole di punti ed un processo di ottimizzazione di tipo ICP effettuato automaticamente dal software. Infine il software Cyclone oltre ad effettuare la registrazione ottimizzata delle nuvole per ottenere un modello unico georeferenziato composto da circa 10.000.000 di punti, ha anche fornito una valutazione dell'*error vector* di circa 0,6cm, risultato considerato accettabile anche considerando le caratteristiche dello strumento e le condizioni in cui operava.

Figura 3 – Immagine della scansione effettuata dal palazzo del Municipio
Figura 4 – Modello discreto globale georeferenziato

L'analisi
La possibilità di trasferire gli strumenti d'indagine all'interno di uno spazio digitale ha permesso di effettuare accurate analisi del manufatto a tavolino attraverso l'interfaccia informatica generata da software dedicati. Queste analisi e considerazioni sono quindi nate a partire da un insieme uniforme di dati secondo differenti scale di dettaglio evidenziando di volta in volta le caratteristiche geometriche e compositive dei vari elementi.
Il procedimento di analisi di questo studio ha perseguito l'obiettivo di comprendere l'opera, ed in particolare il criterio con cui essa è stata realizzata, fornendo ipotesi sulla matrice compositiva e sulle forme ideali a cui essa fa riferimento. Questo processo ha incluso la ricostruzione di un modello matematico di riferimento come modello formale ottenuto adattando a dati discreti e puntuali superfici continue matematiche, rappresentanti astrazioni ideali delle entità reali secondo un processo soggettivo di riconoscimento, regolarizzazione e sintesi. Quindi è stato scelto di non effettuare l'adattamento automatico di forme geometriche ad insiemi di punti su base puramente statistica ma bensì secondo un processo di riconoscimento capace di includere sia i dati metrici ma anche il dettaglio e l'insieme dell'opera così come valutazioni storiche, stilistiche e metrologiche.

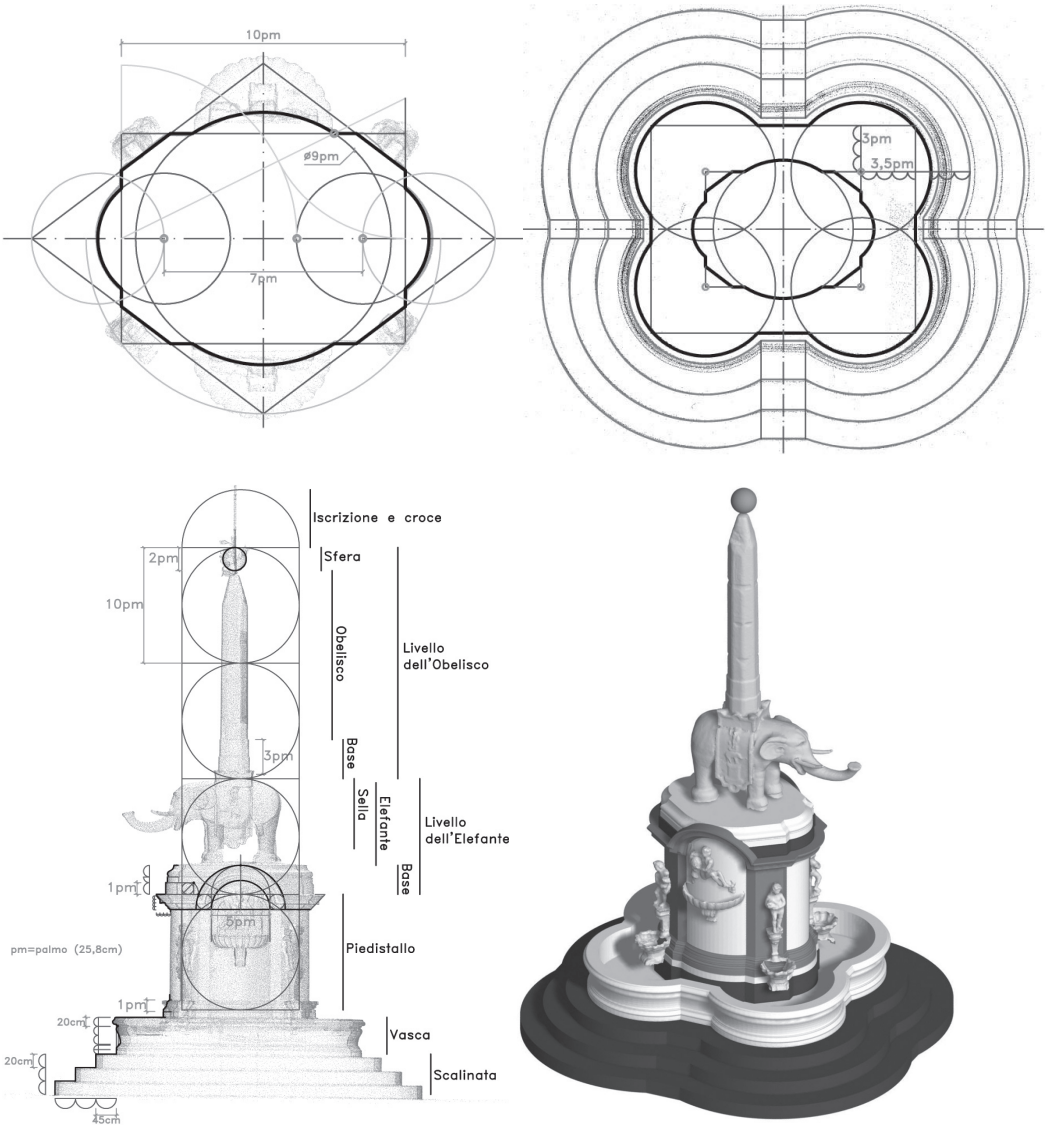


Figura 5-6-7-8 – Dalla ricerca della matrice geometrica del monumento al confronto con i dati discreti alla creazione del modello matematico digitale 3D dell'opera.

Il modello matematico che ne risulta è di per se una rappresentazione del reale semplificata e sintetizzata e ne costituisce lo *skema* omologo, esso costituisce una rappresentazione visibile di un modello concettuale che si crea nella mente dell'osservatore ricollegato ad un vocabolario di forme conosciute e riconoscibili (tassonomia) a partire da osservazioni (induzione). Detto modello fornisce allo studioso la possibilità di ipotizzare gli algoritmi compositivi alla base della realizzazione dell'opera secondo una metodologia scientifica che si propone come obiettivo ideale quello di ricostruire il procedimento ideativo e creativo in questo caso di Vaccarini. Inoltre il confronto costante e diffuso in *real-time* tra modello 3D discreto e l'interpretazione ottenuta

attraverso il processo di modellazione consente infine di effettuare una valutazione critica della validità delle ipotesi formulate.

Conclusione

La Fontana dell'Elefante, oltre ad essere un monumento architettonico di indubbio pregio, è testimone storico di molti momenti della travagliata storia di Catania. Per questa città pertanto essa ha grande importanza artistica, simbolica e tradizionale. Pertanto una documentazione metrica accurata del suo stato attuale risulta di grande importanza in prospettiva di una sua futura valutazione storica e salvaguardia.

La misurazione con il laser scanner 3D eseguita con metodica accurata e rigorosa, cercando di non compromettere il valore oggettivo dei risultati risulta appropriata per ottenere un modello discreto atto a simulare digitalmente la superficie del manufatto con altissima precisione. Il modello tridimensionale ottenuto, composto da milioni di punti, bene si presta ad effettuare valutazioni e ipotesi sulla matrice progettuale e le forme ideali di riferimento di tutta l'opera e dei suoi componenti.

Va evidenziato come il rischio sismico, il dissesto idrogeologico, lo sviluppo edilizio, il degrado solo per citare alcuni degli agenti più aggressivi ed imprevedibili, rendano sempre il nostro ricco patrimonio storico e architettonico potenzialmente sottoposto a repentine e spesso imprevedibili trasformazioni. Una sistematica catalogazione di questo patrimonio unita ad una fedele e ripetuta misurazione e documentazione è da considerare componente essenziale per una sua salvaguardia, in quanto risulta utilizzabile sia per monitorarne lo stato di fatto e quantificarne il rischio che per eventualmente riparare o ricostruire parti più o meno ampie che in futuro risultino danneggiate o distrutte.

Bibliografia

Agnello A. (1861). *Tavole prontuari officiali della reciproca riduzione di misure pesi e monete del sistema metrico decimale e del sistema metrico legale antico di Sicilia*. Stamperia e Tamburello, Palermo

Al-Idrisi (1966), *Il libro di Ruggero,* (trad. U. Rizzitano), Flaccovio Ed., Palermo, PP. 49-50, 55-56

Amari M. e Schiapparelli C. (1883), *L'Italia descritta nel libro di Ruggero compilato da Idrisi*, Roma, PP. 38-45

Anonimo (1499), *Hypnerotomachia Poliphili*, Aldo Manuzio, Venezia

Andreozzi L. (2003). *Il laser scanner nel rilievo di architettura: la nostra esperienza.* Il Lunario, Enna

Ardito F. e Scifo A. (2002), *Catania archeologica*, Alma Editore, Catania

Bae K.H. (2006). Chapter 7. Experiment III: Terrestrial laser. scanner data. In Bae, K.H., *Automated registration of unorganised point clouds from terrestrial laser scanners*. Ultimo accesso Settembre 02, 2008,
da http://espace.library.curtin.edu.au:80/R?func=dbin_jump_full&object_id= 16596

Boscarino S. (1986), *Sicilia Barocca. Architettura e città 1610-1760*, Officina Edizioni, Roma

Chikofsky E.J. e Cross II J.H. (gennaio 1990). Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy. *IEEE Software*, 7(1), 13-17

Merlo, A. (2001). Verso la Carta del rilievo architettonico. *Ali,* 23(2), 19-21.

Migliari, R. (2001). *Frontiere del rilievo, dalla matita alle scansioni 3D*. Gangemi Ed., Roma

Paolucci G. (1904), *Il Parlamento di Foggia del 1240 e le pretese elezioni di quel tempo nel Regno di Sicilia*, (n.d.), Palermo

n.d. (Ultimo accesso 20 Marzo 2008), *HDS Systems. The HDS Product Family.* da http://www.leica-geosystems.com/hds/en/lgs_5570.htm

n.d. (Ultimo accesso 20 Marzo 2008), *Late Baroque Towns of the Val di Noto (South-Eastern Sicily).* da http://whc.unesco.org/en/list/1024/

PRODUZIONE DI ORTOFOTO NELLA REGIONE ABRUZZO

Armida COLLALTI, Marisa DEL SIGNORE, Smeralda FAGNANI, Daniela STROMEI

Regione Abruzzo - Servizio per l'Informazione Territoriale e Telematica, via Leonardo da Vinci 6, L'Aquila,
tel +39 0862.363223, fax 0862.363225, email: infocartografia@regione.abruzzo.it

Riassunto

Nel corso degli ultimi anni il Sistema Informativo Geografico della Regione Abruzzo congiuntamente alla realizzazione del DB Topografico, secondo le specifiche Intesa GIS, allo sviluppo di cartografia numerica e tematica: come la C.T.R., la carta delle aree esondabili, la carta dell'uso del suolo, la carta forestale sperimentale, ha avviato la realizzazione di un progetto per la produzione di ortofoto digitali internamente al proprio laboratorio fotogrammetrico.
Si è deciso di procedere seguendo differenti attività: soddisfare la necessità di aggiornare le informazioni geografiche, effettuare l'analisi del territorio a seguito di eventi che ne hanno modificato la morfologia e parallelamente recuperare materiale storico per la definizione dei piani di bacino.
Tali obiettivi sono stati raggiunti tramite la realizzazione di:

- ortofoto B/N 2001-2005, da ripresa aerofotogrammetrica tradizionale a copertura totale, i cui fotogrammi sono stati acquisiti in formato digitale a seguito di una scansione automatica dei rulli di diapositive elaborata mediante lo scanner fotogrammetrico PhotoScan, prodotto da Z/I Imaging con tecnologia sviluppata da Carl Zeiss con risoluzione ottica di 14 μm e profondità radiometrica di 8 bit;
- ripresa aerofotogrammetrica tradizionale RGB 2006 a copertura parziale sui centri urbani della Regione Abruzzo, e successiva scansione con caratteristiche analoghe al punto precedente;
- ortofoto RGB+Hr 2007, da ripresa aerofotogrammetrica digitale a copertura totale, eseguita con DMC a quattro sensori, i cui fotogrammi presentano risoluzione di 12 μm e profondità radiometrica di 16 bit. L'ortofoto prodotta, in UTM/WGS84, ha una risoluzione a terra pari a 0.2 metri;
- ortofoto B/N da ripresa aerofotogrammetrica tradizionale eseguita sulla frana verificatasi presso il Gran Sasso nell'Agosto del 2006;
- ortofoto RGB+Hr da ripresa aerofotogrammetrica digitale sull'alluvione avvenuta il 06/10/2007 che ha coinvolto i comuni di Alba Adriatica e Tortoreto, le immagini a 8bit hanno una risoluzione di 12μm;
- ortofoto RGB+Hr da ripresa aerofotogrammetrica digitale sulle aree incendiate nell'estate 2007 indicate dal C.F.S., eseguita il 07/08/2007 e il 17/10/2007, dalla quale è stata elaborata la perimetrazione delle aree incendiate tramite acquisizione a monitor, successivamente si è potuto individuare la tipologia delle aree coinvolte attraverso l'intersezione con lo strato informativo dell'uso del suolo;
- scansione delle diapositive relative ai voli del 1982-1985 e 1956.

Abstract

Over the past years the Geographic Informative System of Abruzzo Region jointly with the implementation of Topographic DB, according to Intesa GIS specifications, the development of digital and thematic cartography: as CTR, as Soil Use map, as Forest Sperimental map, has been

launched a project for the production of digital orthophotos internally to their photogrammetric laboratory.
It was decided to proceed with different activities: to update the geographical information, to analyse territory after events that have altered the morphology and, at the same time, recover historical material for the definition of basin's plans.
These objectives have been achieved through the implementation of different aerophotogrammetric flights, with traditional (years 2001-2006) or digital (year 2007) camera.

Introduzione
Le attività del Sistema Informativo Geografico della Regione Abruzzo si snodano e si sviluppano in differenti aree: quella interna per la infrastruttura dei dati geografici, quella cartografica, quella geodetica, con l'obiettivo comune che la Struttura si è posto di garantire il miglioramento dei servizi offerti al cittadino, agevolando la ricerca delle informazioni e fornendo materiali e dati aggiornati sulla produzione cartografica tecnica e tematica. Accanto all'aggiornamento dei dati geospaziali, costantemente richiesto, la Struttura ha posto l'attenzione sull'aggiornamento delle modalità di acquisizione e gestione dei dati stessi, pertanto nel caso specifico della produzione di ortofoto si è passati dalle riprese aerofotogrammetriche tradizionali a quelle digitali, le quali presentano numerosi vantaggi di precisione, abbattimento dei tempi di acquisizione, affidabilità nel tempo. Nel corso degli ultimi anni è stata realizzata l'ortofoto B/N da ripresa tradizionale, è in corso di realizzazione l'ortofoto RGB da ripresa digitale, oltre a queste, caratterizzate dalla copertura totale del territorio regionale, sono state effettuate delle riprese a copertura parziale a seguito di particolari eventi che hanno modificato il territorio.

Ortofoto B/N 2001-2005 a copertura totale
La ripresa aerofotogrammetrica si è estesa a copertura totale del territorio regionale, svolgendosi in differenti lotti: anno 2001-2002 primo lotto, anno 2004-2005 secondo e terzo lotto. La copertura stereoscopica dell'intero territorio regionale ha richiesto 10150 fotogrammi.
I fotogrammi sono stati catturati a una quota media di volo di 2000 metri a una scala 1:13.000.
La ripresa è stata eseguita mediante camera tradizionale *Zeiss RMK A 15/23*, con focale 153.557 mm, il formato utile dell'immagine è pari a 23 cm × 23 cm.

L'acquisizione è stata effettuata con risoluzione ottica di 14 μm e con risoluzione radiometrica B/N di 8bits (256 livelli di grigio) mediante lo scanner fotogrammetrico Zeiss Z/I Imaging Photoscan, di cui la Regione Abruzzo si è dotata. Gli scanner fotogrammetrici sono dispositivi di scansione progettati appositamente per l'acquisizione di fotogrammi, garantiscono alta fedeltà radiometrica e precisione geometrica < 2 μm, tra i possibili schemi di montaggio dei sensori fotosensibili dello scanner lo Z/I Imaging Photoscan monta array lineare di sensori, ovvero l'acquisizione viene effettuata per strisce.
Lo scanner ha la capacità di acquisire immagini sia da singole diapositive che da rullo, in tal caso offre la possibilità di lavorare in modalità automatica, questo processo permette, una volta definite le impostazioni iniziali richieste dal sistema, di ridurre in maniera sensibile i tempi delle operazioni rispetto ad una procedura manuale, garantendo al contempo l'ottima qualità del risultato.
I fotogrammi sono stati orientati utilizzando il software Erdas Orthobase di Leica, procedendo dapprima all'orientamento interno di ciascun fotogramma con l'inserimento manuale delle quattro marche fiduciali, tale orientamento definisce la geometria interna della camera nell'istante in cui l'immagine è stata scattata, consente il passaggio dal sistema di coordinate pixel al sistema di coordinate immagine. In secondo luogo si è proceduto con l'orientamento esterno che definisce la posizione e l'orientamento angolare della camera, per ogni fotogramma bisogna attribuire le coordinate del centro di presa nel sistema "terra" *(Xo, Yo, Zo)* e le variabili rotazionali *(ω, φ, k)* che descrivono la relazione tra il sistema di coordinate "terra" ed il sistema di coordinate immagine, tali parametri sono stati stimati con Triangolazione Aerea. La fase di TA consente dunque di

determinare i parametri di orientamento dei fotogrammi sulla base della conoscenza di alcuni punti noti (GCP) e delle caratteristiche metriche della camera fotografica. La metodologia usata è quella del concatenamento in blocco dei fotogrammi (*bundle block adjustment*). Risulta evidente l'importanza di una opportuna scelta dei GCP, i quali devono risultare ben distribuiti sul blocco e devono possedere le seguenti caratteristiche: spiccata evidenza fotografica, piccole dimensioni, aderenza al terreno altrimenti un piccolo errore in planimetria potrebbe comportare grandi errori in altimetria, pertanto molto spesso vengono scelti incroci di strade o spigoli di basse recinzioni. Oltre ai GCP sono stati inseriti anche dei punti di legame, o *TIE POINTS*, aventi coordinate ignote, riconosciuti su due o più immagini che si sovrappongono. La qualità della triangolazione aerea è stata controllata dai valori di RMSE stampati su un report: gli scarti residui sui GCP sono stati in planimetria <0.5m e in altimetria<0.7m, mentre il valore di RMSE di qualità generale del blocco è stato mediamente <0.7m, valori che rientrano ampiamente entro i limiti dettati nella versione finale delle specifiche tecniche per la produzione di ortofoto digitali in scala nominale 1:10000, approvata dal Centro Nazionale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione (CNIPA) il 31 Marzo 2006.
Nel processo di ortorettifica è stato utilizzato un modello digitale del terreno, edizione 2000, avente passo di campionamento pari a 40m; la risoluzione a terra dell'ortoimmagine è pari a 0.5m, come metodo di ricampionamento è stato applicato il *Cubic Convolution*.
Il mosaico delle ortofoto è stato eseguito utilizzando delle cut-lines editate manualmente al fine di individuare il percorso che minimizzasse gli errori dovuti al taglio. Nelle zone relative al mare è stata inserita la funzione di feathering al fine di uniformare al massimo il mosaico dal punto di vista radiometrico.
La vestizione dell'ortofotocarta è stata impostata sulla base dell'ortofoto del 1982. Sull'immagine sono state caricate le curve di livello, i punti quotati e le annotazioni derivanti dalla Carta Tecnica scala 1:5.000 (anno 2000) opportunamente sfoltiti, ed inoltre i punti trigonometrici derivanti dalla rete plano-altimetrica della Regione Abruzzo. Il taglio degli elementi è stato effettuato secondo il reticolo geografico ED50. I vertici sono definiti in coordinate geografiche WGS84. Oltre alla stampa degli elementi ne è stata effettuata la pubblicazione sul sistema WebGis della Regione Abruzzo, con consultazione dinamica ed interrogazione del piano di volo.

Ortofoto RGB 2007 a copertura totale
L'aspetto innovativo dell'ortofoto 2007 della Regione Abruzzo consiste nel basarsi su ripresa aerofotogrammetrica realizzata con una camera digitale DMC Zeiss-Intergraph, pertanto viene superata la fase di scansione, questo comporta una geometria di acquisizione di qualità superiore a quelle delle camere analogiche tradizionali, in grado, fra l'altro, di operare anche in condizioni meteo e di illuminazione sfavorevoli. Tra i principali vantaggi di questa tecnologia, che si ripercuotono sui prodotti derivati dalle riprese stesse: maggiore risoluzione radiometrica, riduzione degli effetti di opacità atmosferica, miglioramento del bilanciamento dei colori assicurato da un applicativo software di post-processing integrato nella camera, eliminazione del processo di scansione e immediato import dei file negli applicativi fotogrammetrici. Nel procedimento fotografico tradizionale vi è la possibilità che la geometria e la radiometria dell'immagine vengano alterate a causa della natura del supporto su cui viene registrata; mentre con la fotografia digitale viene superato il limite della mancanza di perfetta corrispondenza tra l'immagine che viene proiettata sul piano focale al momento della presa e la sua materializzazione sul supporto
fotografico, apportando come caratteristica principale la cattura dell'immagine in formato numerico, la trasmissione e la conservazione nel tempo senza alterazioni.
I velivoli impiegati nella ripresa (Partenavia P68, CESSNA 402 o similari) sono dotati di strumentazione satellitare GPS per la navigazione e per la determinazione delle coordinate dei centri di presa dei fotogrammi, rispettivamente, i sistemi impiegati per i due scopi sono il TRACK'AIR o analoghi e l' INS/GPS (Applanix o analoghi).
La camera da presa digitale DMC usata, avente focale pari a 120 mm, si basa sulla tecnologia CCD, l'acquisizione dell'immagine avviene attraverso quattro sensori pancromatici e quattro sensori

a colori (verde, rosso, blu e infrarosso) dai quali si ottiene un'immagine ricampionata formata da 7680×13824 pixel, ciascuno avente dimensione 12 μm × 12 μm, (pertanto le dimensioni dell'immagine reale sono di circa 9x16 cm), con una risoluzione radiometrica di 12 bit, ricampionata in fase di post-processing a 16 bit.
La metodologia di distribuzione delle strisciate è consistita in strisciate principali rettilinee e parallele, per quanto possibile parallele alla linea di costa, rafforzate da strisciate trasversali ai bordi e al centro delle strisciate principali. La copertura stereoscopica dell'intero territorio regionale ha richiesto 16688 fotogrammi.
Le riprese sono state effettuate tra il 29/06/2007 e il 01/10/2007, ad una quota compresa tra 1007m e 4011m, ed utilizzando anche una unità di misura inerziale facente parte del sistema della camera digitale stessa.
Tale sistema Applanix ha consentito di determinare in ogni istante della ripresa l'assetto della camera, pertanto, integrando le misure dell'unità inerziale con quelle dei GPS a terra è stato possibile determinare le coordinate del centro di presa di ogni fotogramma (X_0,Y_0,Z_0) ed i parametri angolari rotazionali (ω,φ,κ). Tuttavia non è stata seguita la strada del *direct georeferencing*, modalità di rilevamento del territorio in cui l'orientamento esterno del sensore, invece di essere stimato a posteriori, con un problema inverso, è misurato direttamente; infatti i parametri di orientamento esterno importati nel blocco di lavoro, mediante l'utilizzo di un file opportunamente strutturato, sono comunque derivanti da una Triangolazione Aerea nella quale sono stati utilizzati oltre alle coordinate di centro lastra e dagli assetti di presa ottenuti in sede di ripresa aerea dal sistema INS/GPS con piattaforma inerziale anche i punti della rete topografica regionale. Per il calcolo della TA è stato usato il programma a stelle proiettive Leica LPS con modulo ORIMA di aerotriangolazione.
Il modello digitale del terreno, con passo di campionamento di 1 metro, utilizzato nelle operazioni di ortorettifica è stato generato direttamente dal Sistema Informativo Regionale della Regione Abruzzo per interpolazione utilizzando la Carta Tecnica Regionale 1:5000 (anno 2001-2005), in particolare sono state usate le curve di livello come softlines mentre strade, scarpate e idrografia come hardlines.
L'ortofoto realizzata è riferita al sistema UTM con inquadramento WGS84, il taglio si è basato sul Sistema Geografico europeo unificato ED 1950, ovvero ogni elemento è stato ottenuto dividendo in 64 parti un foglio 1:50.000 dell'I.G.M. L'elemento dell'ortofoto è contraddistinto da un numero a sei cifre, in cui le prime tre si riferiscono al foglio alla scala 1:50.000, la quarta e la quinta invece alla sezione all'interno del foglio, la sesta cifra designa l'elemento. L'elevata qualità geometrica e radiometrica dei fotogrammi, accanto al rilevante livello di dettaglio del DEM utilizzato, hanno consentito di richiedere un ricampionamento (*Cubic Convolution*) dell'ortofoto con risoluzione a terra pari a 0.2 m, pertanto si possono effettuare ingrandimenti a video fino alla scala 1:600 senza considerevoli decadimenti dell'immagine.
In fase di mosaicatura dei fotogrammi le linee di taglio sono state generate automaticamente solo in rari casi, mentre sono state digitalizzate in modalità manuale laddove si è ritenuta opportuna una selezione dell'operatore.
La tolleranza planimetrica, definita come incertezza posizionale massima ammessa per un particolare puntuale individuato nel piano della rappresentazione, soddisfa la seguente relazione:
([N'(p)-N(p)]2+[E'(p)-E(p)]2)1/2 ≤ 2 metri, dove N'(p) e E'(p) sono le coordinate relative ad un punto P' individuato sull'ortofoto, mentre N(p) e E(p) rappresentano le coordinate dello stesso punto P misurate sul terreno. Al termine della realizzazione di ogni elemento vengono effettuate le verifiche di rispetto della tolleranza planimetrica mediante apposita campagna di misura a terra.
Nella fase di mosaicatura si sono presentate le maggiori criticità che hanno richiesto sia interventi di tipo geometrico (in presenza di viadotti) sia interventi di "*image enhancement*":
- *parallasse*: al fine di minimizzare gli effetti di distorsione della parallasse si è proceduto ad una accurata selezione dell'area di utilizzo di ogni singola ortoimmagine;

-*disomogeneità radiometrica*: talvolta il mosaico laterale tra strisciate contigue ha richiesto molteplici prove di bilanciamento dei colori, esse infatti molto spesso hanno presentato notevoli differenze di saturazione nei colori, luminosità e contrasto, pertanto è stato necessario agire con i possibili interventi di *Histogram Matching* e *Balance*, invece sulla disomogeneità delle ortofoto relative alla zona di costa si è operato il *Feathering* esclusivamente sull'area marittima, opportunamente ritagliata, ed in seguito si è proceduto con l'overlay sul territorio;
-*viadotti*: dall'utilizzo di un DEM con passo di campionamento di 1 metro si è presentato il problema della distorsione dei viadotti, l'effetto che ne risulta è evidente in *Fig. 1*. Per risolvere questa anomalia si è adottato un intervento temporaneo consistente nell'utilizzo di un DEM avente passo di campionamento di 40 metri (*Fig.2*), tuttavia si sta procedendo alla soluzione definitiva di tale criticità con la realizzazione di un *Digital Surface Model* (DSM) il quale, per le sue proprie caratteristiche include le informazioni sulla vegetazione, sugli edifici e sulle strade, contrariamente al DEM che, come noto, ne è privo.

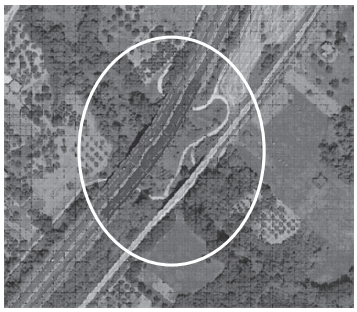


Fig.1

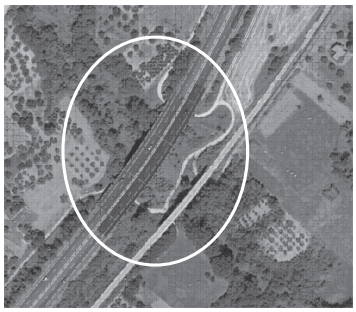


Fig.2

L'ortofoto oltre ad essere consultabile in sede verrà pubblicata su Internet, per tale scopo tutti gli elementi dell'ortofoto saranno mosaicati in un unico raster file che subirà inoltre una compressione in formato ECW e sarà quindi emesso sull'infrastruttura di pubblicazione dati geospaziali (Sistema WebGis) della Regione Abruzzo, ove si avrà la possibilità di una consultazione dinamica e veloce.

Ripresa aerofotogrammetrica sui centri urbani
Si tratta di una ripresa tradizionale RGB 2006 a copertura parziale sui centri urbani con popolazione maggiore di 7000 abitanti. Tale ripresa è stata effettuata con la Camera RC30 15/4 con lunghezza focale di 153.28mm, fatta eccezione per la città di L'Aquila dove è stata utilizzata invece la Camera RC30 30/4 con lunghezza focale di 303.56 mm.
L'acquisizione in formato digitale dei fotogrammi è avvenuta mediante la scansione dei rulli di diapositive con lo scanner fotogrammetrico Zeiss Z/I Imaging Photoscan, con risoluzione ottica di 14 μm e profondità radiometrica di 8 bit.

Ortofoto frana Gran Sasso
A seguito di una ripresa aerofotogrammetrica tradizionale, eseguita sulla frana verificatasi presso il Gran Sasso nell'Agosto del 2006, con una camera RMK TOP 15 avente lunghezza focale di 153.104 mm, è stata relaizzata l'ortofoto B/N utilizzando il DEM edizione 2000 avente passo di campionamento pari a 40 metri; la risoluzione a terra dell'ortoimmagine è pari a 0.5m, come metodo di ricampionamento è stato applicato il Cubic Convolution.

Ortofoto alluvione Tortoreto-Alba Adriatica
Ortofoto RGB+Hr da ripresa aerofotogrammetrica digitale, eseguita con DMC Z/I Imaging avente focale 120 mm, sull'alluvione avvenuta il 06/10/2007 che ha coinvolto i comuni di Alba Adriatica e Tortoreto, le immagini a 8bit hanno una risoluzione di 12μm. A seguito di tale ripresa è stato

possibile circoscrivere l'area coinvolta nell'evento ed individuare la localizzazione della sorgente che lo ha scatenato.

Ortofoto aree incendiate

Ortofoto RGB+Hr da ripresa aerofotogrammetrica digitale, eseguita con DMC Z/I Imaging avente focale 120 mm, sulle aree incendiate nell'estate 2007 indicate dal C.F.S., eseguita il 07/08/2007 e il 17/10/2007, dalla quale è stata elaborata la perimetrazione delle aree incendiate tramite acquisizione a monitor, successivamente si è potuto individuare la tipologia delle aree coinvolte attraverso l'intersezione con lo strato informativo dell'uso del suolo della Regione Abruzzo.

Conclusioni

L'ortofoto digitale rappresenta lo stadio più recente dell'evoluzione delle metodologie di rappresentazione del territorio, è un prodotto efficace ed economico per rappresentare correttamente, in forma fotografica, la proiezione ortogonale su un piano di un qualsiasi oggetto tridimensionale; si caratterizza per la ricchezza del contenuto informativo sintetizzando la rappresentazione metrica e fotografica del territorio. La dotazione dell'ortofoto RGB dell'intero territorio regionale, avente una rilevante qualità metrica e radiometrica, oltre alla semplice fruizione da parte dei clienti rappresenta una delle importanti attività del Sistema Informativo Regionale, ed inoltre verrà utilizzata per l'aggiornamento cartografico e per la realizzazione del Data Base topografico secondo gli standard Intesa GIS.

Accanto alla necessità di aggiornare le informazioni geografiche mediante l'utilizzo delle più moderne ed efficaci metodologie si è proceduto con l'analisi del territorio in conseguenza di eventi che ne hanno modificato la morfologia.

Bibliografia

Casella V., Galetto R., Surace L., Ferretti L., Banchini G., Cavalli A. (2001), "*Esperienze di fotogrammetria supportate da GPS/INS*", Bollettino SIFET, n. 4: 35-49

Comitato per il coordinamento informatico dei dati territoriali, (2006) "*Ortofoto digitali 1:10.000 Standard di riferimento*"
(http://www.cnipa.gov.it/site/itZT/Attività/Sistemi_Informativi_Territoriali/Precedente_comitato_dati_territoriali/)

Galletto R., " *Camere digitali per riprese aeree e terrestri*" Dipartimento di Ingegneria Edile e del Territorio, Università di Pavia

Intesa Stato-Regioni_Enti Locali per la realizzazione dei sistemi informative geografici (2001), "*Technical Specifications for the Elaboration of Digital Elevation Models",*
(http://www.intesagis.it/specifiche/Doc_wg03/DTM16I_Spec_Apr01.pdf)

RIPRESA AEROFOTOGRAMMETRICA MULTISPETTRALE PER LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE INCENDIATE

Armida COLLALTI (*), Marisa DEL SIGNORE (*),
Daniela STROMEI (*), Antonio SEBASTIANI (*)

(*) Regione Abruzzo - Servizio per l'Informazione Territoriale e Telematica,
via Leonardo da Vinci 6, L'Aquila, tel +39 0862.363223

Riassunto
A seguito dell'OPCM n°3624/07 Decreto n°1, che dispone che i Comuni provvedano alla istituzione del catasto incendi, la Struttura Speciale di Supporto Sistema Informativo Regionale ha fornito il proprio ausilio alla Protezione Civile al fine di realizzare la mappa delle aree percorse dagli incendi nell'anno 2007.
Per realizzare quanto necessario è stata programmata una ripresa aerofotogrammetrica, realizzata subito dopo i primi eventi, il 07/08/2007, e al termine della stagione estiva, il 17/10/2007, tramite predisposizione di un apposito piano di volo sulle aree indicate dal C.F.S. ed eseguita utilizzando una DMC a quattro sensori (RGB+Hr) Z/I Intergraph; le immagini a 8bit hanno una risoluzione di 12µm.
E' stata prodotta una ortofoto, in UTM/WGS84, è stata realizzata con risoluzione a terra di 0.5m. La perimetrazione è stata effettuata tramite acquisizione a monitor utilizzando l'ortoimmagine Hr ed ha fornito la definizione degli ettari bruciati; in seguito si è potuto individuare la tipologia delle aree incendiate attraverso l'intersezione con lo strato informativo dell'uso del suolo. La Struttura, infine, ha fornito alla P.C. il supporto cartaceo delle "aree percorse da incendio - anno 2007".

Abstract
Following OPCM No.3624/07 Decree No.1, which states that municipalities provide the institution of fires land's register, Special Structure of Regional Informative System Support gave its support to Civil Defence to implement the map of areas covered by fire in 2007 year.
To achieve what is necessary has been arranged a photogrammetric flight, immediately after the first events, the 07/08/2007, and at the end of the summer season, the 17/10/2007, through establishment of a special flight plan on the areas identified by CFS and executed using a DMC Z/I Intergraph with four sensors (RGB + Hr); 8bit images have a resolution of 12 mµ.
It been produced orthophotos, with UTM/WGS84 projection and ground resolution of 0.5m. The perimeter determination was carried out through acquisition to monitor using the orthoimagines Hr and gave the definition of burned hectares, then we have identified the type of burned areas through the intersection with the informative layer of Soil Use. The Structure also has provided a papery map of "Areas Covered by Fire - year 2007" to P.C.

Introduzione

Il Sistema Informativo Geografico della Regione Abruzzo, in attinenza all'OPCM n°3624/07 Decreto n°1, ha fornito un supporto alla Protezione Civile per la elaborazione della mappa delle aree percorse da incendi nell'anno 2007. In particolare tale supporto si è concretizzato con la realizzazione di un'ortofoto digitale multispettrale, a copertura parziale sui singoli eventi, con la digitalizzazione manuale a video del perimetro relativo ad ogni incendio, con l'intersezione dei perimetri così ottenuti con la carta dell'Uso del Suolo in modo da determinare per ognuno di essi le tipologie del suolo coinvolte.

Questo progetto rappresenta una dimostrazione della validità delle sinergie, attraverso le quali si riescono ad ottenere prodotti qualitativamente significativi dalla collaborazione di professionalità e dalla condivisione di strumenti appartenenti a diverse Strutture della Pubblica Amministrazione.

La ripresa

La ripresa aerofotogrammetrica è stata realizzata in due lotti, rispettivamente il 07/08/2007 e il 17/10/2007, dietro apposita progettazione del piano di volo sulla base delle aree indicate dal C.F.S, ad una quota media di volo di 2000 metri .

La camera da presa digitale utilizzata è stata una DMC Z/I Intergraph a quattro sensori (RGB+Hr), avente focale di 120 mm, montata su aeromobile dotato di strumentazione satellitare GPS per la navigazione e per la determinazione delle coordinate dei centri di presa dei fotogrammi, rispettivamente, i sistemi impiegati per i due scopi sono il TRACK'AIR o analoghi e l' INS/DGPS (Applanix o analoghi).

Tale sistema Applanix ha consentito di determinare in ogni istante della ripresa l'assetto della camera, pertanto, integrando le misure dell'unità inerziale con quelle dei GPS a terra è stato possibile determinare le coordinate del centro di presa di ogni fotogramma (X_0,Y_0,Z_0) ed i parametri angolari rotazionali (ω,φ,κ).

La camera da presa digitale DMC usata, si basa sulla tecnologia CCD, l'acquisizione dell'immagine avviene attraverso quattro sensori pancromatici e quattro sensori a colori (verde, rosso, blu e infrarosso) dai quali si ottiene un'immagine ricampionata formata da 7680×13824 pixel, ciascuno avente dimensione 12 µm × 12 µm, (pertanto le dimensioni dell'immagine reale sono di circa 9 cm × 16 cm), con una risoluzione radiometrica di 12 bit, ricampionata in fase di post-processing a 8 bit.

L'ortofoto

Disponendo dei parametri di orientamento esterno del sensore, ovvero le coordinate del centro di presa ed i parametri rotazionali a seguito dell'utilizzo del sistema Applanix, è stato possibile seguire il *direct georeferencing*, che rappresenta una modalità di rilevamento del territorio in cui l'orientamento esterno del sensore, invece di essere stimato a posteriori, con il problema inverso della Triangolazione Aerea che risolve le equazioni di collinearità, è misurato direttamente; infatti i parametri di orientamento esterno sono stati importati nel blocco di lavoro mediante l'utilizzo di un file opportunamente strutturato.

L'orientamento interno, l'attribuzione dei parametri per l'orientamento esterno e l'ortorettifica sono stati eseguiti con il software Leica Erdas, in particolare con il tool LPS.

Il modello digitale del terreno, con passo di campionamento di 1 metro, utilizzato nelle operazioni di ortorettifica è stato generato direttamente dal Sistema Informativo Regionale della Regione Abruzzo per interpolazione utilizzando la Carta Tecnica Regionale 1:5000 (anno 2001-2005), in particolare sono state usate le curve di livello come *softlines* mentre strade, scarpate e idrografia come *hardlines*.

L'ortofoto realizzata è riferita al sistema UTM con inquadramento WGS84, il taglio è stato effettuato in modo da centrare l'area di interesse. L'elevata qualità geometrica e radiometrica dei fotogrammi, accanto al rilevante livello di dettaglio del DEM utilizzato, hanno consentito di richiedere un ricampionamento (*Cubic Convolution*) dell'ortofoto con risoluzione a terra pari a 0.5 m, pertanto si possono effettuare ingrandimenti a video fino alla scala 1:800 senza considerevoli decadimenti dell'immagine, questo ha permesso di elaborare una buona digitalizzazione a video dei perimetri.

In fase di mosaicatura dei fotogrammi le linee di taglio sono state digitalizzate in modalità manuale laddove si è ritenuta opportuna una selezione dell'operatore.

La tolleranza planimetrica dell'ortofoto, definita come incertezza posizionale massima ammessa per un particolare puntuale individuato nel piano della rappresentazione, soddisfa la seguente relazione:

([N'(p)-N(p)]2+[E'(p)-E(p)]2)1/2 ≤ 2 metri, dove N'(p) e E'(p) sono le coordinate relative ad un punto P' individuato sull'ortofoto, mentre N(p) e E(p) rappresentano le coordinate dello stesso punto P misurate sul terreno.

La perimetrazione

A seguito della realizzazione delle ortofoto digitali multispettrali, a copertura delle aree percorse da incendi, è stata elaborata la digitalizzazione a video, eseguita in modalità manuale alternando alla visualizzazione Hr quella RGB. La possibilità di passare da una visualizzazione all'altra ha offerto una maggiore determinazione nel circoscrivere l'evento, infatti in talune aree è stato sufficiente l'utilizzo dell'ortofoto Hr, ove le zone incendiate appaiono caratterizzate dalla particolare colorazione verdastra fortemente in contrasto con le aree rosse non coinvolte invece dall'evento, mentre in altre aree l'operatore è stato supportato nella determinazione del perimetro dall'ortofoto RGB.

La perimetrazione digitalizzata è stata salvata in *shape files*, dai quali è stato possibile determinare lunghezza e copertura aerale (*Fig. 1*).

In totale, durante l'estate del 2007 nella Regione Abruzzo, si sono verificati 145 eventi indipendenti che hanno irreparabilmente compromesso 24600 ettari di territorio.

Nel caso dell'incendio verificatosi presso il comune di L'Aquila, nel bosco di San Giuliano, il perimetro è stato acquisito a terra con strumentazione GPS dal personale del Corpo Forestale dello Stato.

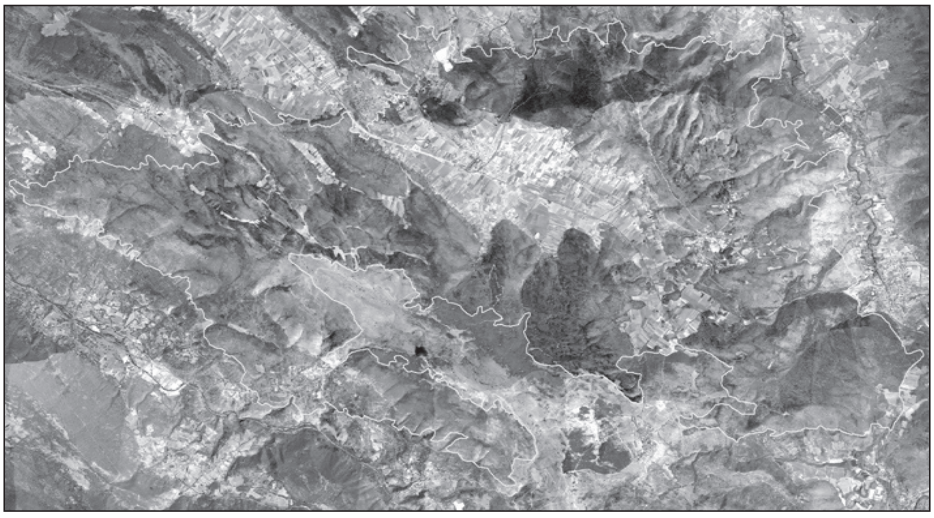


Fig. 1 Ortofoto digitale multispettrale e perimetrazione relativa

Intersezione con uso suolo e risultati

In seguito alla digitalizzazione dei perimetri i 145 *shape files* così ottenuti, relativi a ciascun singolo evento, sono stati intersecati con la carta dell'Uso del Suolo della Regione Abruzzo (anno 2000), in tal modo il contenuto del prodotto finale è stato arricchito da informazioni dettagliate: infatti per ogni evento, accanto all'ortofoto multispettrale che ne offre una visualizzazione rapida d'insieme, accanto alla perimetrazione che ne stima l'estensione, è stato possibile determinare le tipologie dell'Uso del Suolo coinvolte e, per ciascuna di esse, l'estensione relativa.

In corrispondenza di ogni incendio, opportunamente numerato, è stata creata una tabella contenente l'elenco delle tipologie coinvolte, il codice relativo secondo le informazioni della Carta dell'Uso del Suolo, l'estensione per ogni singola tipologia e quella totale espresse in ettari (*Fig. 2*).

CODICE U.S.	TIPOLOGIA	HA
321	Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota	1360,4175
3242	Aree a ricolonizzazione artificiale	284,8007
3241	Aree a ricolonizzazione naturale	586,2882
244	Aree agroforestali	149,3682
333	Aree con vegetazione rada	14,8036
131	Aree estrattive	4,47
1422	Aree sportive	1,1824
312	Boschi di conifere	596,436
3111	Boschi di latifoglie di alto fusto	1,6731
313	Boschi misti di conifere e latifoglie	326,0664
322	Brughiere e cespuglieti	2132,7193
3113	Cedui matricinati	831,7951
243	Colture agrarie con spazi naturali importanti	80,6328
241	Colture temporanee associate a colture permanenti	49,8374
1122	Insediamento rado	2,7204
1121	Insediamento residenziale a tessuto discontinuo	9,9095
223	Oliveti	16,7307
23	Prati stabili	48,8461
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	92,1599
211	Seminativi in aree non irrigue	1039,5807
242	Sistemi colturali e particellari complessi	2,853
1112	Tessuto residenziale continuo mediamente denso	1,7236
	TOTALE	7635,0146

Fig. 2 Tabella che riporta le tipologie dell'Uso del Suolo coinvolte in un particolare incendio

Inoltre è stata realizzata una Carta delle Aree Percorse da Incendi, anno 2007, utilizzando come base il DB Topografico 1:100.000 della Regione Abruzzo sul quale sono stati caricati i perimetri digitalizzati manualmente relativi ad ogni evento (in *Fig. 3* ne è riportato un particolare), la Carta è inoltre corredata dalle corrispondenti tabelle derivanti dall'intersezione dell'Uso del Suolo.

Fig. 3 Particolare della Carta delle Aree percorse da Incendi, anno 2007

Conclusioni

La realizzazione dell'ortofoto digitale multispettrale delle aree percorse da incendi nell'anno 2007 ha rappresentato una fase marginale, seppur propedeutica, del progetto globale che ha portato alla realizzazione della Carta della Aree Percorse da Incendi. L'ortofoto ha assunto il valore di riferimento base su cui poter elaborare la digitalizzazione dei confini perimetrali di ogni incendio, dai quali è stato possibile costruirne il catasto, individuando, per ciascuno di essi le tipologie dell'Uso del Suolo coinvolte. Se da un lato il lavoro di digitalizzazione a video dei perimetri potrebbe essere considerato di bassa precisione rispetto alle campagne di misura a terra con GPS, si sottolinea, tuttavia, l'arricchimento del dato apportato dall'intersezione con lo strato informativo della Carta dell'Uso del Suolo.

Bibliografia

Casella V., Galetto R., Surace L., Ferretti L., Banchini G., Cavalli A. (2001), "*Esperienze di fotogrammetria supportate da GPS/INS*", Bollettino SIFET, n. 4: 35-49

De Matteo E, Colombo R, Meroni M, Comini B, Fracassi G, Cavini L, Olivieri M, Deligios G, (2007), *"Delimitazione di aree boschive montane percorse dal fuoco mediante immagini satellitari ad alta risoluzione geometrica",* Forest@ 4: 264-271

Comitato per il coordinamento informatico dei dati territoriali, (2006) "*Ortofoto digitali 1:10.000 Standard di riferimento*"
(http://www.cnipa.gov.it/site/itZT/Attività/Sistemi_Informativi_Territoriali/Precedente_comitato_dati_territoriali/)

"STVIRTUALEXPERIENCE" UN MODELLO DI CARTOGRAFIA PARTECIPATA

David COLMANO (*), Alessandro DIBONA (**)

(*) Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio di coordinamento territoriale, via Renon 4, 39100 Bolzano, tel. 0471 417823, fax 0471 417839, david.colmano@provincia.bz.it
(**) Pangea Srl, via S. Stefano 64, 40125 Bologna, tel. 051 270 371, fax 051 2915021, a.dibona@pangeaitaly.com

Riassunto
Il progetto "STVirtualExperience" (STVE – Südtirol VirtualExperience) della Provincia Autonoma di Bolzano sta determinando la transizione della "prospettiva" secondo la quale viene prodotto, gestito, fruito e divulgato il dato geografico in forma numerica; in STVE la visione tecnica zenitale, tipica della cartografia, è stata affiancata da una intuitiva visione prospettica tridimensionale, confrontabile con la realtà che ci circonda.
La tradizionale prospettiva verticale, infatti, per mantenersi "giovane" e fornire un dato cartografico aggiornato, richiede una serie più o meno periodica di "ripetizioni" (le varie edizioni) a cura dell'Ente. Tale esercizio, in considerazione delle direttive europee INSPIRE e, comunque, di una ormai più o meno condivisa necessità di risparmio, è destinato ad evolversi. Il come e quando possiamo essere noi attori cartografici a deciderlo, debitamente considerando sia il contesto socio-economico-culturale nel quale ci troviamo ad operare, sia la necessità di trasformare l'approccio "dirigista" in spirito di servizio.
La Provincia Autonoma di Bolzano, con il supporto tecnico della società Pangea Srl di Bologna, ha scelto di "rovesciare la piramide", confrontandosi e dando voce ad un fenomeno, la nascita spontanea di community, che trova sempre più consensi soprattutto fra le nuove generazioni.
STVE è lo strumento per dialogare con la community di utenti, diffondere il servizio al pubblico più ampio e, viceversa, convogliare e tradurre il feedback della community in segnali di "territorio che si evolve e muta", innestando un processo di aggiornamento più economico, più efficace e mirato dove serve.
I due DVD contenenti tutti i dati della Provincia Autonoma di Bolzano sono gratuiti ed in libera distribuzione!

Abstract
The project "STVirtualExperience" (STVE – South Tyrol Virtual Experience) of the Autonome Province of Bolzano is determining the transition of the "perspective" how geographic numeric data should be produced, enjoyed and distributed; in STVE the technical zenith perspective is integrated by a more intuitive and more to the real world comparable three dimensional perspective.
The traditional vertical perspective requires a series of periodically repetitions of that perspective to remain "young" (more releases), which is a task for the corporation. It is an exercise that's bound to evolve if we consider the INSPIRE guidelines and the more or less shared need of economy measures. How and when it has to happen can be determined by us cartographic actors always by considering the social, economic and cultural context in which we have to operate and by considering also the necessity to turn the spirit of "imposition" into one of service.

The Autonome Province of Bolzano, supported by Pangea Srl of Bologna, has chosen to "turn the pyramid upside down" by confronting itself with the phenomenon of new spontaneous communities, which have more and success under the younger generations, and by supporting it.
STVE is on the one hand the tool to speak with the user community and to spread the public service, on the other hand it is a way to bundle up and to translate the community's feedback in signals of the "evolving and changing territory". It will consequently trigger a more economic, efficiently and targeted update process.
The both DVD containing the whole Province's data are for free and free distributable.

Che cos'è STVirtualExperience?
STVirtualExperience (STVE) è più di un'ulteriore applicazione 3D che appare sull'orizzonte del mercato del software. È semplicemente un nuovo modo di vivere lo spazio e il paesaggio, cioè il proprio ambiente.
STVirtualExperience rivela però più di ciò che l'occhio umano è in grado di riconoscere. STVE amplia l'orizzonte su ciò che dall'antichità chiamiamo "Geografia", anche se sovente essa ci è presentata in maniera diversa da come noi la viviamo consciamente o inconsciamente.
La geografia interpreta il mondo come un assemblaggio di tecnologie e discipline legate allo spazio terrestre. Come essere umani siamo parte integrante di questa integrazione interdisciplinare. Peccato che non sempre ce ne rendiamo conto.
STVirtualExperience vuole stimolarci ad aprire nuovamente gli occhi e farci scoprire che questo nuovo modo di vedere nient'altro è che il nostro vivere "reale" di sempre.

Per chi è STVirtualExperience?
STVE è indirizzato a tutti. A tutti coloro che provano un interesse per lo spazio nel quale vivono. Chiamate questo spazio come Vi è più spontaneo. Non importa se siete un libero professionista, uno studente, un escursionista, il tecnico di un ente o un biker. Se l'interazione con l'ambiente altoatesino Vi sta a cuore, allora STVirtualExperience è la Vostra giusta "esperienza" da fare.

Che cosa significa ciò concretamente?
STVirtualExperience è il connubio di tre elementi fondamentali che interagiscono tra di loro:
- i *dati*,
- l'*utente*,
- l'*applicazione software* ("3D RTE", che sta per "Real Time Exploration", cioè esplorazione in tempo reale).

La missione è superare il "*digitale divide*" e creare una *community*, la più ampia possibile, che assimili e re-distribuisca la conoscenza e la percezione del territorio, senza volgarizzazioni, ma piuttosto per il tramite di un fattore abilitante.

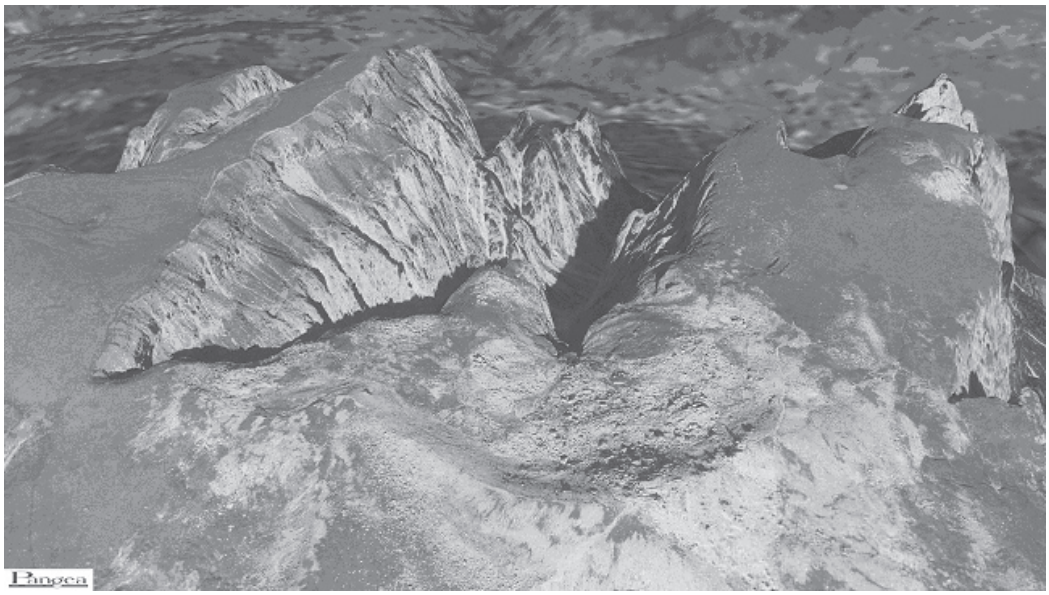


Figura 1 - "scena RTE STVirtualExperience" - Sciliar

Qualsiasi cittadino in possesso di un PC di dotazioni medie, nella sua qualità di utente, diventa reale protagonista nella fruizione del dato. In questo "sistema integrato" tutti possono essere coinvolti, ed il territorio stesso acquisisce più valore agli occhi di chi lo sta esplorando, in modo reale e/o virtuale.
Il dato fotografa uno stato di fatto e aiuta l'utente ad orientarsi ma, a sua volta, può significativamente beneficiare dell'interazione con chi vive la quotidiana trasformazione del territorio. L'utente può mettere a disposizione della *community* la propria conoscenza personale di ogni più recondito angolo di territorio, contribuendo alla mappatura dei cambiamenti.
L'intuitività dell'interfaccia consente, anche quando il dato non fosse perfettamente coincidente con la realtà, sia una piena immedesimazione dell'utente locale nel contesto a lui familiare (la conoscenza del territorio è un fattore imprescindibile dal concetto di "questa è casa mia"), sia una totale comunicazione della bellezza del territorio al pubblico più vasto.
Con STVirtualExperience la cartografia *ufficiale* assume un significato di condivisione del sapere, anziché l'imposizione d'assunzione del dato premasticato. Di fatto viene capovolta la piramide e l'utente può contribuire a rendere la cartografia stessa più che solo ufficiale, ma anche e soprattutto, più reale, grazie all'esperienza personale.
Tutto questo beneficiando al massimo delle tecnologie più all'avanguardia in fatto di acquisizione e trattamento del dato, quali ad esempio il DTM derivato dal LiDAR.

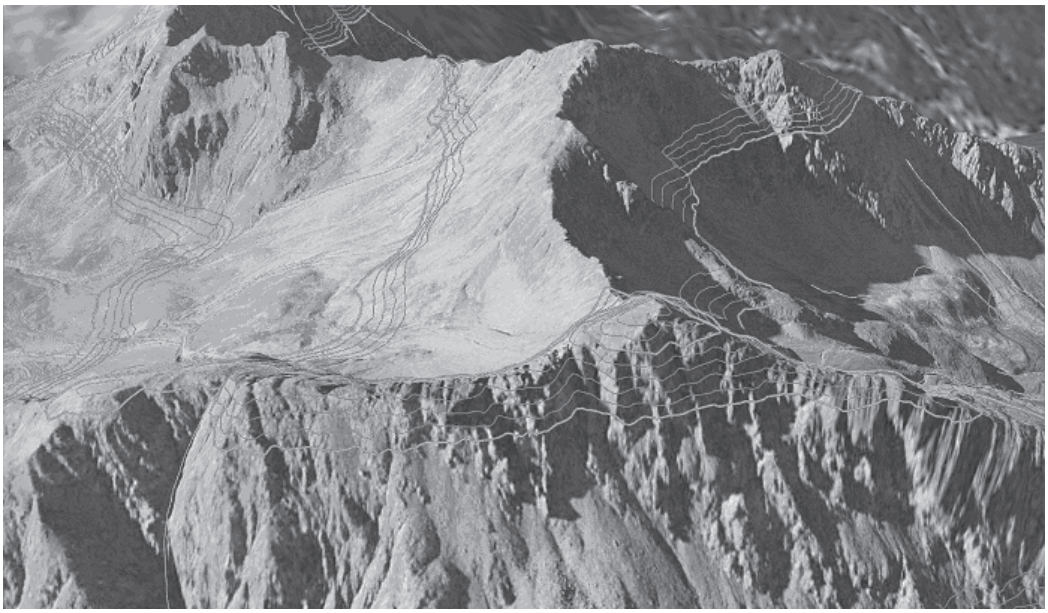


Figura 2 - "scena RTE STVirtualExperience" - Modello in multirisoluzione contenente dati LiDAR a passo 2.5 m; ortofoto TerraItaly it2000; selezione di gruppi di isoipse (equidistanza 10 m)

Tramite questo processo viene a crearsi una robusta catena di valori difficile da spezzare, in grado di riversarsi positivamente sullo sviluppo del territorio.

Progetti STVE
Con STVirtualExperience inizieranno una serie di progetti. Il punto focale che determinerà la dinamica di questi progetti sarà l'esperienza "geografica" da parte di un'ampia fetta della popolazione altoatesina che andrà a condividere uno scambio di esperienze con l'amministrazione provinciale.
Con queste parole abbiamo già espresso una delle prime mete della missione, che si chiama *controllo di qualità* ed *aggiornamento cartografico*.

Contatto
Qualora siate interessati a tale interazione, teneteVi aggiornati visitando il nostro sito:
www.provincia.bz.it/urbanistica/cartografia/stve-rte.asp

UNA PROCEDURA PER LA VERIFICA DELLA CONSISTENZA DEI DATI DEL CATASTO ELETTRODOTTI DELLA REGIONE TOSCANA

M. COMELLI (*), L. MARTINI (**), M. DI LILLO (**), F. SALOMONE (*), N. ZOPPETTI (*), C. LICCIARDELLO (***)

(*) IFAC-CNR (Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara" del Consiglio Nazionale delle Ricerche), via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI), comelli@ifac.cnr.it
(**) ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana), Dipart. prov. di Lucca, Via Vallisneri, 6 - 55100 Lucca, l.martini@arpat.toscana.it
(***) ARPAT (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana), Sistema Informativo Ambientale della Regione Toscana - SIRA, via Nicola Porpora 22 - 50144 Firenze, c.licciardello@arpat.toscana.it

Riassunto

In seguito alla realizzazione del Catasto degli elettrodotti della Regione Toscana (CeRT), contenente i dati geometrici ed elettrici degli elementi costituenti i sistemi di trasporto dell'energia elettrica in ambito regionale (in particolare tralicci e campate delle linee), si è resa necessaria l'implementazione di procedure di verifica del contenuto dell'archivio, al fine di garantire la bontà delle valutazioni teoriche eseguite utilizzando i dati in esso presenti.

Tali verifiche di consistenza hanno riguardato le caratteristiche geometriche dei tralicci e dell'edificato, derivate dalla cartografia in scala 1:2.000 (zone urbanizzate) e 1:10.000 (porzioni di territorio non ancora coperte dalla cartografia in scala 1:2.000).

È stato predisposto un sistema di reportistica per la creazione di schede con le caratteristiche geometriche di ciascun traliccio da sottoporre a validazione sul campo.

Per i tralicci presenti in zone coperte dalla sola cartografia in scala 1:10.000, l'utilizzo del GPS differenziale Trimble GeoXT ha permesso di migliorare la precisione relativa alle coordinate della base; per tutti i sostegni è stata inoltre effettuata un'ulteriore verifica relativa alle caratteristiche geometriche riportate in archivio (ampiezza degli sbracci, altezza del conduttore più basso, tesatura dei cavi), avvalendosi dell'ausilio di un telemetro laser.

Lo stesso strumento ha permesso di effettuare una verifica sull'edificato, relativamente alla distanza delle abitazioni dalle linee, alla loro quota di gronda ed alla presenza di eventuali unità non riportate sulla cartografia numerica.

Sono stati testati alcuni ambienti di visualizzazione 3D (ESRI ArcScene e GoogleEarth) come ulteriore supporto agli operatori impegnati nella validazione sul campo.

È stata predisposta una procedura di validazione dei dati del catasto in base ai rilievi effettuati in aree campione, in prossimità di linee elettriche ad alto impatto sulla popolazione. Le informazioni ottenute nel corso delle attività di sopralluogo hanno consentito la verifica della qualità dei dati in archivio per le varie tipologie di elettrodotti presenti sul territorio e una stima più accurata dell'esposizione della popolazione interessata.

Abstract

After the building of the Power lines Archive of Region Tuscany (CeRT), storing geometrical and electric data of elements constituting the electric energy transport systems in regional sphere (in particular pylons and power lines spans), it was necessary to check the database content, to guarantee the goodness of evaluations made using its data.

Such consistency controls concerned the geometric attributes of pylons and buildings, coming from 1:2.000 (urban territory) scale cartography, and 1:10.000 (where not yet covered by 1:2.000 cartography).
A report with the geometric data of each checked pylon was prepared.
A Trimble GeoXT differential GPS has allowed to enhance the precision of the coordinates of pylons in areas covered by 1:10000 cartography only; for each pylon, a further check for geometrical data stored in the archive (struddles amplitude, lower wire height, catenary constant of wires) was made using a laser telemeter.
The same tool allowed to check the buildings, considering the distances of houses from power lines, their height and the presence of habitations not present in the numeric cartography.
Some 3D visualization environments (like ESRI ArcScene and GoogleEarth) have been tested as further support to the technicians employed in the "*in situ*" evaluations.
A validation procedure of archive data from checks in sample areas (close to high population impact power lines) has been carried out. Information obtained in such inspection activities allowed to verify the quality of stored data for various pylon typologies, and a more reliable estimation of population exposition.

Introduzione

I dati geometrici inseriti in archivio nella fase di popolamento sono stati ottenuti dai gestori delle linee elettriche, i quali hanno provveduto alla loro georeferenziazione integrando la documentazione interna con le informazioni riportate sulla Carta Tecnica Regionale (CTR) alle scale 1:2.000 e 1:10.000. I dati a disposizione di ARPAT pertanto costituiscono un archivio multiscala, ove la precisione delle informazioni di georeferenziazione dipende dalla copertura della cartografia in scala 1:2.000.
In assenza di questa informazione, si è provveduto ad effettuare un raffronto tra le posizioni dei sostegni inseriti in archivio e quelle riportate sulla cartografia in scala 1:2.000 aggiornata all'ultima copertura disponibile; con questa procedura è stato possibile assegnare un indice di attendibilità a ciascun sostegno relativo alla qualità dell'informazione geografica associata, e di conseguenza identificare i sostegni la cui localizzazione necessitava di una verifica sul campo.

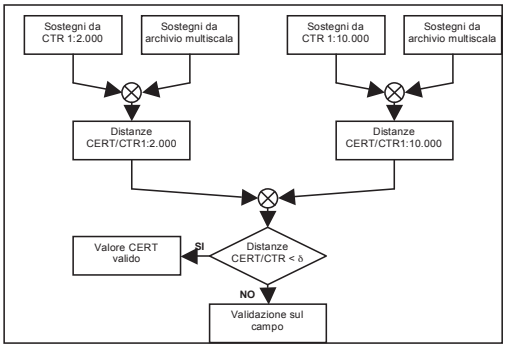


Figura 1 – Procedura decisionale per la verifica sul campo

I risultati ottenuti dalla verifica hanno evidenziato la presenza di un numero considerevole di sostegni con indice di attendibilità eccessivamente basso; tra i sostegni individuati sono stati selezionati quelli a maggior impatto sulla popolazione tramite un indice composto dal grado di prossimità alle abitazioni civili ed ai dati storici delle correnti.

Si è resa necessaria l'adozione di un GPS di precisione per le operazioni di verifica sul campo; la scelta è caduta sul GPS Trimble GeoXT, che consente la rilevazione in *postprocessing* di punti con precisioni planoaltimetriche superiori a quella della carta tecnica in scala 1:10.000.
La procedura di verifica è stata testata sulla linea prioritaria n. 314 denominata "*La Spezia - Acciaiolo*" di proprietà di Terna S.p.A., al fine di individuarne il rapporto costi/benefici (tempo necessario in ore uomo per sostegno e incremento della precisione). In parallelo alla verifica sulla precisione del posizionamento dei sostegni gli operatori hanno effettuato la verifica degli elementi geografici utilizzati nel calcolo tridimensionale del campo di induzione magnetica, quali le caratteristiche tecniche dei sostegni e le dimensioni degli edifici in prossimità dei sostegni maggiormente impattanti; in questo caso le misure sono state effettuate tramite il telemetro laser collegato al GPS via cavo.

Verifiche sul campo
Per validare le informazioni contenute in CERT, relativamente alla linea 314 sono state eseguite le misure relative a:

1. altezze e dimensioni delle mensole dei conduttori;
2. coordinate dei sostegni e delle abitazioni individuate mediante simulazione con PLEIA-EMF;
3. altezze delle abitazioni di cui al punto 2;
4. intensità dell'induzione magnetica prodotta dalla linea nelle abitazioni di cui al punto 2;

I sopralluoghi hanno lo scopo di verificare se le informazioni della cartografia regionale disponibile, circa il tracciato dell'elettrodotto, la palificazione e soprattutto l'edificato, si discostano dalle informazioni ottenute mediante misure dirette, stimando nei casi di incongruenza l'errore commesso.
Gli edifici oggetto delle verifiche sul campo sono stati individuati utilizzando il software PLEIA sviluppato IFAC-CNR di Firenze; nel calcolo si è utilizzato il valore massimo di mediana giornaliera di corrente nell'elettrodotto dal 2004 al 2006 secondo i dati forniti da Terna S.p.A.
I rilievi sul territorio sono stati effettuati attraverso l'utilizzo del GPS differenziale, nel quale vengono caricati i dati di cartografia digitale degli edifici individuati dal software di simulazione; tutte le distanze e le altezze d'interesse sono state acquisite mediante telemetro laser.
I controlli sul campo delle abitazioni più esposte sono stati condotti selezionando gli edifici che presentano un valore mediano dell'induzione magnetica sulle 24 ore superiore a 3 μT.
Durante i controlli sono stati misurate anche le altezze degli edifici adibiti alla permanenza umana.
Di seguito si fornisce descrizione della procedura di misura e verifica dei dati inseriti in archivio.
La prima operazione è stata il controllo delle coordinate dei tralicci. Queste verifiche hanno avuto, tranne 3 casi, esito positivo: sia nelle parti di territorio dove era presente sia la cartografia digitale 1:2000 che nei casi in cui vi fosse disponibile la sola cartografia 1:10000, la posizione dei tralicci sulla cartografia è riportata in maniera fedele alla realtà.
Il secondo tipo di controllo è la verifica della dimensione delle teste dei sostegni, confrontata con quella dell'archivio CERT: anche in questo caso i dati inseriti nel catasto sono risultati corretti, a meno di un errore che rientra nella tollerabilità del telemetro laser.
Nel terzo accertamento si è misurata l'altezza dei conduttori da terra, in corrispondenza di edifici ad uso residenziale con mediana superiore a 3 μT. Si sono presentate due situazioni:

- il suolo che ospita il traliccio è pianeggiante e quindi le informazioni catalogate coincidono con le informazioni ottenute da misurazioni dirette;
- il suolo che ospita il traliccio è in territorio collinare o montano: si è reso necessario rettificare le quote dei sostegni dei conduttori, in quanto l'errore tra l'altezza misurata e quella catalogata è tanto più grande quando più il territorio presenta variazioni di livello.

L'ultima ispezione è stata la verifica della quota dell'edificato vicino all'elettrodotto. In questo caso la situazione è più complicata, ovvero l'altezza di alcuni edifici è risultata discordante dalle informazioni in formato digitale in diversi casi:

- il territorio oggetto dell'analisi è sprovvisto di cartografia 1:2000;

- pur essendo presente la cartografia in scala 1:2000 e il traliccio si trova in territorio pianeggiante, l'altezza misurata discorda da quella contenuta nell'archivio;
- l'edificato in territorio collinare/montano è fonte di errori anche di alcuni metri nella quota dell'edificio.

La verifica degli ultimi due punti si è svolta scegliendo una postazione dalla quale fossero visibili tutti gli elementi da valutare (edifici e altezza dei conduttori da terra), e si è determinata la differenza di quota tra il conduttore più basso e la gronda dell'edificio più vicino all'elettrodotto.
Gli edifici controllati appartengono a cinque comuni nella Provincia di Lucca ed al comune di Massa. Si riportano nel seguito i risultati dei controlli eseguiti sugli edifici e sui tralicci:

Comune	*Edifici con* $B_{mediano} > 3\ \mu T$	*Quote verificate*	*Quote rettificate*	*Numero tralicci*	*Tralicci controllati*	*Tralicci rettificati*
Lucca	9	7	2	13	3	-
Camaiore	10	5	2	16	3	3
Massarosa	5	2	2	6	1	-
Pietrasanta	14	10	3	14	3	-
Seravezza	40	25	10	4	3	-
Massa	26	8	7	10	2	-

Figura 2 - Risultati dei controlli eseguiti sugli edifici e sui tralicci.

In Figura 3 si riporta un esempio di scheda costruita per ogni traliccio controllato.

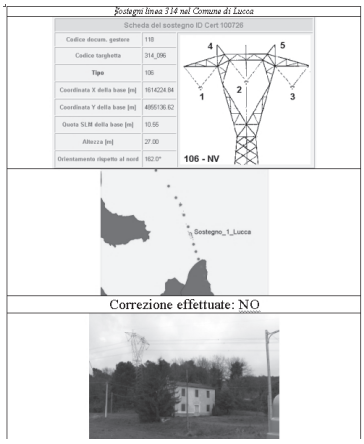


Figura 3 - Scheda tipo per ogni traliccio verificato.

Calcolo dell'isosuperficie attorno alla linea di interesse

Una modalità avanzata di calcolo supportata da PLEIA permette di determinare, attorno ad una linea elettrica, la superficie racchiudente il volume di campo superiore ad un valore impostato dall'utente (*volume di rispetto* e *tubo* rispettivamente). Questo permette all'operatore di controllare per mezzo di opportuni strumenti (Google Earth ed ESRI ArcScene, come verrà mostrato più avanti) l'eventuale intersezione di tale superficie con il modello 3D dell'edificato, senza ricorrere ad approssimazioni quali il calcolo in corrispondenza dei centroidi degli edifici.
Per determinare il volume di rispetto, si procede lungo la linea di interesse (detta *linea principale*) considerando dei piani di calcolo verticali opportunamente orientati denominati nel seguito "sezioni". Per ogni campata vengono considerate più sezioni, sia presso i sostegni sia lungo le

campate. Le sezioni vengono ricavate procedendo a passi regolari lungo l'asse della linea ed orientando le sezioni in modo da evitare intersezioni tra di esse (Figura 4, a sinistra).

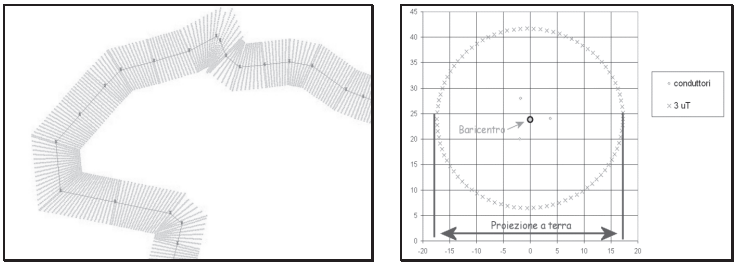


Figura 4 - Orientazione delle sezioni (a sinistra) e ricerca angolare su piano verticale (a destra).

La necessità di evitare sovrapposizioni tra le porzioni di piano si riferisce alla fase nella quale si generano gli elementi che compongono la superficie di interesse. Senza addentrarsi in dettagli tecnici, si può infatti affermare che il tracciamento del tubo può diventare complicato o portare a risultati logicamente errati nel caso di intersezione tra sezioni. In Figura 4 (a sinistra) si nota come le sezioni si adeguano ad un cambio di direzione della linea a partire dalla campata precedente all'angolo, per tutta la campata successiva e, se necessario, anche durante quelle seguenti. Per tratti di linea rettilinei le campate tendono ad essere comunque trasversali all'asse della linea.
Su ciascuna sezione, si eseguono i calcoli e si determinano i punti caratterizzati da un'intensità dell'induzione magnetica pari al valore impostato dall'utente. A tal fine, su ciascun piano verticale, si esegue una ricerca angolare (Figura 4, a destra) ed in particolare:

- si individua il baricentro della figura geometrica che ha per vertici l'intersezione con il piano di calcolo dei conduttori della campata considerata della linea principale;
- si esegue una serie di ricerche radiali a partire dal baricentro.

Una volta eseguita la ricerca angolare su ciascuna delle sezioni individuate, si determina la superficie che delimita il volume di rispetto unendo per punti le curve isocampo determinate su sezioni adiacenti. Il volume di rispetto è quindi la superficie che si "appoggia" alle curve generate su ciascuno dei piani di calcolo utilizzati.

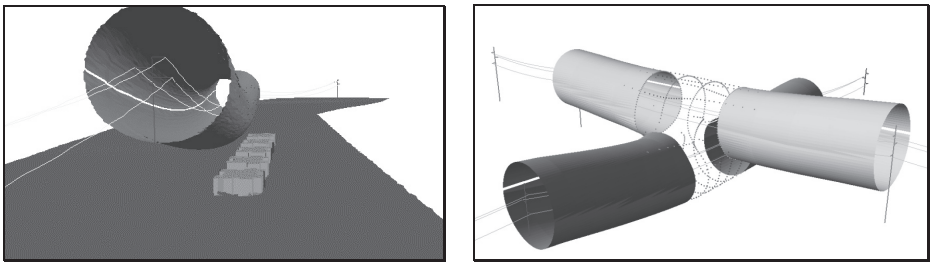


Figura 5 - Volume di rispetto per una linea singola (a sinistra) ed all'incrocio di due linee (a destra).

Due parametri fondamentali per l'esecuzione di questo genere di calcoli sono la distanza che intercorre tra due piani di calcolo consecutivi ed il passo angolare della ricerca effettuata su ciascuno di questi piani. Trattandosi di calcoli abbastanza onerosi ed dato che esistono elettrodotti la cui lunghezza supera i 100 km è necessario aggiustare questi ed altri parametri in modo da trovare un buon compromesso tra accuratezza della soluzione e tempi di calcolo.

Definizione di un indicatore e supporto della visualizzazione 3D alle uscite sul campo

Oltre ad evidenziare il numero di persone esposte, la valutazione con la cartografia 1:10000 ha permesso di fornire un indicatore da associare a ciascuna campata, ottenuto come somma dei prodotti dei valori di campo e di abitanti negli edifici circostanti ($\sum B_i N_i$, ove *Bi* indica il valore di induzione calcolata ed *Ni* il numero di abitanti attribuiti all'*i*-esimo edificio).

I dati utilizzati sono i valori storici di corrente (media riferita all'anno precedente) e i dati del censimento ISTAT 2001 (attribuzione proporzionale alla superficie dell'edificio in relazione alla sezione censuaria).

In questo modo l'indicatore è definito per ogni campata, permettendo di individuare i tratti più impattanti della linea. In corrispondenza a tali campate è stata svolta la fase di sopralluoghi volti a verificare la consistenza dei dati.

Tali elementi geometrici sono stati convertiti in entità importabili in ambienti di visualizzazione tridimensionale che permettono all'operatore di orientarsi sul territorio e verificare in tempo reale la consistenza dei dati presenti in CERT, specialmente per quanto riguarda la tipologia e l'orientamento dei tralicci.

In particolare, sono state appositamente create delle utilità per l'esportazione in ESRI Shapefile per la visualizzazione in ESRI ArcScene (Figura 6, a destra) e in formato KML, che può essere importato in Google Earth (Figura 6, a sinistra)

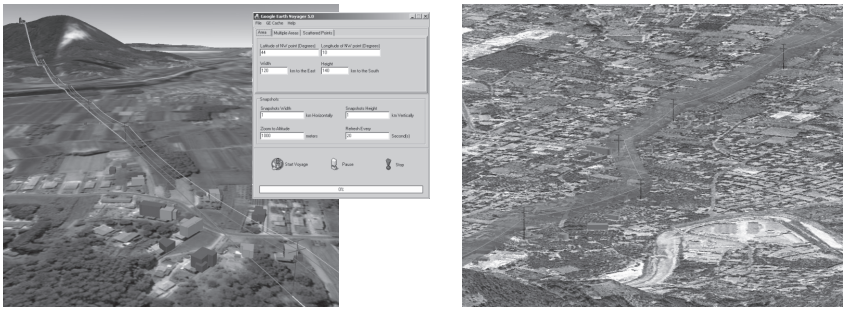


Figura 6 – Visualizzazione dell'indicatore per ciascuna campata e calcolo del campo in corrispondenza degli edifici in ambiente GoogleEarth con la finestra di GEVoyager(a sinistra) e la visualizzazione in ArcScene della superficie di isocampo e del modello 3D dell'edificato.

L'utilizzo di Google Earth richiede, in genere, una connessione ad internet per scaricare le immagini delle aree desiderate. La necessità di operare sul campo richiede che ciò venga fatto in anticipo, immagazzinando nella cache la cartografia necessaria. L'utilizzo del software Google Earth Voyager permette di definire preventivamente una serie di aree o punti da immagazzinare, in modo da poter operare senza disporre di una connessione di rete attiva.

Bibliografia

[1] D. Andreuccetti, N. Colonna, R. Fossi, N. Zoppetti "Campo magnetico disperso da elettrodotti ad alta tensione: validazione di una metodologia avanzata di valutazione basata su modelli 3D di linee elettriche e territorio" Atti del Terzo Convegno Nazionale "Controllo ambientale degli agenti fisici: dal monitoraggio alle azioni di risanamento e bonifica" 7-9 Giugno 2006 Città Studi, Biella.

[2] M. Comelli, C. Licciardello, *"*Integrazione di GIS e database nel monitoraggio dell'esposizione a campi ELF*"*, AIRP 2007 - Convegno Nazionale di Radioprotezione - Vasto, 1-3 settembre 2007.

SIMULAZIONE IN AMBIENTE GIS DELL'INQUINAMENTO ACUSTICO DELL'AUTODROMO DI PERGUSA

Antonio CONDORELLI (*), Antonio GAGLIANO (**),
Giuseppe MUSSUMECI (*), Petronilla INGUÌ

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
(**) Dipartimento di Ingegneria Industriale Meccanica, Università di Catania, Facoltà di Ingegneria
V.le A.Doria 6, 95125 Catania, fax 095/7382247, e-mail: HUacondor@dica.unict.itUH;
HUagagliano@diim.unict.itUH, HUgmussume@dica.unict.itUH - tel. 095/7382212 095/7382225

Sommario
In questo lavoro si presenta la sperimentazione di una simulazione effettuata mediante software GIS dell'inquinamento acustico generato da una gara automobilistica nei pressi di un autodromo.
In particolare, la simulazione è stata sviluppata in un'area prossima all'autodromo di Pergusa, dove, oltre al problema dell'impatto acustico sul vicino centro abitato, si ha anche la presenza della riserva del lago omonimo, all'interno del circuito.
La simulazione è stata eseguita sfruttando diversi strumenti di calcolo propri dell'ambiente GIS, suddividendo l'area di studio in apposite micro celle (con un approccio GRID) ed il circuito automobilistico in tanti piccoli tratti, ognuno dei quali viene considerato come una sorgente lineare di rumore. Mediante apposite modellazioni, è stato possibile determinare il livello di pressione sonora generato durante una gara da ogni singolo tratto e, dunque, "sommare" cella per cella gli effetti dovuti ai vari segmenti di pista. Il risultato di tali elaborazioni consiste in una cartografia tematica dell'area in prossimità del circuito, in cui si evidenziano le variazioni del livello di pressione sonora generata dalle vetture durante lo svolgimento di una gara.

Abstract
In this study, we introduce an experimental simulation, obtained using a GIS software, about noise pollution created by cars during a race in a motor racing circuit, upon near zones.
Particularly, simulation has been developed in the case of Pergusa's motor racing circuit, where behind the problem of noise pollution on the near urban centre, the presence of Pergusa's lake reserve (in the area of the circuit) must be considered.
The simulation has been carried out by various GIS functions, subdividing the area of study in cells of a grid and the track in many short sections that are all considered as single linear noise sources. Using models it has been possible to evaluate the level of the sound power generated during a racing event by each section, and then to evaluate, cell by cell in the grid, the sum of the effect due to each section. Using this procedure, it is obtained a thematic map about the variation of the sound power generated by cars during the race in the area near to the track.

1. Introduzione

Il fenomeno dell'inquinamento acustico e delle problematiche ad esso connesse ha assunto negli ultimi anni dimensioni sempre più preoccupanti, non solo negli ambienti urbani densamente popolati e con elevati flussi di traffico veicolare, ma anche in corrispondenza di infrastrutture particolari (zone industriali, aeroporti, autodromi, ecc.) in cui le stesse attività producono inevitabilmente elevati livelli di pressione sonora.
Per fare fronte a queste difficoltà e tutelare la salute ed il benessere dell'uomo, in Italia è stato da anni varato un articolato quadro normativo, che prevede la classificazione del territorio in zone all'interno delle quali non dovrebbero essere superati determinati limiti (diurni e notturni) imposti per il rumore ambientale. L'esperienza degli ultimi anni ha tuttavia ampiamente evidenziato un notevole ritardo delle

pubbliche amministrazioni nell'applicare le disposizioni legislative in materia, anche a causa delle difficoltà insite nell'acquisizione e gestione dell'informazione geografica necessaria. Particolarmente onerose risultano infatti le campagne di rilevamento dati, che richiedono costi consistenti e tempi di realizzazione piuttosto lunghi e necessitano di continue verifiche ed aggiornamenti.
Per questa ragione esistono oggi veri e propri ambienti software specialistici, che permettono di simulare i livelli di pressione sonora una volta note le sorgenti di generazione ed il contesto territoriale e morfologico di riferimento, evitando (o limitando) le suddette campagne di rilevamento acustico. Tali software, tuttavia, hanno il limite di non prevedere la possibilità di georeferenziare l'informazione acustica valutata.
Per questa ragione si è ritenuto utile sperimentare la possibilità di implementare le modellazioni di simulazione acustica in ambiente GIS, consentendo la gestione del dato elaborato con un approccio nativamente georeferenziato. I risultati che si presentano sono relativi ad un'esperienza condotta in un'area di studio di particolare pregio direttamente interessata dalla sede dell'autodromo nazionale di Pergusa. In particolare si intende determinare il livello di pressione sonora che si genera nella Riserva istituita nel lago all'interno dell'autodromo e nelle aree limitrofe a causa dello svolgimento di una gara automobilistica sulla pista circostante.

2. Modello di simulazione acustica

Il modello di simulazione implementato è stato applicato suddividendo il circuito che circonda il lago di Pergusa in 50 tratti di lunghezza pari a circa 100 metri ciascuno. In tal modo si ottengono diversi tratti (assimilabili a rettilinei) ognuno dei quali rappresenta una sorgente lineare di rumore per cui, vista la ridotta estensione, è lecito ipotizzare condizioni omogenee. L'area di studio (interna ed esterna al circuito) è stata suddivisa in celle quadrate di lato 100x100 metri, per ognuna delle quali si intende valutare il livello equivalente di pressione sonora.
La suddivisione del circuito in più tratti-sorgente consente di determinare per ogni ricettore (cioè per ogni cella) il livello di pressione sonora dovuto ad ogni singolo tratto e, successivamente, il livello di pressione sonora totale, prodotto dalla sommatoria dei contributi di tutti i tratti costituenti il circuito.
La formulazione adottata (valida nel caso in cui la sorgente sonora è di tipo lineare per il calcolo del livello di pressione sonora in corrispondenza del ricevitore), è la seguente:

$$L_p = L_w + 10Log_{10}\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{r_0} d\right) - 8 - Att \qquad [1]$$

dove L_P è il valore del livello di pressione sonora in corrispondenza del ricevitore; L_w è il livello di potenza sonora per unità di lunghezza della sorgente lineare; α_1 e α_2 sono gli angoli entro i quali viene vista la sorgente lineare; r_0 è la distanza misurata ortogonalmente alla direzione del tratto in considerazione; d è la lunghezza della sorgente lineare che, viste le ipotesi fatte, è pari a 100 m; *Att* è un termine che rappresenta le eventuali attenuazioni presenti. Nell'ambito del presente lavoro, per semplicità di implementazione, si è scelto di trascurare le attenuazioni per cui viene posto *Att* = 0. In figura 1 è riportata la schematizzazione geometrica del modello di calcolo adottato.

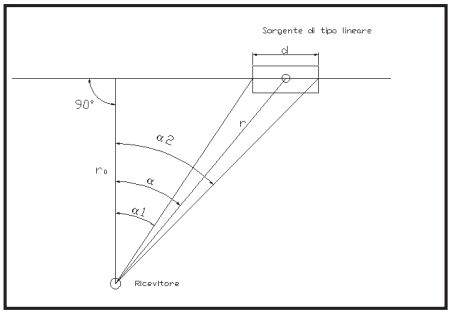


Figura 1 – Elementi geometrici che determinano la posizione di un ricevitore rispetto ad una sorgente lineare

Il livello di potenza sonora per unità di lunghezza della sorgente lineare è stato calcolato tramite la seguente relazione:

$$L_W = L_{W,0} + 10\log_{10}\left(\frac{Q}{V}\right) \qquad [2]$$

dove $L_{W,0}$ è il livello di potenza sonora istantaneo relativo al singolo veicolo; Q è il flusso di veicoli che percorre il circuito, ipotizzato regolare e misurato in [veic/s]; V è la velocità media dei veicoli misurata in [m/s].
A seconda del tipo di competizione considerata, si fissano i valori di $L_{W,0}$, Q, e V e si determina mediante la [2] il livello di potenza sonora lineare per unità di lunghezza L_W [dB/m]. Tale procedura consente di determinare in funzione del livello di potenza sonora istantaneo del singolo veicolo che percorre il tratto considerato, il livello di potenza sonora per unità di lunghezza della sorgente lineare considerata per ciascuna tipologia di veicoli (caratterizzati da $L_{W,0}$) e per ciascuna velocità media. Nell'applicazione del modello si è ipotizzato un flusso di veicoli a velocità uniforme e costante, condizione chiaramente non del tutto realistica con riferimento alle dinamiche di una competizione, ma che dovrebbe comportare un livello di approssimazione certamente trascurabile per gli scopi del presente lavoro. Secondo le scelte adottate, il livello di potenza sonora lineare L_W determinato mediante la [2] risulta dunque uguale per ogni tratto in cui viene suddiviso il circuito.
Utilizzando un doppio sistema di indici si possono identificare rispettivamente i tratti e i ricettori:

- i = 1, 2, 3, …, n indica il singolo punto-ricettore;
- j = 1, 2, 3, …, 50 indica il singolo tratto in cui è suddiviso il circuito.

Per il calcolo del livello di pressione sonora totale nel punto-ricevitore i, dovuto agli n tratti di sorgente j, si esegue la somma logaritmica:

$$L_{p,i} = 10 Log\left[\sum_{j} 10^{L_{p,ij}/10}\right] \qquad \text{per j = 1, 2, 3, …, 50} \qquad [3]$$

3. Implementazione del modello in ambiente GIS
L'implementazione del modello in ambiente GIS è avvenuta nell'ambito delle funzionalità del pacchetto *ESRI ArcGIS 9.2*; la base dati cartografica utilizzata è la Carta Tecnica Regionale in formato raster, alla scala 1:10000, georeferenziata rispetto al sistema di riferimento Gauss-Boaga.
Come anticipato precedentemente, si è fatto ricorso alla modellazione GRID dell'area di studio mediante l'estensione *Spatial Analyst*, utilizzando celle di dimensioni di 100x100 metri. Il circuito, invece, è stato modellato utilizzando strutture dati di tipo vettoriali, segmentando il tracciato nei suddetti 50 tronchi lineari, lunghi circa 100 metri. Ciascun tronco, che dal punto di vista della modellazione acustica rappresenta una sorgente, è stato successivamente ricondotto ad un ulteriore modello dati vettoriale semplificato, basato sulla dislocazione di un elemento puntuale baricentrico. Per rendere più agevoli alcuni passaggi relativi al calcolo delle grandezze geometriche caratteristiche sono stati elaborati 50 distinti layers vettoriali, contenenti ciascuno un differente punto relativo a ciascun tronco. Per analoghe ragioni, è stata necessaria anche la creazione di altri 50 layers vettoriali, contenenti ciascuno una distinta retta tangente ad ogni tratto sorgente.
Le funzionalità di elaborazione proprie dell'ambiente GIS vengono sfruttate per la valutazione delle grandezze geometriche necessarie al calcolo del livello di pressione sonora secondo la relazione [1]. In particolare, è possibile calcolare le distanze *rij* di ogni singola cella i del GRID dell'area di studio da ogni singolo punto sorgente j, utilizzando la funzione *Distance > Straight line* dello *Spatial Analyst*. Evidentemente, la procedura di calcolo va ripetuta per ciascuna differente sorgente ed il risultato di ogni elaborazione consiste in un nuovo GRID in cui il valore di ogni cella rappresenta la distanza geometrica della stessa dalla sorgente considerata. Alla fine delle elaborazioni si ottengono dunque 50 nuovi GRID: *distanze_rij* con j = 1,2,….,50.

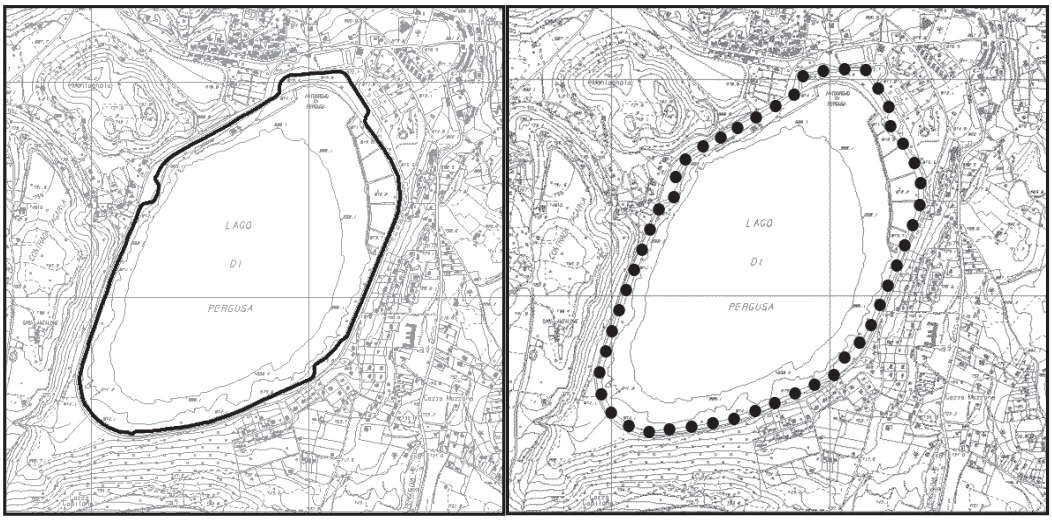


Figura 2 – Segmentazione dell'autodromo di Pergusa (Provincia di Enna) in tratti lineari sorgente e corrispondenti punti medi

Si continua con un procedimento analogo per il calcolo delle distanze *r0ij* delle singole celle dalle rette tangenti ai tratti sorgente. Si ottengono in questo modo altri 50 GRID (*r0ij* con j = 1,2,….,50). L'unico accorgimento necessario nel calcolo delle distanze *r0ij* rispetto alle *rij* consiste nell'ampliare un po' la maschera di analisi (l'area coperta dalle tangenti e dalle congiungenti ortogonali di ciascuna cella è maggiore rispetto alla precedente).
Note le distanze *rij* e *r0ij*, è ora possibile calcolare gli angoli α_1 e α_2 mediante formule trigonometriche opportunamente implementate mediante la funzione *Raster Calculator*: tali elaborazioni conducono alla creazione di 100 GRID (uno per ogni α_{1ij} con j = 1,2,….,50 e uno per ogni α_{2ij} con j = 1,2,….,50).
Potendo a questo punto disporre delle distanze *rij* e *r0ij* e degli angoli α_{1ij} e α_{2ij}, applicando la [1] mediante il *Raster Calculator*, è finalmente possibile procedere al calcolo dei livelli di pressione sonora Lp_{ij} che, per ogni cella i, sono dovuti al singolo tratto sorgente j. Si ottengono dunque ulteriori 50 GRID Lp_{ij}, ognuno dei quali riporta per ogni cella il livello di pressione sonora dovuto al singolo tratto sorgente j. Per le elaborazioni è stato assunto quanto segue:

- $L_W = L_{W,0} + 10\log_{10}\left(\frac{Q}{V}\right) = 110 + 10\log\left(\frac{0.16666}{41{,}66}\right) \cong 86.00\,dBA$

  ipotesi corrispondente ad una gara generica caratterizzata da auto con livello di potenza sonora Lw = 110 dBA, velocità di 150 km/h e da un flusso di veicoli Q che interessa il circuito di 0.16666 veic/s (tale valore di Q nasce dall'aver supposto che alla gara partecipino 20 autovetture che percorrono il circuito ad una velocità media di 150 Km/h);
- d =100 m in quanto ogni tratto è lungo circa 100 metri;
- $Att_{ij} = 0$ trascurando per semplicità eventuali attenuazioni.

Si verifica tuttavia che i GRID Lp_{ij} così ottenuti contengano al proprio interno alcune celle prive di valore (no data), ovvero tutte quelle celle per le quali il software non è riuscito a ricavare un valore valido. Tale inconveniente si riscontra in corrispondenza delle celle più vicine al tratto sorgente e alla tangente rispetto a cui le distanze r_{ij} e $r0_{ij}$ vengono calcolate; infatti, in dette celle (che si intersecano con l'elemento lineare della pista preso in considerazione) tali distanze vengono poste dal software pari a zero e, di conseguenza, non è possibile calcolare angoli α_1 e α_2 validi.

Per ovviare a tale problema si è imposto sulle celle suddette un valore pari alla media dei valori delle celle più vicine, ottenendo in tal modo che il successivo calcolo del livello di pressione sonora cumulato possa produrre un valore numerico finito e non un ulteriore "no data". Tale scelta provoca una leggera sottostima dei valori di pressione sonora in prossimità della pista, in quanto nella somma tutte le celle sulle quali non è stato possibile effettuare il calcolo forniscono un contributo leggermente inferiore a quello reale (dette celle dovrebbero essere quelle che forniscono il maggiore apporto, essendo le più vicine al tratto sorgente considerato). L'effetto di detta sottostima è tuttavia relativamente ridotto, in quanto riguarda, per ciascuno dei 50 GRID Lp_{ij} , esclusivamente le poche celle che si intersecano direttamente con la sorgente considerata. Si potrebbe inoltre pensare di migliorare ulteriormente l'applicazione, riducendo la dimensione delle celle: in tal modo, a fronte di un maggiore onere di calcolo, si otterrebbe un risultato di maggior dettaglio, in cui la problematica delle celle non calcolabili verrebbe ristretta ad una fascia più sottile prossima alle sorgenti.
Per imporre il valore desiderato sulle celle non calcolabili si è fatto uso della funzionalità *mosaic*, combinando ognuno dei 50 GRID Lp_{ij} con un GRID appositamente creato in cui tutte le celle hanno il valore che occorre; i nuovi GRID Lp_{ij} che scaturiscono hanno per ogni cella il massimo tra i valori sovrapposti e sono dunque privi di celle di tipo "no data".
Ultimati i procedimenti descritti sopra, è infine possibile valutare il livello di pressione sonora che insiste su ogni cella a causa della gara, cumulando gli effetti dovuti ad ogni singolo tratto sorgente applicando la formula [3] mediante la funzione *Raster Calculator* ed utilizzando i 50 GRID Lp_{ij} "corretti" dai "no data". Il risultato di detta elaborazione consiste in un ulteriore GRID Lp_i in cui ad ogni cella è associato il valore del livello di pressione sonora complessivo dovuto ad una gara automobilistica del tipo già descritto che si svolge lungo il circuito di Pergusa. In figura 3 il risultato dalle valutazioni effettuate viene visualizzato in una apposita carta tematica anche tramite l'ausilio di curve ad uguale livello di pressione sonora, che mostrano come la stessa diminuisca man mano che ci si allontana dal circuito sia verso la zona interna che la zona esterna. L'andamento irregolare in prossimità della pista è dovuto all'approssimazione introdotta nel modello ed ai limiti del calcolo effettuato dal software di cui si è già discusso in precedenza.
Confrontando i valori di livello di pressione sonora ricavati mediante le elaborazioni in ambiente GIS con i valori ottenuti sotto le stesse ipotesi con altri ambienti software si osserva che essi sono sostanzialmente comparabili, pur riscontrando una sottostima, dell'ordine di 1,0-2,0 dBA, con riferimento ai massimi valori di SPL. Tali differenze, come già osservato, sono da attribuirsi all'approssimazione introdotta nel modello per le celle in prossimità della pista già descritta precedentemente.

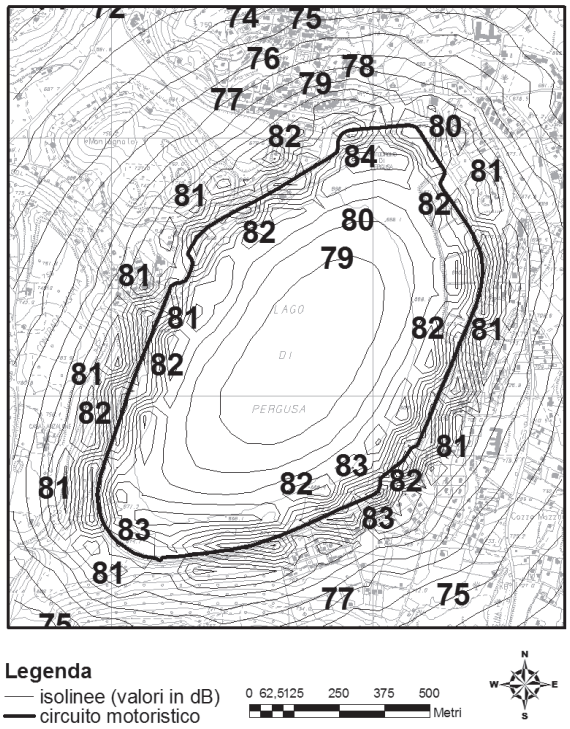


Figura 3 – Andamento del livello di pressione sonora dovuto ad una gara automobilistica

4. Conclusioni

Nel presente lavoro si propone una metodologia per simulare in ambiente GIS la propagazione del rumore in ambiente con orografia complessa (in termini di pressione sonora) generato da una gara automobilistica. La metodologia si basa sulla implementazione nel GIS di una complessa modellazione analitica che, in funzione delle caratteristiche di emissione sonora delle sorgenti e della loro effettiva disposizione nello spazio, consente di ottenere curve isofoniche rappresentative del clima acustico outdoor. Nella fattispecie, l'applicazione è stata effettuata sull'autodromo di Pergusa, il cui circuito è stato suddiviso in tratti di lunghezza ridotta ognuno dei quali è stato considerato come una sorgente di tipo lineare. Il territorio circostante è stato invece suddiviso in celle (ricettori), per ognuna delle quali sono state opportunamente valutate tutte le grandezze d'interesse. L'applicazione di tale algoritmo in ambiente GIS, sia pur con le approssimazioni derivanti dalla modesta risoluzione spaziale, è risultata affidabile e particolarmente vantaggiosa. Infatti, in tale maniera si dispone di un database che consente di gestire, aggiornare e/o modificare tutti i dati d'interesse e di elaborarli con un approccio direttamente georeferenziato, con il risultato di poter produrre cartografie tematiche che forniscono informazioni di grande utilità relativamente alle variazioni spaziali delle grandezze elaborate.

Futuri sviluppi prevedono l'implementazione di maggiori informazioni sulle caratteristiche di emissione delle sorgenti, dell'orografia dei luoghi e il calcolo delle attenuazioni lungo il percorso sorgente-ricevitore.

Bibliografia

Cyril M. Harris. (1989) "Manuale di controllo del rumore". Tecniche Nuove Milano

Baistrocchi C., Rocco L. (2001) "*A calculation Model of Height and Lenght of Traffic Noise Barriers*". Internoise 2001 –The Hague The Netherlands

Spagnolo R. (2001). Manuale di acustica. UTET Torino

Mussumeci G., Condorelli A., Scandura S., (2003) "*Analisi e rappresentazione in un GIS della sensibilità di una strada urbana all'inquinamento acustico*" – 3a Conferenza Nazionale su INformatica e Pianificazione Urbana e Territoriale, INPUT 2003 - Pisa, 5-7 giugno 2003

Mussumeci G., Condorelli A., Patania F., Gagliano A., Pernicone S. – (2005) "*Proposta metodologica per la zonizzazione acustica in ambiente GIS*" - 4a Conferenza Nazionale su INformatica e Pianificazione Urbana e Territoriale, INPUT 2005 - Alghero, 14-17 settembre 2005

Inguì P. (2007). "*Indagine conoscitiva sul clima acustico della Riserva di Pergusa*" - Tesi di laurea in Ingegneria per l'ambiente ed il territorio, Università degli studi di Catania.

UN SIT PER LA SIMULAZIONE DELL'EVOLUZIONE SPAZIO-TEMPORALE DI UN INCENDIO BOSCHIVO

Antonio CONDORELLI, Filippo GATTO, Giuseppe MUSSUMECI

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Facoltà di Ingegneria
Università di Catania, Viale A.Doria 6, 95125 Catania, fax 095/7382247
e-mail: acondor@dica.unict.it; gmussume@dica.unict.it - Settore Geomatica, tel. 095/7382212 095/7382225

Sommario
Il fenomeno degli incendi boschivi ha assunto negli ultimi anni una rilevanza sempre maggiore, con eventi che provocano conseguenze sull'ambiente e sulla vita dell'uomo sempre più gravi. Per garantire la massima efficienza nel controllo degli incendi e nell'ottimizzazione delle risorse (sempre limitate) per le complesse operazioni di spegnimento, occorre dotarsi di strumenti moderni e flessibili che consentano di effettuare realistiche previsioni anche sulle evoluzioni spaziotemporali dei fenomeni.
Nel presente lavoro si presenta un approccio metodologico sviluppato interamente in ambiente GIS, mediante il quale è stato implementato un noto modello di propagazione del fronte di fiamma di un incendio boschivo. La metodologia proposta è stata applicata, sulla base di numerosi parametri caratteristici, al territorio del Comune di Enna ed ha consentito di elaborare specifiche carte tematiche che evidenziano le velocità e la direzione preferenziale di avanzamento del fronte di fiamma di un incendio simulato.

Abstract
The phenomenon of wooden fires has become more and more important in the last years, because of the serious consequences about environment and human life. In order to obtain the highest efficiency for fires control and for the optimization of the (limited) resources for extinguish operations, it is necessary to use modern tools able to elaborate realistic forecast about time and spatial evolution of each phenomenon.
In this paper it is introduced a methodology developed by GIS environment where a well known fire propagation model of a wood has been implemented. The proposed methodology has been applied to the territory of the Common of Enna: the result is a set of different thematic maps that shows, point by point, the velocity and the preferential direction of the simulated fire.

1. Introduzione
Il fenomeno degli incendi boschivi, in Italia così come all'estero, ha assunto negli ultimi anni una posizione sempre più rilevante nelle cronache dei media, anche a causa di una dimensione degli eventi che appare via via crescente. Le condizioni meteorologiche ed il regime idrico di numerose zone del pianeta sembra infatti stiano producendo un clima sempre più secco ed una minore disponibilità di acqua, con conseguente progressivo inaridimento del territorio. In simili condizioni, anche nelle zone storicamente caratterizzate da clima "temperato", si vengono a creare, specie nella stagione estiva, condizioni particolarmente favorevoli per lo sviluppo di incendi, che spesso hanno assunto, negli ultimi anni, dimensioni davvero notevoli.
Tali eventi hanno messo drammaticamente in evidenza non solo gravissime conseguenze sull'ambiente e sul patrimonio boschivo, ma anche condizioni di elevato rischio sui sistemi

antropici (si pensi alle ville devastate in California la scorsa estate) e, addirittura, per la stessa vita umana, come recentemente accaduto, anche in Italia.
In letteratura esistono numerosi modelli di simulazione di incendi boschivi, che consentono, partendo da alcune ipotesi (localizzazione del punto di innesco, ecc.) e dalla conoscenza delle caratteristiche dei luoghi e della vegetazione, di "prevedere" le possibili evoluzioni spazio temporali del fenomeno. Tali discipline trovano nella tecnologia GIS uno strumento ideale di implementazione, cui affidare le onerose e diversificate elaborazioni di calcolo ed analisi, trovando sempre immediato riscontro dal punto di vista cartografico.
Nella memoria si presentano alcuni risultati che sono stati ottenuti mediante l'implementazione in ambiente GIS di un noto modello di simulazione (Rothermel). L'implementazione GIS del modello, applicato al territorio comunale di Enna, ha dato luogo ad una procedura completa che permette di stimare, in tempo reale, le più verosimili modalità di avanzamento di un incendio boschivo. Un simile strumento di analisi e di previsione potrebbe trovare numerosi interlocutori istituzionali, quali i Vigili del Fuoco o le squadre speciali del Corpo della Forestale, che potrebbero essere più efficacemente indirizzati sui luoghi mediante una centrale operativa di coordinamento dotata delle suddette tecnologie.

2. Il modello di Rothermel

Nonostante il costante incremento del numero di incendi boschivi sia legato prevalentemente a fattori antropici, sia l'entità che la modalità di propagazione di un evento dipendono da una serie di fattori di tipo topografico, meteorologico e vegetazionale che devono necessariamente essere gestiti e analizzati simultaneamente. Esigenze di questo tipo trovano sicuramente riscontro nella tecnologia GIS, che si presta bene all'implementazione di modelli di diffusione che consentono di effettuare una simulazione dell'avanzamento del fronte di fiamma.
Il modello di diffusione utilizzato è quello di Rothermel, uno dei più accreditati in letteratura, che è stato sviluppato su una base fortemente teorica, applicando il principio di conservazione dell'energia su un sistema costituito da un volume elementare di combustibile. La risoluzione dell'equazione di Rothermel permette di determinare la velocità di avanzamento del fronte di fiamma di un incendio di tipo radente che si propaga in strati superficiali, uniformi, continui e adiacenti al suolo, costituiti da combustibile vivo e morto. Nell'equazione di Rothermel la velocità di propagazione del fronte di fiamma, R [ft./min], è data dal rapporto tra la quantità di calore ricevuto dal combustibile e la quantità di calore necessaria a portare lo stesso alla temperatura di accensione:

$$R = \frac{I_R \cdot \xi \cdot (1 + \phi_w + \phi_S)}{\rho_b \cdot \varepsilon \cdot Q_{ig}} \quad [1]$$

dove:

I_R = intensità di reazione [B.t.u./ft.^{2} min];
ξ = coefficiente di propagazione del flusso;
ϕ_w = fattore di ventosità;
ϕ_S = fattore di declivio;
ρ_b = densità effettiva [lb/ft.^{3}];
ε = indice di riscaldamento efficace;
Q_{ig} = calore di preaccensione [B.t.u./lb].

Detta equazione è risolvibile solo se alcune caratteristiche fisiche del combustibile vengono descritte in termini numerici. Alcune di queste variabili devono essere ricavate direttamente tramite rilievi in situ, altre possono essere ricavate dalle prime utilizzando relazioni empiriche.
Per simulare il comportamento delle differenti specie nei confronti del fuoco sono stati dunque elaborati in letteratura appositi *modelli di combustibile*, che descrivono i parametri delle coperture

vegetali tipo che hanno rilevanza nella combustione e nella trasmissione del calore. Nella fattispecie, sono stati utilizzati undici differenti modelli su tredici disponibili in letteratura, ciascuno legato ad una determinata tipologia di copertura ed uso del suolo. Gli undici modelli possono essere raggruppati in quattro categorie principali (erbacei (pascoli o praterie), arbustivi, lettiere di boschi, residui di utilizzazioni forestali) e servono per l'utilizzo di algoritmi matematici atti a prevedere la diffusione degli incendi. In particolare, i modelli forniscono tutti i dati di input necessari per valutare, attraverso opportune relazioni analitiche, i parametri di caratterizzazione del combustibile, ovvero tutti i fattori sopra elencati con l'esclusione di ϕ_w e ϕ_S (ventosità e declivio).

Sulla base degli input derivati dagli undici differenti modelli di combustibile è stata dunque effettuata una elaborazione preliminare in ambiente Matlab, che ha condotto alla valutazione della velocità R secondo la [1], supponendo per ϕ_w una velocità media del vento costante ricavata dalla norma UNI 10349 per l'area di studio (Provincia di Enna) ed un fattore di declivio ϕ_S anch'esso costante e valutato con riferimento ad un pendio ideale inclinato 45°.

3. Simulazione in ambiente GIS di un incendio boschivo

L'applicazione qui presentata è stata sviluppata con riferimento ai limiti amministrativi del territorio comunale di Enna, spesso duramente colpito da incendi negli ultimi anni (cfr. figura 2). Come base cartografica è stata utilizzata la Carta Tecnica Regionale (CTR) alla scala 1:10000 ed una Carta dell'uso del suolo prodotta dalla Regione (cfr. figura 1).

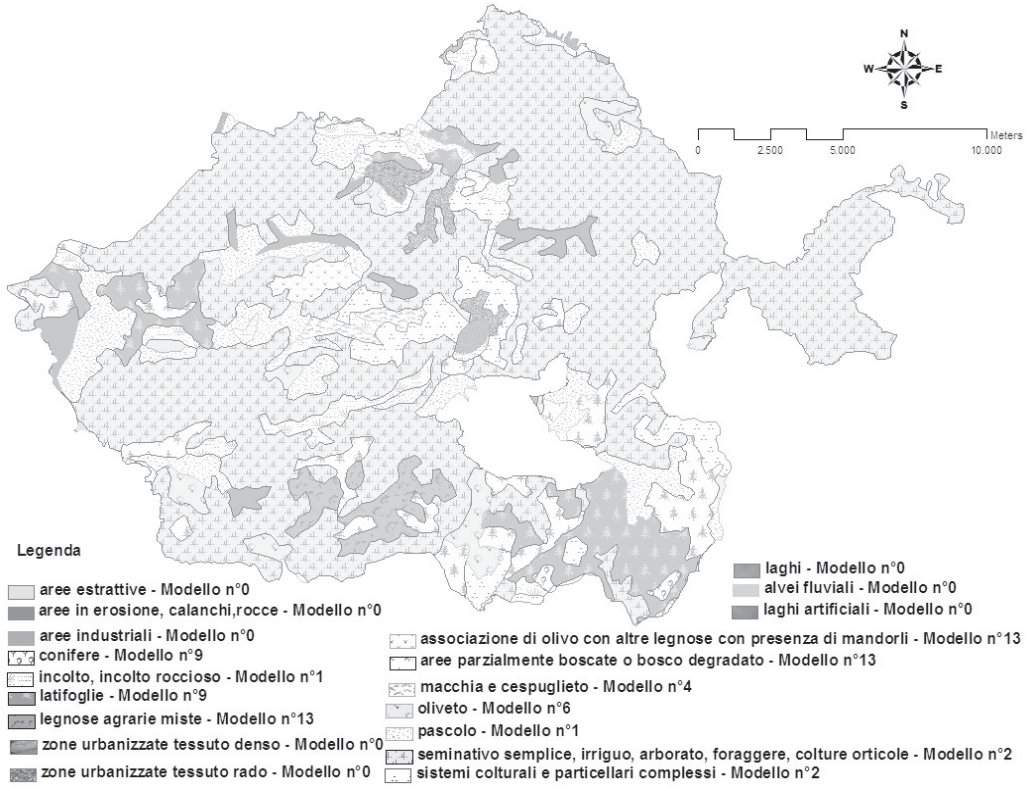


Figura 1 – Carta d'uso del suolo del territorio del Comune di Enna e caratterizzazione dei modelli di combustibile corrispondenti a ciascuna tipologia

I dati dei modelli di combustibile ottenuti attraverso le elaborazioni Matlab precedentemente descritte sono stati correlati alla carta dell'uso del suolo (cfr. figura 1) attraverso la funzione *Join*. Gli elementi poligonali vettoriali, ciascuno caratterizzato da un opportuno modello di combustibile, sono stati dunque convertiti in GRID in modo da poter tenere conto nella valutazione delle velocità *R* anche degli effetti della pendenza. A tal fine è stato utilizzato un modello digitale del terreno (DTM) disponibile, a risoluzione 40 metri, sul quale è stata impiegata la funzione *slope* di *Spatial Analyst*, dando luogo ad un nuovo GRID, in cui ad ogni cella è associato il valore medio della pendenza del terreno. I valori di *R* calcolati precedentemente in Matlab considerando un fattore di declivio ideale e costante, sono stati ulteriormente elaborati in ambiente GIS, applicando ancora la [1] e tenendo conto anche del contributo dovuto alla pendenza reale del terreno. Il risultato è stato ottenuto tramite la funzione *Raster Calculator* e consiste un nuovo GRID in cui ogni cella è caratterizzata dal valore della velocità *R* del fronte di fiamma in [ft/min], successivamente convertito in [m/min].

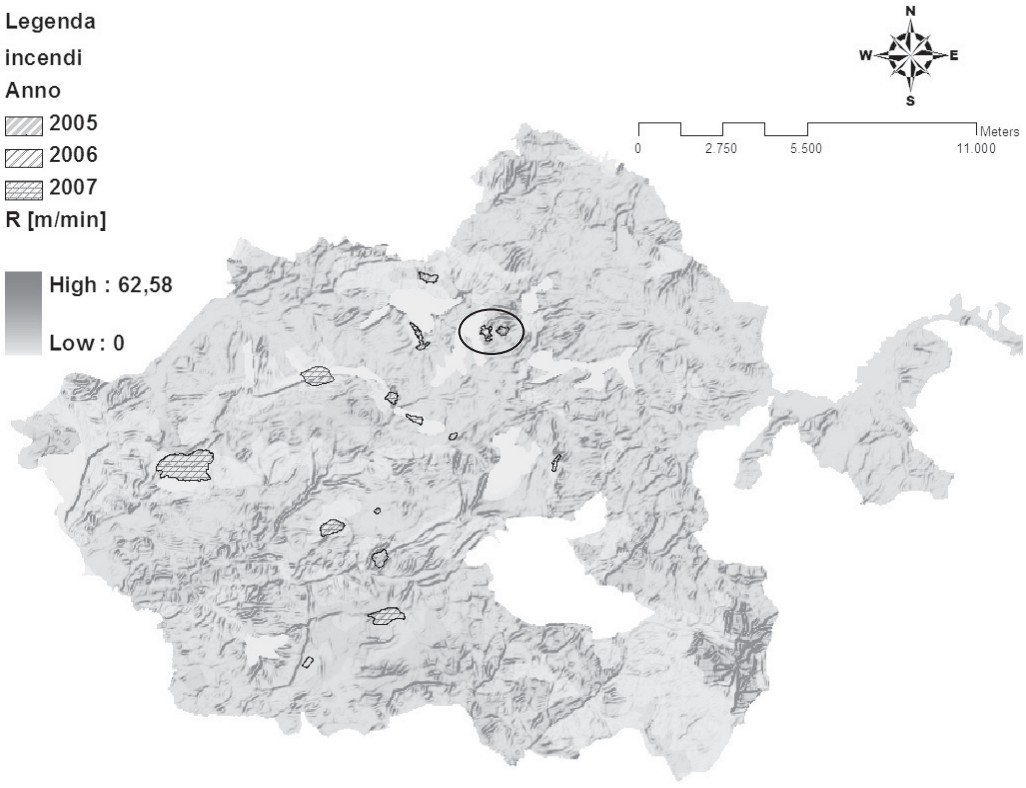


Figura 2 - Velocità di propagazione del fronte di fiamma ed aree bruciate nel 2005-07
Il cerchietto indica il punto sul quale è stata effettuata la simulazione (contrada Baronessa)

Poiché la modellazione utilizzata necessita della definizione di una origine puntuale dell'incendio, avendo a disposizione le aree percorse dal fuoco negli anni 2005-2007, si è pensato di ipotizzare come possibili punti di innesco i baricentri di tali poligoni. Evidentemente queste posizioni sono del tutto arbitrarie, anche se il reale punto d'innesco è stato certamente interno a detti poligoni.
Per determinare i tempi di avanzamento e le distanze percorse dal fronte di fiamma alcune funzionalità del pacchetto software *ESRI ArcGIS® 9.2* della estensione *Spatial Analyst* si sono

rivelate strumento di indubbia utilità e assoluta efficacia. Una prima elaborazione è stata condotta per creare un tematismo GRID alle cui celle è associato l'inverso delle velocità *R* precedentemente calcolate. Detto passaggio risulta necessario perché la funzione *Cost Weighted*, che verrà utilizzata successivamente, necessita di un GRID di input rappresentativo dei valori della funzione "costo" da utilizzare. In altre parole, la velocità *R* è una grandezza tanto maggiore quanto più agevole è la possibilità di movimento del fronte di fiamma, mentre qui occorre una grandezza che funzioni in maniera esattamente inversa, ovvero come una "impedenza", che sia tanto maggiore quanto più difficoltoso risulti l'avanzamento del fronte. In questo modo, inoltre, visto che la funzione *Cost Weighted* opera effettuando una sorta di prodotto pesato tra il valore di impedenza [min/m] di ciascuna cella e la corrispettiva distanza geometrica [m] dal presunto punto di innesco, ciò che si ottiene, dal punto di vista dimensionale, è un tempo. Dopo aver ipotizzato una posizione di origine dell'incendio, il GRID che si ottiene applicando come sopra esposto la funzione *Cost Weighted* è costituito da una serie di celle il cui valore rappresenta il tempo, espresso in minuti, necessario affinché la stessa cella venga raggiunta dal fuoco a partire dal punto d'innesco considerato.
I tematismi fin qui ottenuti forniscono una mappatura dei tempi necessari al fronte di fiamma per raggiungere ciascuna cella, note la velocità del vento ed il punto di origine dell'incendio. Facendo uso della funzione *Shortest Path* è stato possibile spingere ulteriormente l'analisi spaziale, determinando l'insieme di celle di minimo costo lungo alcune direzioni preferenziali e, quindi, il più probabile percorso intrapreso dal fronte di fiamma durante l'evoluzione spaziotemporale dell'incendio. In questo caso la più probabile linea d'avanzamento del fuoco è individuata da una serie di celle successive e contigue non rappresentative della reale ampiezza del fronte, ma della più verosimile direzione d'avanzamento. Ipotizzando quattro scenari possibili con quattro direzioni prevalenti del vento (Nord, Est, Sud, Ovest), è stato possibile determinare i quattro più probabili percorsi del fuoco corrispondenti. Ove si intendesse simulare un evento caratterizzato da uno o più cambi di direzione del vento, è possibile fissare nuove origini "virtuali" al momento del cambio dell'orientamento e, da questi punti, ricalcolare i GRID dei tempi di avanzamento con i nuovi riferimenti. La funzione *Contours*, mediante la quale sono state estrapolate curve isocrone rappresentanti il luogo dei punti che richiedono lo stesso tempo per essere raggiunti dal fuoco, permette infine di conferire maggiore leggibilità alle cartografie tematiche prodotte.
Le elaborazioni effettuate hanno dunque consentito lo sviluppo di una serie di tematismi che, opportunamente correlati alla cartografia di base, permettono di produrre specifiche carte tematiche rappresentanti il tempo necessario per l'innesco dei diversi punti rappresentati e le linee preferenziali di avanzamento, noti l'origine dell'incendio e la direzione del vento. Nella figura 3 si riporta, a titolo d'esempio, una di queste carte tematiche relative alla zona di contrada Baronessa, individuata in figura 2 con un cerchietto.

4. Conclusioni

Nell'ambito del presente lavoro è stata proposta una metodologia per la simulazione in ambiente GIS di un incendio boschivo, con lo scopo di prevederne l'evoluzione spaziotemporale, determinando preventivamente i più probabili percorsi di avanzamento del fronte di fiamma.
L'applicazione è stata sviluppata con particolare riferimento al territorio comunale di Enna, già interessato negli ultimi anni da numerosi eventi e del quale si è avuto modo di disporre di numerosi dati tra cui una carta dell'uso del suolo, un modello digitale del terreno, adeguata cartografia di base, nonché le perimetrazioni delle aree combuste negli ultimi anni.
Tali dati sono stati utilizzati per l'implementazione, in ambiente GIS, di un noto modello di propagazione del fronte di fiamma (Rothermel), basato anche sulla individuazione di specifici modelli di combustibile che caratterizzano l'area di studio. Il modello di Rothermel è stato implementato con le funzionalità tipiche del GIS ottenendo come risultato un GRID alle cui celle è associato il corrispettivo valore della velocità di diffusione del fuoco.
Ulteriori analisi spaziali hanno consentito di produrre anche mappe tematiche dei tempi necessari all'innesco e delle linee preferenziali di avanzamento dell'incendio considerato.

La metodologia proposta rappresenta una componente importante di un progetto più ampio di pianificazione e gestione delle emergenze sul territorio: la modellazione del fenomeno incendio e la simulazione dell'evento in tempo reale offrirebbero infatti notevoli vantaggi agli enti preposti alle operazioni di controllo e spegnimento degli incendi.

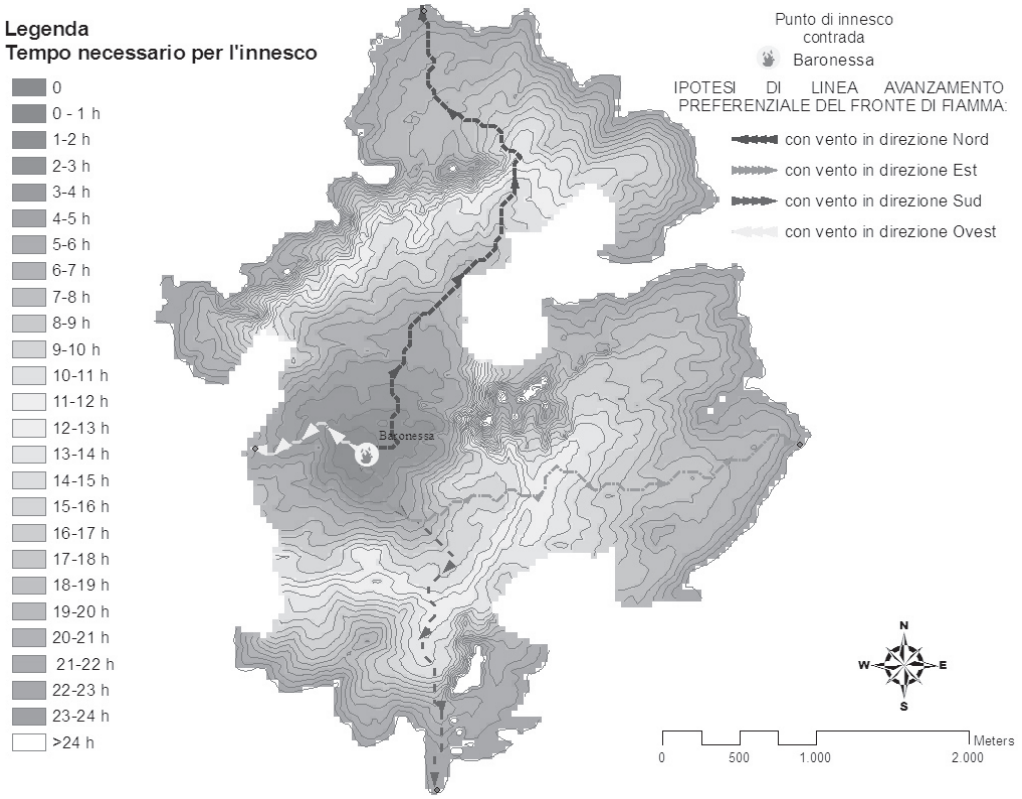


Figura 3 - Tempi necessari per l'innesco e percorsi preferenziali di avanzamento del fronte di fiamma. Le curve di isotempo uniscono le celle che potrebbero essere raggiunte nello stesso tempo a partire dalla stessa origine

Bibliografia

Rothermel, R.C. (1972), "*A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels",* General Technical Report INT-115, USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.

Mussumeci G., Leone L., Colombrita F., Condorelli A., (1999): "Simulazioni in ambiente GIS della funzionalità della rete stradale etnea in caso di incendio" – 3a Conferenza nazionale ASITA, "Informazioni territoriali e rischi ambientali" – Napoli, novembre 1999.

G.Mussumeci G., Condorelli A. (2001) - "*Gestione dell'emergenza incendio. Un GIS per la previsione dell'avanzamento del fronte di fuoco e la determinazione dei percorsi di avvicinamento ai fini delle operazioni di spegnimento*" – Documenti del Territorio n° 48/2001

Blasi C., Bovio G. et alii (2004) – "*Incendi e complessità ecosistemica dalla pianificazione forestale al recupero ambientale*" - Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, Direzione per la protezione della natura

UTILIZZO DEL GIS IN UN'ANALISI DI IDONEITÀ AMBIENTALE PER LA GESTIONE E LA PIANIFICAZIONE IN CAMPO FAUNISTICO

Michela CONIGLIARO (*), Tommaso MAGGI (**),
Corrado BATTISTI (***), Corrado INGRAVALLO (**)

(*) Dip. Biologia, Università di Roma Tre - V.le Marconi 446 - 00146 Roma.
(**) Sistema Informativo Geografico, Provincia di Roma – Via Pianciani, 22 - 00185 Roma
(***) Servizio Ambiente, Provincia di Roma - Via Tiburtina, 691 - 00159 Roma

Riassunto

Negli ambienti urbanizzati la principale minaccia alla conservazione della biodiversità è rappresentata dal processo di frammentazione ambientale di origine antropica. La pianificazione territoriale in questi ambienti richiede quindi una particolare attenzione per la tutela delle specie presenti che sono maggiormente sensibili al processo. L'obiettivo con il quale nasce questo progetto è quello di definire un metodo oggettivo per selezionare, tra i mammiferi terricoli della Provincia di Roma, un set di specie sulle quali focalizzare gli sforzi di conservazione. Lo studio proposto si avvale di un software GIS (Idrisi Andes 15.0) del quale si è voluta testare l'idoneità come strumento di analisi ambientale per verificare il ruolo di "ombrello" di quattro specie selezionate *a priori* tra quelle di mammiferi più sensibili al processo di frammentazione, ritenute essere anche buoni indicatori in fase di monitoraggio. Grazie alla disponibilità di dati ecologici, di carte territoriali e di uso del suolo, è stato possibile ottenere per le specie sensibili, delle mappe di idoneità ambientale. Il confronto tra la superficie di habitat ad idoneità medio - alta delle specie selezionate con quella delle specie sensibili ha permesso di verificare la correttezza dell'assunzione fatta a priori (ruolo di 'ombrello' delle specie selezionate). In via preliminare, i risultati hanno permesso di constatare l'effettivo ruolo di "ombrello" delle specie selezionate a priori verso quelle sensibili; la *Gap analysis* condotta alla fine dello studio ha inoltre mostrato una incongruenza elevata tra l'attuale pattern di distribuzione delle aree protette e la distribuzione delle aree a maggiore idoneità per le specie selezionate. L'utilizzo del software GIS si è rivelato effettivamente idoneo al tipo di studio effettuato, nonché potenzialmente applicabile a casi di studio analoghi.

Abstract

In urbanized areas the main threat to the conservation of biodiversity is represented by the process of habitat fragmentation at landscape scale. Regional planning in these landscapes requires special attention to the protection of most sensitive fragmentation-species. The aim of this work is to define an objective method to select a set of species on which to focus the efforts of conservation among terrestrial mammals in the Province of Rome. The proposed study uses a GIS software (Idrisi Andes 15.0) which is intended to test the suitability as a tool for environmental analysis to verify the role of "umbrella" of four species selected among those mammals most fragmentation-sensitive and their role as indicators in monitoring. Thanks to the availability of ecological data and land use maps it was possible to obtain maps of environmental suitability of these sensitive species and their role as "umbrella". As a preliminary results have helped to establish the actual role of "umbrella" of selected species in advance to a set of 18 sensitive species. The Gap analysis has also shown a significant gap between the pattern of distribution of the protected areas and the pattern of suitability of the sensitive species.

Introduzione

Il processo di frammentazione ambientale costituisce la maggiore minaccia alla conservazione della biodiversità (Lindenmayer e Fisher, 2006). Attraverso un aumento dell'isolamento ed una continua riduzione in superficie, oltre che di qualità ambientale dei frammenti residuali, le popolazioni delle specie sensibili possono essere esposte a processi stocastici che possono determinarne, nel tempo, l'estinzione (Saunders et al., 1991).
L'obiettivo con il quale nasce questo progetto è quello di definire, in un settore territoriale, un set di specie sensibili al processo di frammentazione ambientale con funzione di "ombrello" (Andelman & Fagan, 2000), che possano anche fungere da buoni indicatori in fase di monitoraggio. L'utilizzo di un software GIS di analisi spaziale territoriale (Idrisi Andes 15.0) può consentire di conferire una maggiore oggettività all'analisi ambientale e di arrivare a selezionare un ristretto numero di specie "target". La classe faunistica sulla quale è stata focalizzata la ricerca è quella dei Mammiferi, ritenuti essere un buon modello per la loro sensibilità alla frammentazione e per le numerose conoscenze disponibili a riguardo. Attraverso una *Gap analysis* (Scott & Jennings, 1997) è possibile inoltre verificare quanto l'attuale pattern di distribuzione delle aree protette si concili con il pattern di idoneità medio - elevata delle specie sensibili selezionate.

Area di studio

L'area presa in esame è rappresentata dal territorio della Provincia di Roma (534.887,29 ettari per 844,08 chilometri di perimetro) (Fonte dati: Provincia di Roma). L'area di studio è caratterizzata da un elevato livello di antropizzazione. Nel territorio provinciale sono note 37 specie di mammiferi terricoli (Amori & Battisti, in stampa).

Materiali e metodi

Lo studio è stato suddiviso in una prima fase di selezione *a priori* delle specie ritenuti buoni indicatori e nella verifica del loro ruolo di "ombrello", e in una seconda fase di *Gap analysis*.
I requisiti posti come fondamentali nella selezione delle specie target sono stati: sensibilità al processo di frammentazione (nota da letteratura generale; cfr. Battisti e Romano, 2007), idoneità a fungere da indicatori ambientali per il monitoraggio, ruolo potenziale di "ombrello" per le altre specie di Mammiferi.

Selezione delle specie ombrello

L'analisi è stata concentrata sulle 15 specie di mammiferi documentate come maggiormente sensibili alla frammentazione (da qui in poi chiamate "specie sensibili") (cfr. la revisione in Battisti e Romano, 2997; cfr. anche Battisti, 2008). Tra queste sono state selezionate le quattro specie note, in linea generale, come più facilmente monitorabili e con diffusione relativamente ampia : scoiattolo comune (*Sciurus vulgaris*), moscardino (*Muscardinus avellanarius*), tasso (*Meles meles*), faina (*Martes foina*) (da qui in poi chiamate "specie selezionate"). Il ruolo di "ombrello" delle specie selezionate verso le specie sensibili è stato verificato con un metodo cartografico di analisi spaziale e territoriale. L'analisi è stata condotta interamente con un software GIS, Idrisi Andes (15.0). Le carte di base utilizzate per l'analisi sono: la carta di uso del suolo del 2000 classificata al 3° livello della Corine Land Cover e la carta di viabilità stradale della Provincia di Roma. Per ognuna delle specie sensibili sono state considerate le carte relative all'areale potenziale e i valori d'idoneità altitudinale potenziale, di distanza minima da bacini idrici (Ministero dell'Ambiente, 1993), nonché di idoneità per le tipologie di strade sul territorio. Dalla loro intersezione sono state ottenute le aree potenzialmente idonee alla presenza della specie. Dall'elaborazione di queste carte con la mappa di viabilità della Provincia e con la carta di uso del suolo del 2000, si è ottenuta per ogni specie una carta di idoneità ambientale, nella quale ad ogni *patch* veniva fatto corrispondere un

valore di idoneità relativo (normalizzato ad una scala 0-7, dove zero indica idoneità nulla e sette idoneità massima; Ministero dell'Ambiente, 1993). Per ognuna delle specie sensibili sono state estrapolate tre maschere booleane corrispondenti ai tre range di idoneità medio - alta (5-6-7; 6-7; 7); dalla sovrapposizione delle maschere del medesimo range delle specie selezionate si sono ottenute altre tre maschere, una per ognuno dei tre range di idoneità (Fig. 1). Lo stesso procedimento è stato seguito per le specie sensibili (Fig. 2) . I poligoni delle maschere ottenute per le specie selezionate sono stati confrontati per sovrapposizione con quelli delle maschere delle specie sensibili per i medesimi valori di idoneità; si sono ottenute ulteriori tre carte contenenti i poligoni di sovrapposizione (Fig. 4). Lo stesso procedimento è stato seguito prendendo in considerazione, tra i poligoni delle specie sensibili solo quelli in cui il numero di specie presenti fosse maggiore di otto (Fig. 3 e 4). Dei poligoni ottenuti dall'intersezione è stata poi calcolata l'area (in ha).

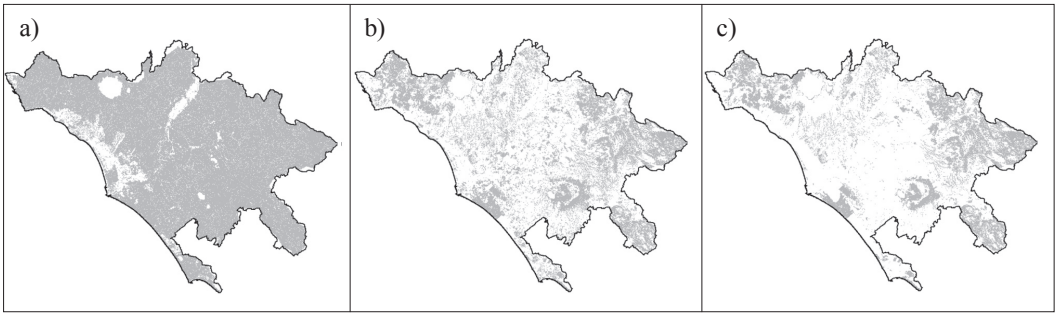


Figura 1- Maschere booleane per range di idoneità specie selezionate: a) 5-6-7, b) 6-7, c) 7

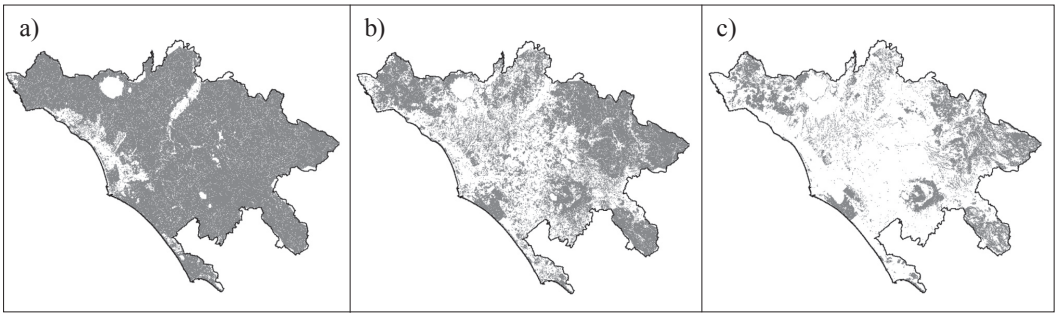


Figura 2- Maschere booleane per range di idoneità specie sensibili: a) 5-6-7, b) 6-7, c) 7

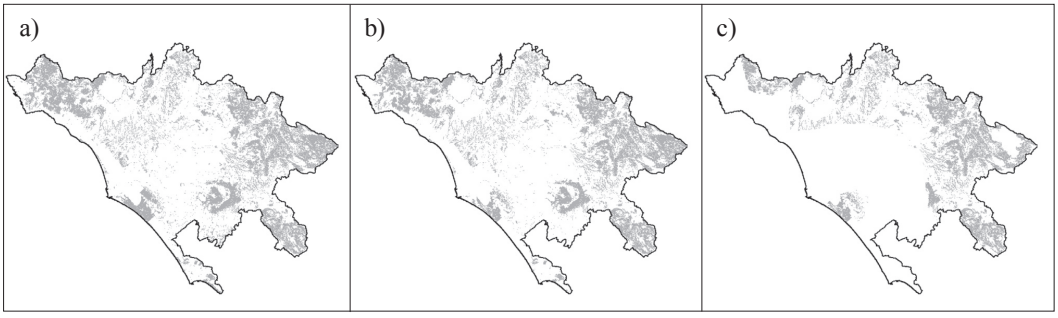


Figura 3- Maschere booleane per range di idoneità specie sensibili >8: a) 5-6-7, b) 6-7, c) 7

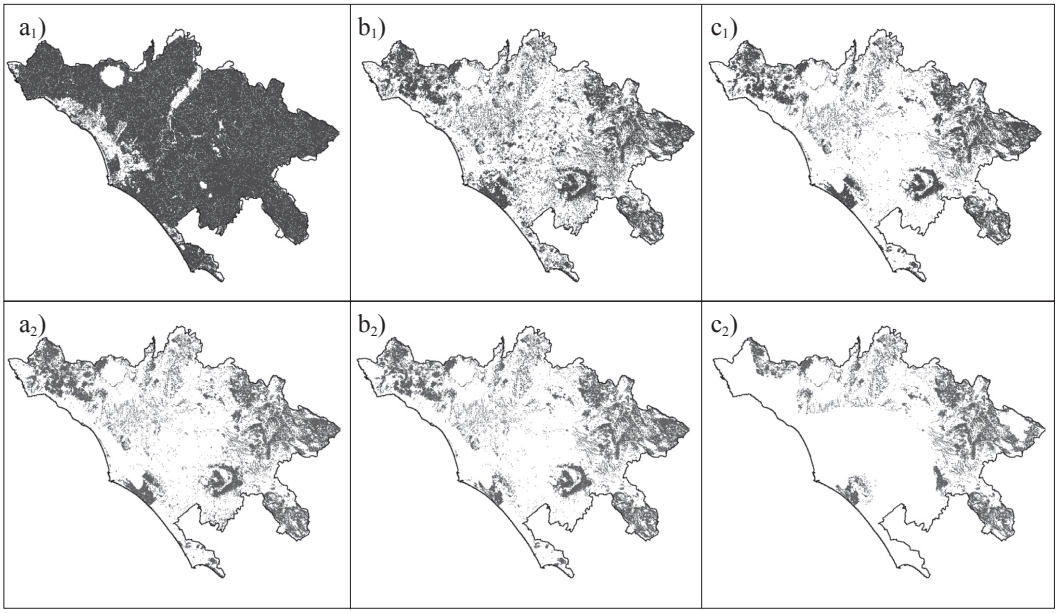


Figura 4 – Maschere booleane sovrapposizione per range di idoneità specie selezionate su specie sensibili (a_1, b_1, c_1) e specie selezionate su specie sensibili >8 (a_2, b_2, c_2): a) 5-6-7, b) 6-7, c) 7

Gap Analysis

La *Gap analysis* è stata effettuata in riferimento alle carte dei parchi e delle riserve, dei monumenti naturali e delle ZPS (Fonte dati: Provincia di Roma). Le tre carte sono state elaborate ottenendo una mappa contenente il sistema di aree protette del territorio. La *Gap analysis* è stata poi effettuata mettendo a confronto la mappa ottenuta con quelle dei tre range di idoneità delle specie selezionate (Fig. 5).

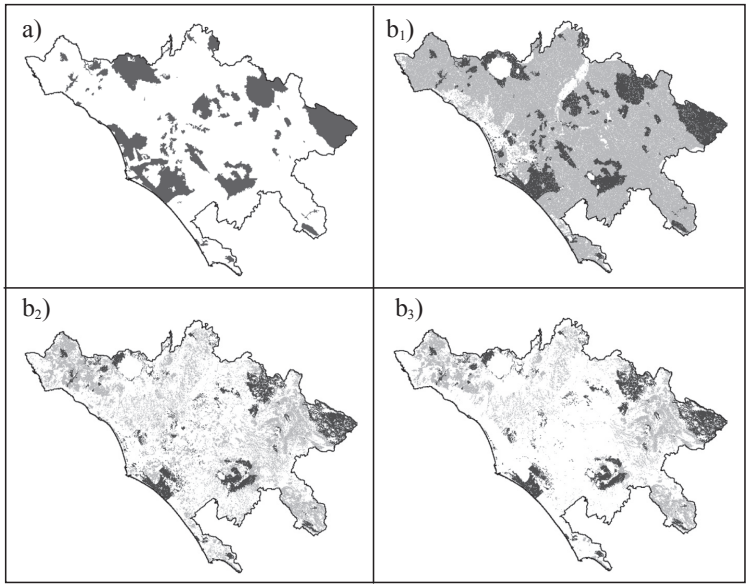


Figura 5 - a) Aree protette, b) sovrapposizione aree protette su specie selezionate per range di idoneità: b_1) 5-6-7, b_2) 6-7, b_3) 7

Risultati

I valori di sovrapposizione (in ha) sono stati poi riportati su tabelle Excel e ne sono state calcolate le percentuali corrispondenti.

Range idoneità	ha tot 4 specie	ha tot 15 specie	ha sovrapposizione	% sovrapposizione su 15 specie
5,6,7	438.849,72	439.415,64	438.849,72	99,87
6,7	164.266,56	255.586,86	164.266,56	64,27
7	120.834,00	121.402,17	120.834,00	99,53

Tabella 6 – Valori di sovrapposizione specie selezionate su specie sensibili

Range idoneità	ha tot 4 specie	ha tot >8 specie	ha sovrapposizione	% sovrapposizione su 8 specie
5,6,7	438.849,72	128.849,67	128.849,67	100,00
6,7	164.266,56	115.486,65	115.486,65	100,00
7	120.834,00	80.359,65	80.359,65	100,00

Tabella 7 – Valori di sovrapposizione specie selezionate su specie sensibili >8

Dall'analisi delle tabelle risulta come le aree ad idoneità medio - alta delle specie selezionate mostrino una distribuzione relativamente ampia alla scala di studio. La sovrapposizione con l'area di presenza delle specie sensibili risulta sensibilmente elevata (Tab. 6); la terza tabella mostra inoltre una sovrapposizione praticamente totale delle aree ad elevata idoneità delle specie selezionate con le aree al medesimo livello di idoneità nelle quali ci sia la copresenza di almeno otto delle 15 specie sensibili (Tab. 7).

Range idoneità	ha 4 specie	ha aree protette	ha sovrapposizione	% copertura area 4 specie
5,6,7	438.849,72	114.946,11	88.415,37	20,15
6,7	164.266,56	114.946,11	50.865,93	30,97
7	120.834,00	114.946,11	47.527,47	39,33

Tabella 8 – Valori di Gap analysis

Con la *Gap analysis* la percentuale di territorio protetto rispetto alle zone "focali" nel presente studio è risultata essere notevolmente bassa (Tab. 8).

Discussione

Il confronto con le specie sensibili mostra un elevato livello di sovrapposizione. Ciò conferma come le quattro specie selezionate possano svolgere un ruolo di "ombrello" nei confronti delle sensibili e quindi fungere da target per progetti di conservazione mirati alla loro tutela. Il confronto con le aree a presenza di specie sensibili (>8) conferma tali risultati.
La *Gap analysis* mostra una forte incongruenza tra le aree protette e le aree a maggiore idoneità per le specie target. Il pattern dell'attuale sistema di aree protette risulta non idoneo alla tutela di tali specie necessitando, a tal fine, di una revisione dell'intero sistema.

Conclusioni

I risultati di questo studio confermano come l'applicazione di sistemi di analisi cartografica possano effettivamente fungere da importante ausilio in un'analisi di carattere ambientale, anche in ambienti fortemente urbanizzati e soggetti a frammentazione ambientale. La scelta delle specie sulle quali concentrare gli sforzi di conservazione viene così ad essere supportata da criteri di selezione marcatamente oggettivi, comunque supportati da un ragionamento di base scientifico.
La decisione di selezionare a priori le specie e di testarne solo dopo il ruolo di "ombrello" è stata dettata dalla consapevolezza che la facilità di monitoraggio costituisce un requisito indispensabile per una specie individuata come target. Focalizzare l'attenzione su specie che possiedano entrambi i requisiti e che risultino sensibili ai processi di frammentazione ambientale, può fornire maggiori garanzie che i progetti di pianificazione ambientale abbiano risvolti positivi sulla tutela della biodiversità.

Bibliografia

Amori G., Battisti C. (in stampa), *Atlante dei mammiferi della Provincia di Roma. Provincia di Roma.*

Andelman S.J., Fagan W.F. (2000), "Umbrella and flagship: Efficient conservation surrogates or expensive mistakes?", *Proceedings National Academy of Sciences*, 97: S954-S959

Battisti C. (2008), "Le specie 'focali' nella pianificazione del paesaggio: una selezione attraverso un approccio experted-based", *Biologia Ambientale*, 22: 5-13

Battisti C., Romano B. (2007), "*Frammentazione e Connettività – dall'analisi ecologica alla pianificazione ambientale*", Città Studi edizioni - De Agostini, Novara, 441 pp.

Lindenmayer D.B., Fisher J. (2006), "*Habitat fragmentation and landscape change. An ecological and conservation synthesis",* Island Press, Washington DC

Ministero dell'Ambiente (1993), "La Banca Dati Nazionale della Fauna, Relazione finale", Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Roma, novembre 1993

Saunders D.A., Hobbs R.J., Margules C.R. (1991), "Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review", *Conservation Biology,* 5: 18-32

Scott J.M., Jennings M.D. (1997), "A description of the National Gap Analysis Program", http://www.gap.uidaho.edu/About/Overview/GapDescription/default.htm

IL GEODATABASE A SUPPORTO DEI SISTEMI DI MARKETING TERRITORIALE

Vincenzo CONSORTI, Donato LABELLA, Luciano MATANI

(*) Arit, Agenzia Regionale per l'Informatica e la Telelmatica Via Napoli 4, 64019 Tortoreto Lido (TE)
0861-77101, vconsorti@arit.it, donato.labella@arit.it,luciano.matani@arit.it

Riassunto
Attualmente, la competizione tra i territori è sempre più difficile a causa delle diverse aspettative, culture e ricchezze a disposizione. Come sistema di pianificazione strategica, il marketing territoriale e strutturale si deve misurare con gli strumenti informatici a disposizione, che contribuiscono a migliorare le scelte multisettoriali e strategicamente sostenibili. Infatti, secondo il principio di sussidiarietà e nel rispetto della direttiva comunitaria Inspire, il geodatabase e il web possono migliorare l'analisi multidisciplinare e i sistemi di condivisione delle informazioni a diversi livelli.

Abstract
Nowadays, the competition among territories is getting higher and higher, owing to several different expectations, cultures and richness. The territorial and structural marketing, considered as a system of strategic planning, must be measured by the data processing, which contribute to better strategic and bearable choices in any sector. According to the subsidiary principles and the observance of Inspire EU policy, geodatabase and web can improve the multidisciplinary analysis and share information systems on different layers.

1. Introduzione

In ambito europeo, l'economia è soggetta ad un ampio processo di riassetto in cui le produzioni vengono riorganizzate e rilocalizzate come conseguenza di un fenomeno di accorciamento dei tempi e degli spazi, secondo l'idea della globalizzazione. Tale filosofia determina non solo l'annullamento delle identità e del ruolo del territorio ma fa anche emergere le figure del produttore globale e del consumatore universale. Un altro trampolino di lancio della globalizzazione, e quindi della competizione dei territori, è da ricercare nell'annullamento dell'importanza della prossimità fisica nello spazio grazie alla connessione globale della rete internet. Secondo questi meccanismi la competizione non avviene più tra singoli soggetti, ma tra sistemi a base territoriale capaci di generare, oggi, la competitività del tessuto delle imprese, l'innovazione e la capacità di risposta dinamica. (Bisogna conoscere le potenzialità del territorio e il ruolo che esso deve e potrà svolgere rispetto ai vari settori strategici, competenze locali e attività peculiari, tanto da definire le strategie di alleanza e/o individuare quelle che sono le aree a diretta concorrenza; si tratta quindi di capire in che mercato è situato il territorio e in quale eventualmente si vorrà andare ad inserire. La competizione tra i sistemi territoriali porta ad adottare strumenti e metodologie proprie con l'obiettivo di aumentare l'attrattività del territorio individuando le peculiarità e gli elementi di unicità tali da renderlo estremamente appetibile sul mercato (Caroli,1999).
Per sopravvivere ed espandersi, un sistema produttivo deve essere sempre più competitivo rispetto ad un mercato globale con crescente mobilità internazionale, delle persone, delle risorse finanziarie, oltre che dei prodotti, nonché rispetto al grado di capacità attrattiva ad elevato valore aggiunto connesso ad un alto tasso di crescita: si garantiscono, in prospettiva, livelli soddisfacenti di reddito ed occupazione. Per incrementare la competizione del territorio, attirare capitali e persone tanto da

assicurare uno sviluppo futuro, si deve tendere ad acquisire sempre capacità e comportamenti innovativi. In particolare:

1. Progettazione e pianificazione strategica;
2. Appetibilità del prodotto territorio verso realtà esterne;

L'utilizzo delle metodologie di marketing quale strumento per competere nei settori economici caratterizzati da una forte concorrenza rappresenta ormai uno standard nella cultura imprenditoriale. La conoscenza dei mercati, in termini di competitività, di canali distributivi e di clienti finali, il "packaging" di prodotti, la pianificazione di azioni di promozione e vendita rappresentano un vantaggio competitivo che consente alle aziende di eccellere e di affermarsi sui mercati (Morrison, 1997).
Il marketing si estende da studi e approcci che analizzano il mercato nella sua globalità (mass marketing) ad analisi che segmentano il mercato (cluster) in base ai prodotti/servizi/prezzi offerti, al consumatore ed al contesto territoriale (geomarketing), per cogliere potenzialità che rimarrebbero inespresse se ci si limitasse o ad una visione d'insieme o, al contrario, ad un mercato troppo settoriale. Una ulteriore modalità, quando resa possibile per costo contatto, è costituita, dal marketing one-to-one, ove ciascun cliente viene contattato direttamente da apposito personale sia sulla base delle sue specificità, riceve una offerta personalizzata con un insieme di prodotti e servizi, sia dal webmarketing (o e-marketing), ovvero promozione e vendita in rete. Quindi il marketing territoriale, è definibile anche come "studio del localismo" ovvero "analisi del principio di prossimità". Esso tenendo conto della domanda formulata dai consumatori locali o da clienti/consumatori esterni all'area locale ma interessati ai prodotti offerti nell'area stessa, mira ad adattare l'offerta alla domanda proponendo un mix di prodotti per aree geografiche omogenee. La possibilità di segmentare su base territoriale il mercato fa sì che, attraverso l'utilizzo delle metodologie di Marketing territoriale, si possano soddisfare esigenze come: individuazione e localizzazione su una determinata area geografica dei clienti e sistemi concorrenti attuali e potenziali, localizzazione e ottimizzazione di una rete distributiva e localizzazione dei singoli punti vendita, definizione e analisi del bacino di utenza di un punto di vendita, stima del potenziale espresso da una determinata area geografica per uno specifico settore merceologico o di servizio o turistico culturale, definizione degli obiettivi di vendita, per agente (es. canale Indiretto) o per area; inoltre pianificazione di campagne pubblicitarie e di azioni promozionali in funzione della localizzazione del proprio target. Conoscere il territorio e le risorse ad esso associate è il primo livello di "progetto" di qualsiasi iniziativa di Marketing territoriale. In termini più diretti i connotati del territorio e la potenzialità di identificare un prodotto locale scaturiscono dalle oggettive peculiarità presenti sul territorio stesso, ad esempio: siti archeologici e musei, parchi naturali e riserve, bellezze ambientali (colline, spiagge, laghi), tipicità enogastronomiche, attrattive turistiche e sportive, infrastrutture, qualità urbana, mobilità e trasporti. Dal Marketing territoriale con tutta evidenza e con specifiche metodologie deriva il Geomarketing. Una attività cioè in grado di orientare le scelte di Marketing operativo, in funzione del contesto territoriale nel quale operano le singole realtà produttive e distributive, fornendo informazioni sulla domanda attuale e potenziale del mercato, sul posizionamento rispetto alla concorrenza, sul grado di copertura della rete commerciale. La cultura manageriale ha perfezionato in questi anni questa strategia orientata a prestare maggiore attenzione ai bisogni diversificati del cliente, che da destinatario passivo è diventato soggetto attivo, partecipando a caratterizzare gli stessi prodotti/servizi, come evidenziato nello schema "Marketing continuum" . Il Geomarketing è un metodo di rappresentazione geografica per interpretare i dati territoriali in modo efficace ed immediato, o anche una nuova rappresentazione dei dati, elemento fondamentale nel processo decisionale dell'impresa che si può tradurre in un rapporto con il mercato più dinamico e in un aumento della capacità competitiva. Le tecniche principali di cui si avvale lo specialista di Geomarketing sono ad esempio tecniche di: statistica multivariata, data mining e trattamento dei dati territoriali, etc.; tali tecniche e metodologie sono il presupposto fondamentale per un corretto approccio alle problematiche connesse allo studio delle opportunità offerte dal marketing territoriale. Infatti l'informazione statistica territorializzata e geo-referenziata è la premessa fondamentale per delineare i fattori di competitività e criticità di un'area.

2. Strumenti per la competizione tra i territori

Gli enti locali, quindi, dovranno essere in grado di svolgere funzioni più ampie rispetto a quelle attuali ovvero dovrebbero unire alla semplice fornitura di servizi alla cittadinanza opportune strategie di sviluppo economico complessivo del territorio in grado di soddisfare anche la domanda di altri utenti effettivi e/o potenziali, generando così ricchezza a livello locale. Nasce pertanto l'esigenza di definire le scelte strategiche secondo il geomarketing: come promozione del territorio, delle sue caratteristiche e delle sue prospettive al fine di attirare dall'esterno investimenti e visitatori; come finalizzazione delle politiche territoriali e urbane; come esigenze degli operatori economici locali; aspettative degli operatori esterni che si desidera attrarre; come riorganizzazione complessiva delle procedure amministrative nella direzione di una maggiore attenzione ai clienti del prodotto sistema locale, la cui soddisfazione non può essere solo quantitativa, ma anche qualitativa.

L'identità del sistema territoriale nasce dalla necessità e dalla capacità di dar vita, secondo il principio della sussidiarietà e della concertazione orizzontale tra i diversi enti pubblici e/o privati, a un tessuto relazionale a vari livelli: quello del sistema produttivo, in cui si manifesta il complesso delle interdipendenze settoriali; quello della Pubblica Amministrazione, in cui si manifestano le disponibilità al coordinamento e l'efficacia per le politiche economiche e sociali; quello dei servizi, che esprime il tessuto interconnettivo di supporto funzionale alle attività produttive ed alle esigenze del vivere sociale; quello delle relazioni fiduciarie interpersonali, che ogni comunità locale consente la ricerca del bene comune.

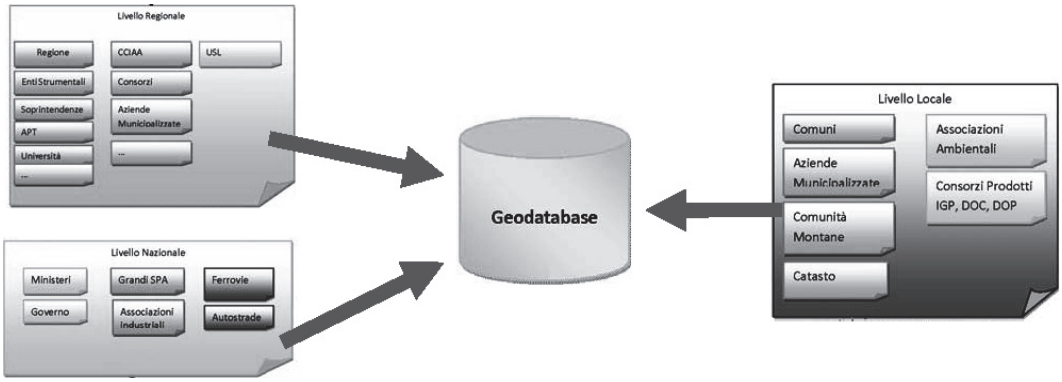


Figura 1 – Organizzazione dei flussi di dato da parte dei diversi attori

In questo contesto l'approccio alla cooperazione per l'analisi delle caratteristiche dei bisogni del territorio da parte dei diversi attori fino ad oggi non sempre è stato possibile per diverse cause, una fra tante, probabilmente la più delicata è senza dubbio la mancanza di condivisione dei dati multi-settoriali secondo una procedura condivisa almeno a livello regionale. L'assemblaggio dei dati di natura differenziata determina innanzi tutto l'analisi delle caratteristiche correnti del territorio ovvero lo stato di fatto di quelle che sono le minacce e le opportunità gravanti e soprattutto la base di partenza delle proposte strategiche e strutturali di intervento per il rilancio e la gestione condivisa secondo il principio di sussidiarietà. Uno degli obiettivi è quello di riequilibrare la collocazione istituzionale e territoriale dell'area Interna abruzzese (che detiene le maggiori testimonianze artistiche e culturali) e l'area del litorale Adriatico costituente l'area metropolitana abruzzese per avviare un nuovo modello di sviluppo centrato sulle potenzialità proprie del territorio, che utilizzi le potenzialità più vaste e di traino della presenza di una realtà metropolitana e le sinergie che possono rappresentare i collegamenti con la realtà di città metropolitane come Roma.

L'area in esame possiede molteplici peculiarità dalle quali poter partire per iniziare una analisi e definire i paradigmi essenziali per un progetto di Marketing territoriale, come ad esempio (le caratteristiche dei) i centri storici, la georeferenziazione dei siti e dei punti di interesse ambientale e culturale nonché le aree caratterizzate da i grandi punti di interscambio (porti, stazioni, aeroporti,

autostrade,etc.) L'obiettivo è quello di creare un sistema informativo territoriale di partenza al fine di sviluppare la promozione del territorio Abruzzese rispetto ai circuiti nazionali ed internazionali attraverso la creazione di itinerari diversificati per target, pianificazione e promozione dei prodotti territorialmente identificati rispetto ai marchi di tutela e di qualità, promozione web dei prodotti, pubblicizzazione degli eventi, compartecipazione degli investitori privati ed attivazione della Smart Card turistica per i servizi identificati. I sistemi gis e i geodatabase si prestano perfettamente a supportare l'insieme delle attività da intraprendere al fine di lanciare e mantenere un prodotto o un servizio traendone i risultati a livelli di profitto da tali operazioni. Poiché il marketing territoriale definisce quanto una attività o evento sia in grado di orientare le scelte in funzione del contesto territoriale (Ferrari, 2002), il geodatabase rappresenta uno strumento efficace per la gestione della multisettorialità del dato. I possibili effetti che un evento può sortire su un territorio sono così sintetizzabili:

Impatto	*Effetti positivi*	*Effetti negativi*	*Impatto*	*Effetti positivi*	*Effetti negativi*
ECONOMICO	Incremento dei livelli di spesa; Incremento dell'occupazione	Incremento dei prezzi durante l'evento; Speculazione immobiliare;	**SOCIALE – CULTURALE**	Interesse e partecipazione dei residenti ad attività associate all'evento; Rafforzamento di tradizioni e valori locali; Incremento delle conoscenze dei non residenti	Commercializzazione di attività di natura privata o personale; Modifica della natura dell'evento per adattarlo ad turismo; Atteggiamento di chiusura e/o ostilità dei residenti;
TURISTICO	Aumento della notorietà dell'area come destinazione turistica; Crescita delle informazioni sulle potenzialità economiche dell'area	Immagine negativa a causa delle inefficienze o infrastrutture inadeguate; Reazioni negative delle imprese locali per possibili nuovi concorrenti;	**POLITICO**	Maggiore visibilità dell'area e dei suoi valori; Diffusione dei valori politici del governo e/o della popolazione locale	Distorsione della reale natura dell'evento per poter riflettere valori politici; Perseguimento di specifici interessi da parte di piccole elite, in nome dello sviluppo locale
FISICO AMBIENTALE	Offerta di nuovi servizi; Realizzazione di nuove infrastrutture;	Danni ambientali; Sovraffollamento;	**…**	…	…

Figura 2 – Alcuni effetti che possono verificarsi a seguito di un evento

3. Il modello unico dei dati attraverso il geodatabase

La necessità di una infrastruttura informativa a supporto del marketing territoriale è motivata dalla constatazione che l'acquisizione, l'elaborazione e la manutenzione dei dati multisettoriali coinvolgono diversi settori pubblici e privati. È necessario, dunque, disporre di un insieme di regole e/o protocolli, nonché di un pacchetto comune, il geodatabase, con il quale standardizzare tanto l'acquisizione di nuovi dati quanto l'arricchimento o l'aggiornamento della base di dati esistenti, generando il modello unico dei dati (MUD) operante nel settore dei servizi avanzati ed innovativi per la gestione del territorio, dell'ambiente e dello sviluppo secondo una struttura capace di individuare univocamente gli oggetti territoriali, instaurare relazioni tra oggetti, definire attributi e thesauri condivisi nonché informazioni sulla vita del dato attraverso i metadati.

Il MUD, di cui il marketing territoriale può far uso, rappresenta la struttura di raccordo e la sintesi informativa del geodatatabase del sistema organizzato in cui ogni attore convoglierà dati settoriali secondo protocolli e nel rispetto della direttiva INSPIRE. La piattaforma del MUD è costituita da un application Server Tomcat/Expresso/XWE (XML Web Engine), in grado da gestire e creare l'interfaccia server-utente tale da soddisfare le richieste esterne attraverso la consultazione delle banche dati e delle mappe tematiche. Le informazioni tematiche vettoriali vengono gestite grazie a ArcSDE il quale costituisce un ponte tra i dati cartografici depositati in Oracle e gli applicativi ArcGIS mentre i database puramente informativi sono contenuti nel database Server Oracle.

Il MUD e quindi il geodatabase è basato sul database geografico multiscala della Regione Abruzzo dal quale eredita il sistema di riferimento (UTM-WGS84) e il dominio spaziale in modo da poter stratificare tutte le informazioni territoriali utili alla definizione di un piano di marketing: uso del suolo, infrastrutture a rete, piani territoriali di area vasta, i sistemi naturalistici, i vincoli, ecc.

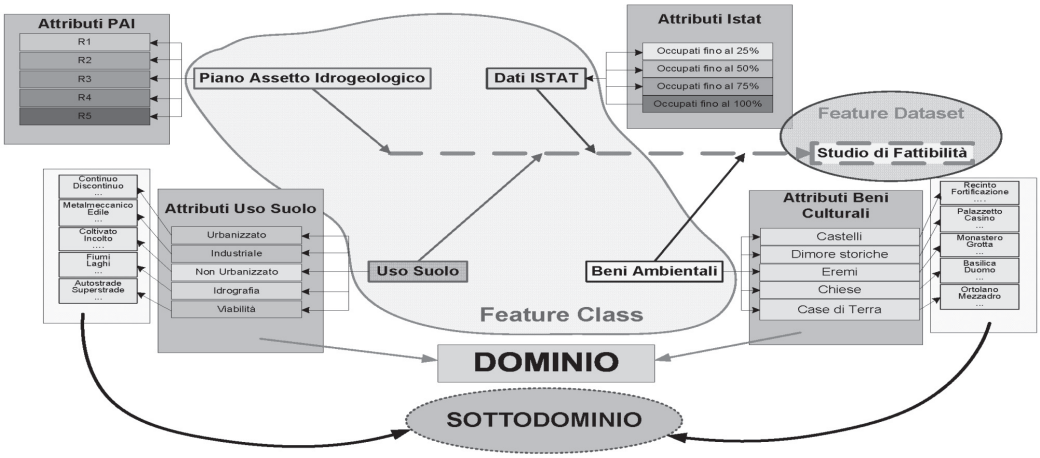


Figura 3 – Strutturazione dei dati all'interno del Geodatabase

La Regione Abruzzo, possiede molteplici potenzialità tali da attivare analisi e definire strategie per perseguire finalità di marketing specie per tutto il settore connesso al turismo culturale e non solo.
La ricognizione dei siti (centri storici, città fortificate, ecc) e delle strutture di maggior pregio (siti e punti di interesse culturale) avviene grazie all'utilizzo di strumenti GPS che oltre ad individuare geograficamente un bene, permette di georiferire le immagini digitali prodotte creando una sorta di *geotagging*. Il listato delle coordinate GPS permette di creare automaticamente all'interno del geodatabase i tematismi "beni" e "punto di presa" che sarà agganciato, per mezzo di relazioni a diversa cardinalità (1:1, 1:M; M:N) e precedentemente progettate tramite linguaggio UML, ai database specifici allocati nel Server. Il contenuto dei database è definito dalla creazione del dominio e del sottodominio del dato secondo una ontologia per la classe di oggetti trattati apportando notevoli benefici sia alla gestione che alla implementazione del dato, poiché le informazioni non verranno imputate ma scelte tra il listato del dominio (Laurini,1992).

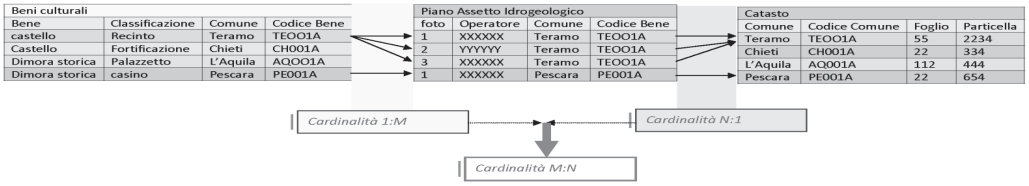


Figura 4 – Esempio di relazioni all'interno del Geodatabase

Ad esempio, nell'implementazione della *feature class* "beni", gli attributi possibili nel campo in cui è stato definito un dominio sono : castelli, dimore storiche, eremi, chiese, case di terra; ad ogni dominio corrisponderà in maniera univoca un sottodominio, ovvero, se nel primo campo è stato scelto "castello" come attributo, nel secondo campo le scelte possibili sono quelle del sottodominio "castelli" ovvero "Recinto, Fortificazione, ecc.", in modo da non commettere incoerenze o errori di diversa natura.
Tutti gli elementi vettoriali del MUD grazie alle funzionalità del geodatabase possono essere migliorati geometricamente rispetto alle regole topologiche di connessione, adiacenza e prossimità in modo da rendere il dato vettoriale quanto più vicino alla realtà. Ad esempio, considerando la rete stradale, gli archi devono obbligatoriamente essere connessi sia alla testa che alla fine e devono necessariamente convogliare in un nodo altrimenti eventuali ricerche di prossimità (il bene più vicino a…) e/o di tempi di percorrenza (i beni entro la percorrenza di x minuti) della rete attraverso l'uso del network analyst risulta falsato.

4. Conclusioni

L'azione strategica del geomarketing pertanto deve possedere un insieme di competenze per favorire lo sviluppo di una visione integrata degli elementi da cui dipende l'attrattività dell'offerta e fornire gli strumenti necessari che consentono la valorizzazione degli interventi di marketing. Tali strategie costituiscono il congegno che integra ai bisogni del mercato le diverse componenti territoriali; le azioni sono assunte da quei soggetti che governano direttamente le componenti stesse.
Il geomarketing pur distingendosi dalla gestione del territorio vera e propria, è parte integrante della pianificazione territoriale, specie per gli interventi utili al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile. La soluzione al problema della collaborazione orizzontale da parte dei diversi enti pubblici secondo il principio della sussidiarietà e della concertazione orizzontale è perseguibile mediante l'implementazione di un unico sistema informativo territoriale con il quale i diversi attori potranno conoscere e condividere i contenuti multisettoriali confrontando e studiando le prescrizioni relative ai diversi livelli e soprattutto in grado di diffondere i propri strumenti di governo.

Bibliografia

Arctur D., Zeiler M. (2004), *Designing Geodatabases: Case Studies in GIS Data Modelling* Esri Press

Atzeri p., Cerri S., Paraboschi S., Torlone R., (1999), *Basi di dati* McGraw-Hill Libri Italia

Burrough P.A. (1986), *Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment,* Oxford University Press

Burrough P.A., McDonnel R.A. (1998), *Principles of Geographical Information System*, Oxford University Press

Caroli M.G. (1999), *Il marketing territoriale,* Franco Angeli, Milano

Colbert F. (11/2000), *Marketing nelle arti e nella cultura,* in www.fizz.it

Consorti V. (2003), *Architetture Hardware, Software e di Rete per servizi ed applicazioni Gis oriented*, n MondoGis nr. 34 – MondoGis editore

Ferrari S. (2002), *Event marketing: i grandi eventi del marketing e gli eventi speciali come strumenti di marketing*, CEDAM, Padova

Gilberti G. (2004), *L'evento in strada: il progetto, la produzione, la gestione e il controllo come strategia di marketing*, Franco Angeli, Milano

Laurini R., Thompson D., (1992) *Fundamental of spatial information System*, Academic Press

Longley P.A., et al (1999), *Geographic information system and science,* Jonh Wiley & sons

McDonald A., *Building a Geodatabase*, documentation GIS by ESRI®

Morrison A., *Hospitality and travel marketing*, Delmer, New York (1997)

Ostillo M.C. (2000), *La comunicazione territoriale*, in VALDANI E., ANCARANI F., Strategie di marketing del territorio, EGEA, Milano

Tomlin C.D. (1990) *Geographic Information System and Cartographic Modelling* Prentice-Hall, Inc. New Jersey

Vienneau A., *Using ArcCatalog Tutorial*, documentation GIS by ESRI®

Worboys, M.F. and Duckham M., (2004), *GIS: A Computing Perspective*, CRC Press

L'INTEGRAZIONE SU BASE GEOGRAFICA DEI BENI CULTURALI NELL'AMBITO DELLA COMUNICAZIONE MULTIMEDIALE

Vincenzo CONSORTI, Luciano MATANI

(*) Arit, Agenzia Regionale per l'Informatica e la Telelmatica Via Napoli 4, 64019 Tortoreto Lido (TE)
086177101 vconsorti@arit.it, luciano.matani@arit.it

Riassunto

Le tecnologie multimediali mettono a disposizione numerosi strumenti di trasmissione di informazioni, dalle potenzialità molto maggiori di quelli tradizionali. In questo contesto, sebbene la possibilità di strutturare in modo ipertestuale dei contenuti non rappresenti di per sé una novità, recente risulta invece la semplificazione dei processi con i quali è possibile creare ipermedia, considerando l'uso di più canali comunicativi (testo, immagini, filmati, suoni, animazioni). Tali strumenti possono risultare realmente molto efficaci in alcuni ambiti, tra i quali senza dubbio la divulgazione di conoscenze geografiche abbinate alla relativa contestualizzazione culturale.

Abstract

Multimedia technologies offer several instruments in order to transmit information much more capable than the traditional ones. In this context although the chance to pattern the content in hyperlink does not represent any changes, making easier the process by which one can create hypermedia is more innovative, even considering the existence of different means of communication (text, image, film, sound, animation). In some circumstances these instruments can be really very useful, for instance spreading geographical knowing and its cultural location.

1. Introduzione

L'informatica e la digitalizzazione dell'informazione hanno completamente rivoluzionato il settore dell'editoria, principalmente per quanto concerne sia il lavoro degli autori dei contenuti dell'informazione, e sia i processi di produzione editoriale e dei supporti. I soggetti preposti alla creazione dei contenuti di informazione culturale devono interagire con l'operatore geografico per la scelta e la definizione sia delle informazioni da pubblicare ma anche per identificare il mezzo più adatto con cui veicolare le informazioni e i relativi sistemi di conoscenza. In tal senso l'istanza della produzione e presentazione dei contenuti è un'occasione di definire modelli di fruizione che permettano di concretizzare persino un'esperienza virtuale per favorire forme di apprendimento del territorio che siano pienamente integrate nel contesto ambientale culturale di riferimento. Il contatto con il territorio sviluppa quindi la consapevolezza e la collaborazione nella costruzione della conoscenza attraverso le istanze umane che si integrano con le dinamiche di tutti attori coinvolti. Questa scelta è dovuta principalmente alla considerazione che le basi di dati geografiche permettono di riferire i luoghi indicati dalle mappe con carte, immagini e informazioni consentendo così di stabilire riferimenti interni fra la parte delle mappe e quella delle note. Le basi di dati geografiche e la rete internet forniscono nuovi strumenti per la presentazione, la valorizzazione e lo studio dei beni culturali. Nei GIS a una singola immagine corrispondono più strati sovrapposti di

informazioni ed i link possono creare collegamenti con documenti e annotazioni con un punto o un elemento degli altri strati sovrapposti. Infatti negli ipermedia, parti di immagini possono essere collegate a documenti tramite la creazione mappe sensibili. Quindi le varie rappresentazioni si possono concretizzare diverse aree e spazi per la produzione dei contenuti: luoghi dove l'utente utilizza la rete per comunicare, effettuare transazioni, effettuare simulazioni, ecc.. In quest'ottica, anche la tecnologia è colta come un'area aperta che si ristruttura continuamente e che dialoga con altri campi. La complessità e le irregolarità dell'organizzazione dei domini di dei beni culturali, in questo scenario, devono essere risolti per ponderare l'efficacia delle applicazioni in quanto l'approccio alla comunicazione multimediale mette in crisi i tradizionali percorsi di conoscenza e di partecipazione. Si deve quindi raccogliere la sfida di impostare nuovi modelli per interpretare le dinamiche dei fenomeni territoriali e di renderli in ogni caso compatibili con le dinamiche storico-culturali secondo gli strumenti attualmente a disposizioni dalle moderne tecnologie.

2. Lo scenario dei beni culturali e lo sviluppo delle applicazioni multimediale

Le finalità delle principali applicazioni sviluppate nel settore dei beni culturali insistono nei seguenti campi (Paolini P. 2005) :

- applicazioni per la diagnosi: sviluppate per il supporto alla programmazione degli interventi dei beni culturali;
- applicazioni per il restauro: applicazioni a supporto degli interventi di restauro di beni culturali;
- applicazioni per gli interventi di tutela: applicazioni per la gestione della salvaguardia e tutela del patrimonio;
- applicazioni per gli interventi di valorizzazione : applicazioni sviluppate per la comunicazione e divulgazione sia per scopi culturali che promozionali;
- applicazioni per la gestione degli interventi: applicazioni sviluppate per consentire una migliore gestione del patrimonio culturale;
- applicazioni per la fruizione dei contenuti: applicazioni sviluppate per il supporto per accrescere e stimolare le conoscenze del patrimonio culturale.
- applicazioni per lo studio e ricerca: applicazioni orientate alla divulgazione e all'approfondimento sulle tematiche inerenti i beni culturali.

Gli strumenti di comunicazione e divulgazione inerenti i beni culturali rappresentano una delle sfide più importanti nell'attuale scenario offerto dalle nuove tecnologie. Se si accetta il paradigma che la cultura consente di rappresentare la storia di un territorio a partire da un bene culturale, allora il processo di comunicazione e diffusione dei valori dei beni culturali diventano quasi sinonimi. La cultura non è legata alle caratteristiche fisiche degli oggetti, ma alla loro capacità di suscitare emozioni, istituire nessi, risvegliare curiosità. Per rendere importante un bene culturale agli occhi di un pubblico è importante comunicarne gli aspetti salienti e quindi diffondere cultura. Comunicare in maniera efficace è dunque il modo per valorizzare i beni culturali agli occhi del pubblico, e questo vuol dire valorizzarli anche dal punto di vista dell'organizzazione delle presentazioni e sia della contestualizzazione. Esaminando le possibilità di comunicazione, offerte dalle nuove tecnologie:

- siti web: attualmente sono il maggior veicolo per la diffusione di applicazioni multimediali nell'ambito dei beni culturali. I vantaggi sono rappresentati soprattutto dalla immediata accessibilità dei contenuti da tutto il mondo e hanno bassi costi di distribuzione;
- applicazioni per palmari e apparecchi mobili: si tratta di applicazioni di strumenti web-oriented, e ripresentano strumenti classici come le audio-guide e le brochure. Tali strumenti consentono approfondimenti e ricerche guidando gli utenti nelle visite;

- ricostruzioni virtuali;
- giochi interattivi: sono applicazioni d'intrattenimento con soggetto culturale;
- applicazioni multimediali interattive: applicazioni disponibili su DVD-ROM, che rendono accessibile il patrimonio culturale.
- applicazioni educative: sono applicazioni interattive basate su dei racconti con soggetto culturale.

Anche in campo geografico si sono diffuse tali nuove applicazioni, soprattutto finalizzate all'apprendimento dei GIS, dato che la loro base informatica rendeva più facile una loro presentazione tramite le nuove tecniche ipertestuali. In generale, le maggiori motivazioni che possono spingere alla realizzazione di ipermedia risiedono nella caratteristica essenziale stessa di questi strumenti di non essere strutturati in modo lineare, ma di permettere collegamenti trasversali tra concetti e argomenti, di riprodurre le mappe concettuali, ovvero il modo in cui i concetti stessi possono essere organizzati. Dato che un ipermedia risulta composto da più blocchi di informazione, privi di una rigida gerarchia e disposti secondo una struttura a rete, la sua elaborazione comporta uno sforzo per organizzare l'informazione in moduli dotati di una loro autonomia e che nello stesso tempo possano collegarsi ad altri. La stessa fruizione tramite personal computer spinge a costringere l'informazione entro lo spazio del video o articolata in una sequenza di schermate, ciò comporta la presentazione dei dati in forma sintetica ed essenziale, privilegiando i concetti fondamentali e lasciando gli approfondimenti ad altri moduli collegati che, costruiti con la stessa logica, costituiscano un'alternativa al sistema complesso di periodi formulati in maniera gerarchica.

3. Metodi e sviluppo per le applicazioni basate sui gis in ambito beni culturali

Il materiale di base, per costruire discorsi intorno ai Beni Culturali, è costituito da una varietà di oggetti digitali. A partire da tali oggetti, spesso creati con motivazioni iniziali che prevedevano utilizzazioni differenti, si possono costruire rappresentazioni e forme di fruizione ben più complesse alternative a quelle tradizionali. La nuova tecnologia ha diffuso macchine in grado di rappresentare i beni culturali. Il calcolatore e i programmi di disegno vettoriali e raster, capaci di generare e gestire in maniera disinvolta modelli bi e tridimensionali, fanno parte degli strumenti di lavoro usuali. La ricerca informatica è andata avanti e come al disegno analogico si è sostituito, quasi completamente, quello digitale, agli strumenti tradizionali si sono affiancati altri tecnologicamente avanzati (D'Andrea A. 2006). Tale cambiamento ha condizionato il rilevo tecnico inteso come modello ed ha portato il rilevamento a sviluppare nuove metodologie, sia d'acquisizione sia di gestione dei dati, che arricchiscono quelle tradizionali. L'architettura informativa di un prodotto multimediale interattivo in questo caso è funzionale ad alcuni obiettivi specifici:

- prevedere come il prodotto possa evolvere e crescere nel corso del tempo;
- chiarire la mission del prodotto;
- determinare quali contenuti e funzioni deve avere il prodotto;
- specificare come gli utenti saranno in grado di raggiungere le informazioni all'interno del prodotto, definendone l'organizzazione, la navigazione, il naming e il sistema di ricerca.

L'uso dell'ipertesto e la potenzialità multimediale consentono di costruire un processo comunicativo aperto a più percorsi mediante la logica del collegamento a scelta dall'utente. Si deve però dedicare un'attenzione speciale a garantire che la comunicazione si mantenga coerente, cioè che i percorsi siano vari sia in orizzontale sia in verticale. Talvolta alcuni messaggi hanno necessità di percorsi specialistici per essere trasmessi, per cui sono da rendere chiaramente distinguibili dal flusso informativo di base.

Inoltre questo strumento consente la scelta libera da parte dell'utente del proprio itinerario di apprendimento e il livello informativo (tecnico, culturale, etc,…) prescelto, secondo i modi più consono al livello di approfondimento di ciascun utente. In questo modo è possibile acquisire oltre che la padronanza di contenuti, anche la consapevolezza del proprio processo di costruzione della conoscenza affinché anche il percorso possa diventare significativo per l'utente.

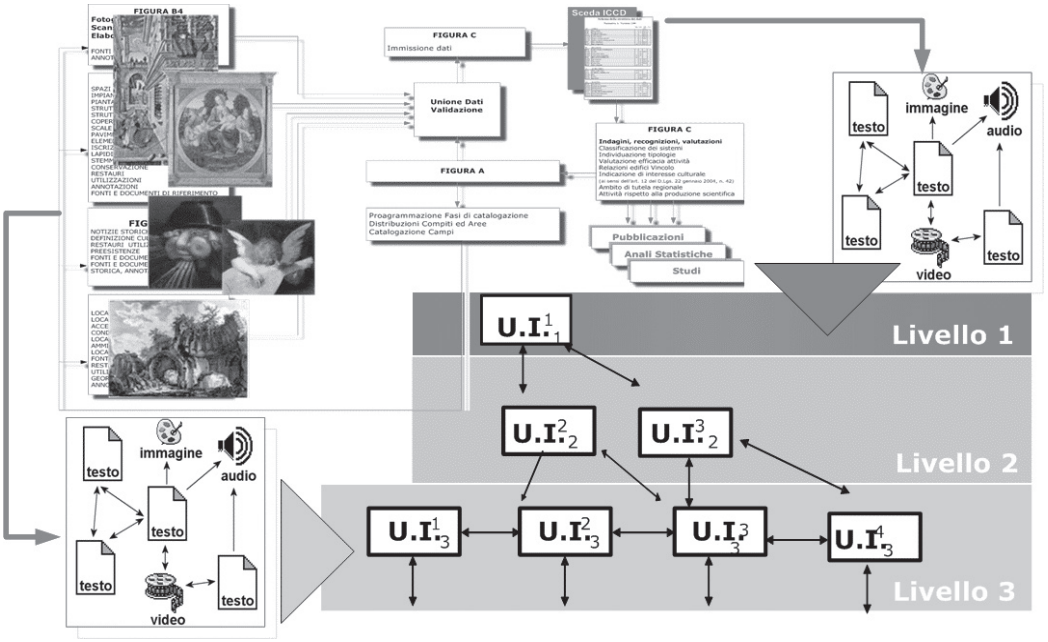


Figura 1 – struttura dell'informazione per i beni territoriali.

Altro problema dell'integrazione dei vari sistemi di comunicazione multimediale è la elevata capacità delle applicazioni attuali di costruire ambienti virtuali versi il cosiddetto 3D. La maggioranza dei sistemi GIS, invece, consentono una gestione delle informazioni soprattutto di tipo bidimensionale e solo parzialmente tridimensionale. Questa situazione è derivata dal fatto che vi sono delle difficoltà oggettive nella realizzazione di un sistema altamente interattivo (in termini di impostazione dei parametri dei modelli e non della sola visualizzazione).
La realizzazione di un ideale sistema GIS per i beni culturali sviluppato troverebbe immediata applicazione in vari campi delle applicazione culturali, dai siti web ai sistemi di gestione e pianificazione. Le funzionalità che questo sistema dovrebbe poter assolvere relativamente al trattamento dei dati per essere riconducibili ad un strutturazione ipertestuale deve prevedere delle fasi:

- acquisizione dei dati;
- selezione e analisi;
- strutturazione, manipolazione;
- presentazione e navigazione;

Altro motivo che fa degli ipertesti uno strumento utile per la fruizione della geografia intesa in senso lato è la caratteristica di quest'ultima di essere una disciplina che si lega perfettamente ad altre; infatti l'informazione geografica, grazie al supporto delle nuove tecnologie, non può oggi essere semplicemente di tipo strettamente settoriale, ma , aprendo la strada a una molteplicità di altre informazioni, certamente si mostra come interdisciplinare.

4. I modelli geografici e gli scenari di riferimento

Gestire le informazioni su beni culturali ed ambientali con un sistema informativo geografico significa molto di più che registrare alcune coordinate: la georeferenziazione può collocare questi beni nel loro contesto non solo strettamente territoriale, ma anche storico-culturale, e attraverso il riferimento spaziale integrare le informazioni relative all'oggetto con altre informazioni. Sappiamo che gli stessi beni culturali sono prodotti del territorio in senso lato e riflettono anche la storia e la cultura che a quel territorio si legano, quindi si rende necessario far uscire dal vuoto in cui una catalogazione intesa come mera elencazione di oggetti può confinare questi beni per collocarli nello spazio e nella storia, come espressione del passato e del presente, delle persone, delle attività,etc... Questa rappresentazione permette a quei fenomeni spaziali non descrivibili da limiti precisi di essere riprodotti in modo soddisfacente. Perciò, elementi contraddistinti da un'elevata ambiguità riguardante ad esempio il limite di classe (l'estensione di un'influenza culturale; l'evoluzione di un insediamento,..) possono essere rappresentati in maniera adeguata e integrati con informazioni precise dal punto di vista spaziale tramite la ricostruzione degli scenari di riferimento (D'Andrea A. 2006). Per quanto riguarda la raccolta di dati da utilizzare in un GIS, oltre ad ottenere informazioni da immagini satellitari o da foto aeree, è anche possibile collezionare dati direttamente dalla realtà, sul campo, convertendoli successivamente in formato vettoriale o raster.

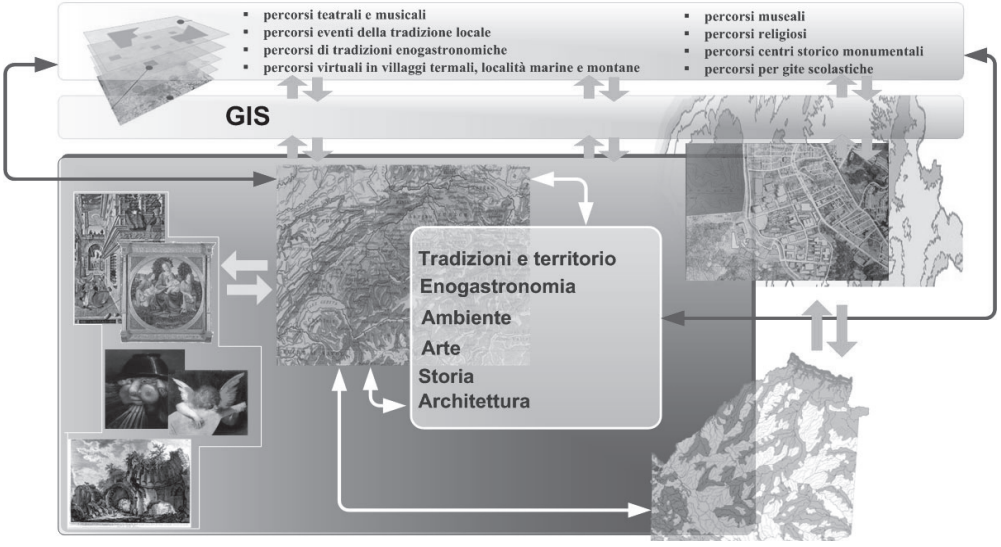


Figura 2 – Modello di integrazione tramite GIS tra beni territoriali e risorse multimediali

Oggi operiamo su varie tecniche ed applicativi, tra i quali: il processamento tramite calcolatore di qualsivoglia immagine e di foto, la gestione GIS di territori, l'inventariazione multimediale della risorsa culturale, in particolare la scelta si basa sulla sperimentazione di diverse tipologie di basi GIS da trasformare in soluzioni ipermediali, in un dialogo diretto ed interagente. La stessa applicazione deve fornire l'accesso alle diverse tipologie di servizi;

- *mappa interattiva*: accesso ai servizi per individuare specifici oggetti sul territorio, utilizza come sfondo la Carta Tecnica Regionale.
- *mappa interattiva con ortofoto*: utilizzare come sfondo, a qualsiasi scala, le ortofoto digitali acquisite.
- *metadati*: consente di visualizzare e veicolari le interazioni ad altre risorse relativo al dato cartografico di interesse;

5. Conclusioni

La documentazione dei beni culturali rappresenta un elemento cruciale nel processo di conoscenza e interpretazione dei dati. La registrazione di tutti gli aspetti relativi alla costruzione e gestione di una collezione di documenti digitali contraddistingue le risorse che non hanno un valore oltre il contesto per il quale sono state originariamente create da quelle, invece, che possono essere adoperate in modo estensivo e continuativo dalla comunità accademica. Su un piano generale, la descrizione di una fonte digitale dovrebbe essere accompagnata dalla indicazione delle motivazioni e delle circostanze della sua creazione, mentre a livello minimo ogni oggetto digitale dovrebbe essere collegato ai dettagli della sua provenienza, del suo contenuto, della sua struttura e dei termini e condizioni applicabili al suo uso; anche senza una approfondita competenza informatica, chiunque può trovare un oggetto digitale disponibile on-line e successivamente adoperarlo correttamente ed efficacemente.

Bibliografia

Alibrandi T. (2001), Ferri P., *I Beni Culturali e Ambientali*, Giuffrè Editore, Milano,

Aspinall, R. J. (1991), *"GIS and Landscape Conservation"*, in Maguire, D. J., Goodchild, M. F.

Bagdadli S. (2001) *Le reti di musei. L'organizzazione a rete per i beni culturali in Italia e all'estero*, Egea, Milano.

Biggiero L., Sammarra A. (2002), *Apprendimento, identità e marketing del territorio*, Carocci, Roma.

Cicerchia A. (2002) *Il bellissimo vecchio. Argomenti per una geografia del patrimonio culturale,* Franco Angeli Editori, Milano.

Consorti V. (2003), "*Architetture Hardware, Software e di Rete per servizi ed applicazioni Gis oriented",* MondoGis N.34 – MondoGis editore

D'Andrea A.(2006), *Documentazione Archeologica, Standard e Trattamento Informatico,* Archaeolingua.

DeMers M. (2002), "*Fundamentals of Geographic Information Systems*", John Wiley & Sons

Filippi F. (2004), *Manuale per la qualità dei siti Web pubblici culturali*, edizione italiana Ministero dei Beni e delle Attività Culturale, Progetto Minerva,

Grossi R.(2004), *Politiche, strategie e strumenti per la cultura. Secondo Rapporto annuale Federculture 2004*, Allemandi & C., Torino.

Grossi R., Meneguzzo M.(2002), *La valorizzazione del patrimonio culturale per lo sviluppo locale,* Federculture-Touring club italiano, Roma.

Marinelli A. (2006), *La La qualit qualità dei dei servizi servizi on line on line della della PA,* Roma

Ministero per i Beni e le Attività Culturali. Segretariato Generale (2003), *Linee guida per la gestione innovativa dei Beni culturali. Indagine sui modelli di gestione*, I Rapporto, Roma, Ottobre

Mele G. (2008), *Rilievo integrato e analisi come strumenti per la conoscenza dei beni culturali architettonici*, convegno GIS e Beni Culturali, Firenze.

Paolini P. (2005) *ICT per i beni culturali esempi di applicazione,*Mondo Digitale n.3 settembre 2005.

Raieli R. (2005) *Prospettive del Visual Retrieval nelle banche dati di immagini d'arte*, Quaderni del CNBA, Venezia.

METODI E STRUMENTI PER LA CONOSCENZA DEI BENI CULTURALI ARCHITETTONICI

Vincenzo CONSORTI, Daniela MUSA, Luciano MATANI

(*) Arit, Agenzia Regionale per l'Informatica e la Telelmatica Via Napoli 4, 64019 Tortoreto Lido (TE)
086177101, vconsorti@arit.it, danymusa@gmail.com, luciano.matani@arit.it

Riassunto
La ricchezza posseduta dal nostro paese nel campo dei beni culturali è notevole. Molte città contengono un patrimonio d'interesse architettonico, artistico, archeologico. Esiste una moltitudine di beni culturali che meritano di essere conosciuti, valorizzati e conservati al meglio, partendo dalla loro documentazione accurata per terminare, ove necessario, con gli interventi di conservazione e restauro. Requisito fondamentale per la valorizzazione di questo patrimonio è la sua conoscenza. Uno degli strumenti fondamentale come conoscenza e restituzione dei beni è il rilievo che permette con i suoi strumenti di documentare la realtà. Il presente lavoro nasce dall'intento di dar vita ad una aspetto della cartografia: attraverso i nuovi metodi informatici si vuol dare al rilievo dei manufatti architettonici una maggiore fruibilità e leggibilità. Perfettamente in accordo con i principi che fanno della carta storica un bene da conservare in quanto patrimonio culturale attraverso le quali poter accedere ad informazioni territoriali preziose. Partendo dal presupposto che questi documenti iconografici e cartografici risultano essere utili a studi particolareggiati come le nuove leggi sul paesaggio impongono. Oltre a quanto già indicato con questo progetto si intende fornire gli strumenti fondamentali per la pianificazione e gestione nei seguenti settori ed ambiti di applicazione:

- contestualizzazzione dei beni culturali ed ambientali nell'ambito territoriale;
- recupero e valorizzazione dell'architettura e degli insediamenti tradizionale storici;
- classificazione tipologie architettoniche tipiche locali.
- conservazione e valorizzazione in rapporto a fenomeni di abbandono e trasformazione;

Abstract
Italian richness about cultural heritage is remarkable. A lot of cities have got architectural, artistic and archaeological interest about cultural heritage. There is a large amount of this particular heritage which deserve being promoted, increased in its value and better preserved. Its starting point could be a careful cataloguing ending, when necessary, with its preservation and its restoration. Promoting cultural heritage is an essential element in order to increase its value. Survey is a basic instrument to know and give back the architectural piece of cultural heritage, because it let you catalogue the reality. The aim of the project is to integrate basic geographical data thanks to the modern information methods. We want to give the survey higher usage. All this confirm the fact that the historical map is a piece of cultural heritage to preserve because it is the means leading to precious area information. This maps are useful in order to particular surveys such as new laws about the landscape. Moreover the project purpose is to give essential instruments to plan and manage the following application fields:

- Locating cultural heritage in its own context in the territory
- Recovering and increasing architecture, traditional and historical settlement value
- Cataloguing different type of local architecture
- Preservation and increasing landscape value compared with changing and abandon situations;

1. Introduzione

Il campo dei Beni Culturali sta suscitando un interesse generale tale da spingere a porre l'accento sulla documentazione metrica digitale accurata di siti archeologici, centri storici cittadini, complessi edificati d'importanza storica ed architettonica, al fine di realizzare sistemi che sempre più facilmente possano essere scambiati e diffusi tramite le nuove tecnologie. Requisito essenziale per la valorizzazione di questo patrimonio è il recupero non solo della storia artistica, ma anche della localizzazione, forma e geometria. Su questi aspetti le tecniche di rilievo e classificazione delle informazioni sui beni culturali, fondamentale per la documentazione della realtà, viene ora codificato e gestito secondo standard informatici ed applicato anche al patrimonio architettonico. Infatti le scienze del rilievo hanno conosciuto in questi anni un profondo rinnovamento, tale da offrire nuove prospettive di apprendimento e divulgazione; attraverso una rilevazione adeguata si stanno diffondendo studi sulle architetture storiche che, affiancati dal confronto con altre forme di sapere, rendono l'oggetto rilevato "il principale documento di se stesso" (Mele G. 2008).
Inoltre tramite le nuove tecnologie si assiste all'integrazione con sistemi spaziali che consentono nuovi modelli di fruizione dei beni architettonici, che favoriscono la condivisione di conoscenze in una perfetta contestualizzazione con il territorio circostante.
La catalogazione quindi, in un'ottica di tutela e valorizzazione dei beni stessi non è solo inventariazione, cioè individuazione e conoscenza dell'oggetto, bensì è strumento assai più complesso che deve dar conto della consistenza in termini identificativi, quantitativi e qualitativi del patrimonio culturale da tutelare, secondo moduli sempre aperti in quanto suscettibili di richiedere approfondimenti successivi rispetto al panorama delle tecnologie che si sviluppano nel settore.
In tale ambito la Regione Abruzzo ha mosso i primi passi verso la strutturazione di un sistema di dati tecnici, storico artistici e antropologici, che integri la conoscenza del territorio in chiave turistico- culturale, con la possibilità di più attenti interventi di salvaguardia e valorizzazione da parte degli enti locali.

2. Metodi e classificazione per la strutturazione dei dati sulle architetture

La fase iniziale dell'implementazione di un sistema generale esteso al territorio è dedicata alla ricognizione "a campione" degli strumenti prodotti a livello regionale, dai diversi enti territoriali (Regione, Province, Amministrazioni comunali, Comunità montane, ecc.) secondo metodologie orientate alla valorizzazione del patrimonio ambientale ed architettonico dell'intera regione. Le linee di valutazioni che andranno ad aggiungersi, quindi, ai campi di raccolta dati della catalogazione saranno in questa maniera basate sullo stato dell'arte della conoscenza sulle tecnologie costruttive dei beni da tutelare tramite la sistematizzazione delle azioni degli Enti e delle conoscenze della lettura dei processi, nonché sugli interventi per la conservazione riferiti alle strategie o alle sperimentazioni.
Pertanto per accrescere le conoscenze del territorio si rende necessario operare attraverso una catalogazione del patrimonio architettonico secondo i tracciati più diffusi e previsti dalle normative in materia, individuando i dati per la costituzione di un archivio tipologico, nonché le peculiarità tipologiche deperibili attraverso la documentazione e classificazione; infine inventariare le principali tecniche costruttive al fine della creazione di uno schedario delle tecniche e degli interventi sul patrimonio utile per ricostruire le origini e i contesti culturali di riferimento.
Tali informazioni dovranno essere tradotte in schedatura omogenea ed informatizzata all'interno di un database; come riferimento iniziale verrà utilizzare una scheda comprensiva di campi tipo "alfanumerici" e di campi "immagine" per la rappresentazione di piante ed eventuali ricostruzioni.
Un altro degli aspetti da tener in considerazione in progetti di questo tipo è l'attenzione al recupero e alla valorizzazione dell'architettura e degli insediamenti tradizionale storici; alla individuazione delle tipologie architettoniche tipiche locali e loro distribuzione sul territorio; alla conservazione e la valorizzazione del paesaggio in rapporto a fenomeni di abbandono e trasformazione nonché al rischio ambientale. Infatti in Abruzzo l'abbandono di molti borghi e di piccoli centri urbani, se da un lato è stato un fenomeno che ha indotto riflessi assai negativi nel tessuto storico e

socioeconomico della Regione, ha d'altro canto contribuito a preservarne l'integrità del Patrimonio monumentale e la sopravvivenza di specifiche tipologie, offrendoci l'opportunità di recuperare e valorizzazione il vasto patrimonio immobiliare ubicato nel territorio regionale, con una particolare attenzione per le aree interne, ancora in ritardo di sviluppo, in cui la valorizzazione di un patrimonio immobiliare dovrà necessariamente accompagnarsi con concrete iniziative di rilancio economico e di promozione del territorio. Inoltre nel territorio sono presenti particolari tipi di insediamento tipiche che spesso per le loro caratteristiche costruttive, legati ai materiali spesso deperibili, di rischiano di scomparire. Si rileva però all'interno del territorio regionale un patrimonio insediativo dotato di una grande varietà di tipologie di piante, dimensioni, caratterizzazione geografica, tecniche degli elevati che evidenziano diverse tipologie costruttive, un esempio è rappresentato dalle architetture deperibili in Abruzzo, quali:

- case realizzate riutilizzando come basamento strutture antiche ed alzato probabilmente in legno;
- case realizzate interamente in terra;
- case realizzate in terra con telaio ligneo di supporto.
- case realizzate con basamento in muro a secco ed alzato in terra;
- case realizzate con muri in pietre legate solo da terra o argilla.

Il sistema dei livelli di priorità dell'organizzazione dell'indagine previsto dal progetto, consentirà di individuare una tipologia in maniera sufficientemente agile. E' chiaro che, nel caso si rendesse necessario uno snellimento della tipologia, è sufficiente limitarla ai soli livelli di priorità generali, ovvero il gruppo e il tipo.

Attraverso l'analisi dei materiali e delle tecniche costruttive di un manufatto edile è possibile ottenere delle informazioni sul bene che, unitamente ad altre tipologie di fonti, (quali ad es..: i documenti scritti, l'iconografia, la cartografia) permettono di determinare la storia costruttiva di un edificio, individuando l'esito materiale di ogni singola azione costruttiva omogenea rispetto al complesso generale. Il tipo di unità più frequente sarà quella caratterizzata da un'unica volontà costruttiva, ovvero una realtà strutturale adibita ad una funzione specifica, realizzata in massima parte con il medesimo materiale o con gli stessi strumenti. La registrazione delle evidenze stratigrafiche operata sulle strutture prevede, come prima fase di lavoro, una completa restituzione di tipo fotografico dei paramenti e delle sezioni murarie (Mele G. 2008).

Tipologia architettonica	Edificio/manufatto
Architettura civile	casa fontana ospedale palazzo piscina sacrario scuola villa .....
Architettura fortificata	casaforte casaforte, casatorre castello castello, rocca edificio agricolo fortificato mura difensive residenza castellata torre .....
Architettura per la lavorazione dei prodotti agricoli per attività manifatturiere o industriali	caseificio mulino palazzo .....
Architettura rurale	carcere cascina .....

Tabella 1. Tipologie architettoniche generali

3. Sviluppo ed applicazioni dei modelli di fruizione in ambito beni architettonici

Il progetto si colloca all'interno di un quadro istituzionale che attribuisce alle Regioni, in cooperazione con lo Stato, le funzioni di censimento ed inventariazione dei beni culturali al fine di favorire la valorizzazione e diffusione delle conoscenze sul patrimonio.

Oltre a quanto già indicato con questo progetto si desidera fornire gli strumenti fondamentali per la pianificazione e gestione nei seguenti settori ed ambiti di applicazione (D'Andrea A. 2006):

- contestualizzazzione dei beni culturali ed ambientali nel contesto territoriale;
- recupero e valorizzazione dell'architettura e degli insediamenti tradizionali- storici;
- classificazione delle tipologie architettoniche peculiari locali.
- conservazione e valorizzazione del paesaggio in rapporto a fenomeni di abbandono e trasformazione.

La comunicazione multimediale può svolgere un ruolo molto importante per ottenere indicazioni in merito alle azioni di recupero e valorizzazione dei beni culturali e ambientali. Un aiuto può essere fornito proprio dall'informatica e dai sistemi di simulazione della realtà virtuale, con i quali, oltre alla veicolazione delle informazioni, si possono visualizzare modelli capaci di definire qualitativamente e quantitativamente il risultato di un intervento permettendo così di valutarne anticipatamente l'impatto.

Tra gli strumenti utili alla navigazione, sono da considerare i dati ottenuti dalla analisi dello stato di fatto dell'edificio, organizzati in differenti tipologie e formati di acquisizione e presentazione:

- I dati formali dell'edificio, ovvero il modello ricostruito sulla base di informazioni ottenute tramite il rilevamento dei dati della struttura.
- Ipotesi di geometria originale dell'edificio nel contesto storico, recuperati attraverso la analisi di immagini d'epoca, stampe, disegni di ipotesi dell'aspetto originale.
- I dati geometrici di particolari a scala maggiore.
- I dati relativi alle informazioni spaziali della Regione.

4 Modelli per la fruizione dei beni culturali e lo sviluppo delle applicazioni multimediale

Risulta evidente come un sistema così strutturato sia principalmente uno strumento di analisi delle informazioni, per mezzo del quale ottenere dati aggiuntivi che derivano dalle elaborazioni che esso stesso è in grado di compiere sui dati di input (calcolo di superfici interessate dallo stesso tipo di degrado, numero di elementi caratterizzati dallo stesso materiale costitutivo, quantificazione di oggetti architettonici, presenti su di un determinato settore urbano e riferiti alla stessa famiglia tipologica in ordine a parametri selezionabili, quali il periodo storico, la tipologia costruttiva, la presenza di determinate patologie, statistiche, ecc.). Contemporaneamente esso possiede anche la peculiarità di gestire la rappresentazione delle informazioni (sia di input sia di output), mediante la continua visualizzazione dei dati grafici e iconografici, opportunamente tematizzati sulla base dei dati descrittivi esplicitati nella stessa schermata sotto forma di tabelle di data base. Gli scenari di riferimento pongono quindi la possibilità al sistema generato di essere il volano agli interventi tecnici successivi di intervento sugli edifici a varie scale (dal singolo monumento alla scala urbana e territoriale) al fine ottenere un quadro di aggiornamento che sostanzialmente riguarda (Mele G. 2008):

- la specializzazione dei moduli del Sistema Informativo relativi a: indagine tipologica e storico cronologica, analisi delle patologie di degrado, definizione dei parametri per la valutazione dello stato di conservazione, dati relativi alla fase di progetto e di attuazione dell'intervento;
- specializzazione ed utilizzazione del requisito della topologia sul dato raster ;
- impostazione teorico metodologica per l'estensione del sistema nel 3D;
- integrazione di tecniche di acquisizione dati geometrici (fotogrammetria classica, speditiva e riprese multitelecamera) per l'ottenimento di informazioni utilizzabili con sistemi di ricostruzione 2D e 3D;
- regole per le decisioni finalizzate all'intervento;

- costruzione di basi dati multimediali per recuperare ed aggiornare informazioni di tipo eterogeneo (dati alfanumerici, dati geometrici, immagini) in funzione del quadro delle esigenze dei potenziali utenti.

Il campo del rilevamento dei Beni Culturali è forse quello che meglio evidenzia le possibilità offerte dall'integrazione delle moderne tecniche sia relativamente alle specificità legate alla scala dell'edificio e dal suo contesto territoriale. Le funzionalità che questo sistema dovrebbe poter assolvere sono relative all'acquisizione, alla selezione ed analisi dei dati, alla loro strutturazione e manipolazione e infine alla presentazione e navigazione. Nel caso dei beni architettonici il livello di indagine è così strutturato:

- scala del singolo edificio;
- scala del settore urbano;
- scala territoriale.

Sinteticamente, il complesso dei dati da trattare si riferisce a informazioni anagrafiche ed iconografiche, geometria, struttura, tecnica costruttiva e materiali, analisi storico-architettonica, degrado. Il quadro complessivo del settore urbano e del contesto territoriale dettato quindi dalla sommatoria dei vari moduli della scala del singolo edificio, integrata da altri relatvi al contesto ambientale di riferimento. In particolare, soffermandoci ad esempio sull'analisi di un edificio è possibile costituire un sistema informativo che permetta di (Mele G. 2008) :

- attivare temi;
- aprire tabelle attributi/dati, tante quanti sono i temi attivi e definiti;
- compiere interrogazioni interattive sia sulla rappresentazione grafica;
- compiere operazioni di query;
- richiamare l'immagine fotografica del particolare investigato ;

La caratterizzazione dei dati quindi può rendere tale sistema interattivo, nel senso che gli archivi dei dati non vengono informatizzati al solo scopo della consultazione, ma, mediante opportune forme di manipolazione, possono essere utilizzati con scopi interpretativi, valutativi e previsionali.

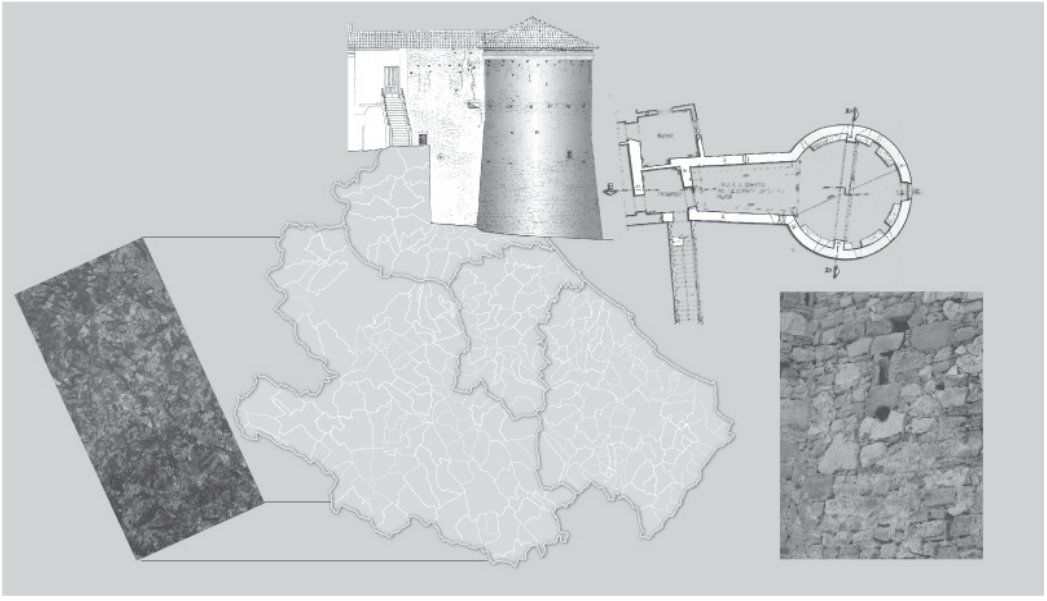


Figura 2– Schema di integrazione dati territoriali e dati sui beni architettonici.

5 Conclusioni

La ricchezza posseduta dal nostro paese nel campo dei beni culturali è notevole. Molte città contengono un patrimonio d'interesse architettonico, artistico, archeologico ancora sconosciuto. Esiste una moltitudine di beni culturali che meritano di essere valorizzati e resi fruibili, partendo dalla loro documentazione accurata per terminare, ove necessario, con gli interventi di conservazione e restauro. Alla base di ogni intervento di valorizzazione deve però esserci la conoscenza e la divulgazione delle informazioni. Il presente lavoro nasce dall'intento di dar vita ad una aspetto della cartografia: attraverso i nuovi metodi informatici si vuol dare al rilievo dei manufatti architettonici una maggiore fruibilità e leggibilità, in accordo con i principi che fanno della carta storica un bene culturale da conservare in quanto patrimonio culturale attraverso le quali poter accedere ad informazioni territoriali preziose. Questi documenti iconografici e cartografici risultano essere utili a studi particolareggiati come le nuove leggi sul paesaggio impongono. L'attività di ricognizione e rielaborazione viene svolta secondo un modello asincrono rispetto ai beni da catalogare, impiegando differenti figure specializzate, in base ai differenti settori individuati secondo i parametri ICCD. Tale progetto consentirà di aumentare il livello di approfondimento delle informazioni e creare uniformità delle descrizione e della formulazione dei dati, nonché contestualizzare il bene in un ambito territoriale più ampio.

Bibliografia

Alibrandi T, Ferri P. (1995), *I beni culturali e ambientali*, Giuffrè editore

AA.VV. (2002), *Bollettino di informazioni. Centro di Ricerche Informatiche per i Beni Culturali*, XII, n. 2, pp. 57-82

Cicerchia A. (2002) *Il bellissimo vecchio. Argomenti per una geografia del patrimonio culturale,*

Corti L. (2002), *I beni culturali e la loro catalogazione*, Milano, Bruno Mondadori editore.

D'Andrea A.(2006), *Documentazione Archeologica, Standard e Trattamento Informatico*, Archaeolingua.

Ferrari O. (2007), *Catalogo, Documentazione e Tutela dei Beni Culturali, Scritti scelti (1966-1992), a cura di Claudio Gamba,* Pavona di Albano Laziale (Roma).

Filippi F. (2004), *Manuale per la qualità dei siti Web pubblici culturali*, edizione italiana Ministero dei Beni e delle Attività Culturale, Progetto Minerva.

Gabrile A., Cuna A. (2006), *La catalogazione dei beni Culturali. Oggetti e opere d'arte*, Roma.

Mele G. (2008), *Rilievo integrato e analisi come strumenti per la conoscenza dei beni culturali architettonici,* in relazione convegno GIS e Beni Culturali, Firenze.

Negri Arnoldi F. (1988), *Il catalogo dei beni culturali e ambientali*, Carocci editore, Roma

Piva C., Sgarbozza I. (2005), *Il corpo dello stile. Cultura e lettura del restauro nelle esperienze contemporanee*, a cura di, De Luca Editori d'Arte, Roma.

Raieli R. (2005) *Prospettive del Visual Retrieval nelle banche dati di immagini d'arte,* Quaderni del CNBA, Venezia.

Salimbeni R. (2003), *SPIE international symposium on Optical Metrology for Arts and Multimedia*, Monaco.

Vasco Rocca S. (2002), *Beni culturali e catalogazione. Principi teorici e percorsi di analisi*, Gangemi editore, Roma.

SISTEMI PER LA DOCUMENTAZIONE E GESTIONE DEI BENI CULTURALI IN AMBITO WEB-GIS

Vincenzo CONSORTI, Francesca DI RENZO, Luciano MATANI

(*) Arit, Agenzia Regionale per l'Informatica e la Telelmatica Via Napoli 4, 64019 Tortoreto Lido (TE)
086177101, vconsorti@arit.it, francesca.direnzo@arit.it,luciano.matani@arit.it

Riassunto
Gestire le informazioni su beni culturali ed ambientali con un sistema informativo geografico comporta la gestione e comprensione di dati eterogenei e di varia natura informativa anche a diversa scala e comportano problematiche quali: la georeferenziazione, la contestualizzazione, il collegamento tra i vari oggetti di rappresentazione e dei vari sistemi esistenti. Il momento conoscitivo relativo al patrimonio culturale presenta difficoltà di vario genere connesse alla diversità delle scale di rilevamento, alla individuazione dei beni, alla loro catalogazione, e, non ultimo, alla stessa consistenza del patrimonio culturale. Un'esigenza fondamentale è dunque quello di individuare le forme e i modi per la restituzione di tutti questi valori e testimonianze attraverso la sovrapposizione dei dati desunti dai livelli d'analisi storico-topografici da un lato e geomorfologico dall'altro. Si tratta di un tentativo di proporre a livello programmatico una lettura integrata del territorio, vale a dire storica e fisiografica insieme per lo sviluppo di politiche di promozione culturale. Gestire le informazioni su beni culturali ed ambientali con un sistema informativo geografico significa molto di più che registrare alcune coordinate: la georeferenziazione può collocare questi beni nel loro contesto, e attraverso il riferimento spaziale integra le informazioni relative all'oggetto con altre informazioni. Il GIS è un buon strumento per la catalogazione del bene, perché introduce elementi utili per la sua lettura. Diventa uno strumento indispensabile se l'obiettivo è anche la conservazione/gestione del bene e la sua fruizione. A partire da questa situazione è possibile immaginare ciò che sarebbe auspicabile fare per raggiungere la giusta dimensione tra due linguaggi e metodologie scientifiche fino ad adesso ben distinte: la storia attraverso la descrizione del patrimonio culturale e la descrizione dell'informazione geografico-territoriale.

Abstract
Environment and cultural heritage information management by a geographical information system involves comprehension and different nature data management even at large and different scale. It involves different problems such as: geographical location, context reference, link among different objects and systems in usage. Knowing cultural heritage means facing several problems connected with the differences among the survey scale, cultural heritage identification, its cataloguing and its entity. Basic need is understanding how to give back all these cultural values overlapping data found out after historical and topographical and geomorphological analysis. It means suggesting an integrated, historical interpretation of the involved area in order to increase cultural promotion. Environment and cultural heritage information management by a geographical information system means much more than simply recording grid references: geographical location sets cultural and environmental heritage in its own context and through its location it integrates the object together with other information. If your purpose is cataloguing, GIS system is a good instrument because it brings useful reading elements. It becomes an essential instrument if your aim includes preservation/management and fruition. If this is the starting point it is easy to figure out the right dimension between two prologs and up to now very different scientific methods: the history through cultural heritage and geographical and territory description. locate

1. Introduzione

La valorizzazione del patrimonio culturale consta principalmente nella conservazione e nel recupero delle testimonianze e dei prodotti dell'arte, con la finalità di sollecitare una percezione storica che permette il progresso civile della società contemporanea (Alibrandi - Ferri, 1995). Il quadro istituzionale italiano attribuisce alle Regioni, in cooperazione con lo Stato, le funzioni di censimento ed inventariazione dei beni culturali al fine di favorire la valorizzazione e diffusione delle conoscenze sul patrimonio culturale. Quello della catalogazione è un sistema che è stato individuato per individuare la consistenza in termini identificativi, quantitativi e qualitativi del patrimonio culturale da tutelare, secondo moduli sempre aperti in quanto suscettibili di richiedere approfondimenti successivi. In Abruzzo, territorio ricco di testimonianze di civiltà e beni di inestimabile valore culturale, nell'ambito di una politica di tutela e di promozione culturale sente la necessità di salvaguardare il proprio patrimonio considerandolo come una risorsa essenziale della dinamica economica. L'importanza dell'attività di catalogazione permette di acquisire e trattare tutta una serie di informazioni ed elaborazioni derivata dall'attività di indagine e conoscenza dei beni e delle attività culturali. La catalogazione non è, quindi, attività di individuazione e di conoscenza del bene culturale, bensì è strumento assai più complesso che risponde a finalità di conoscenza sistematica dei beni al fine di reperire e coordinare materiali ed elaborazioni che settorialmente sono state elaborate grazie agli interventi (di studio, di analisi, interventi tecnici,..,) sui beni culturali stessi. In questo ambito nell'ambito della promozione dei Beni Culturali l'oramai sistematico utilizzo delle Digital Library e l'impiego dei metadati quali elementi centrali per la gestione ed il mantenimento dei dati che provengono da fonti diverse e che devono facilmente essere utilizzati da sistemi esterni. In questo ambito ci si pone il problema di riorganizzare l'architettura dell'informazione rispetto alla creazione e alla gestione delle classi di documenti per gestire efficacemente tutto il patrimonio informativo esistente sui beni culturali, soprattutto per sfruttare le grandi potenzialità nel campo del turismo culturale, virtuale e reale

2. La natura dei dati sui beni culturali

Il materiale sui beni culturali è costituito da una varietà di oggetti digitali. A partire da tali oggetti, spesso creati con motivazioni iniziali che prevedevano particolari utilizzazioni, sono costruite per forme di rappresentazioni e sistemi di fruizione più complesse alternative a quelle tradizionali. Quindi la natura di un soggetto culturale per essere restituita deve associare un insieme di media ad un determinato soggetto e contemporaneamente farlo appartenere ad un sottoinsieme degli oggetti reali. Nell'attività di un costruttore di rappresentazioni esiste un nucleo metodologico specifico che dipende dal particolare dominio di conoscenza. Lo scenario dei Beni Culturali presenta un vasto insieme di materiali che devono in ogni caso essere rappresentati. Dal punto di vista della gestione del dato l'architettura delle informazioni costituenti i modelli riferibili alla classificazione dei beni culturali è modulare e si articola in tre sottosistemi:

- Dato "alfanumerico" (documentazione catalografica);
- Dato "multimediale" (documentazione grafica, fotografica e audiovisivi);
- Dato "cartografico" (documentazione cartografica);

La natura di questa documentazione pone un problema fondamentale riguardo alle tematiche coinvolte nei processi di elaborazioni e digitalizzazione delle informazioni. Infatti nel momento in cui si confronta la documentazione su un bene culturale proveniente da diversi ambiti essa potrà presentare analoghi contenuti e quindi ridondanti. Questo aspetto pone l'attenzione alle proprietà formali della natura di questi dati che devono comunque essere codificati per assicurare l'interoperabilità e quindi la condivisione dei dati stessi. La documentazione deve essere necessariamente implementata tramite un sistema di controllo per ridurre il rischio di espressioni analoghe trattati con documentazioni differente e che siano in realtà utilizzate per rappresentare concetti differenti. Tali meccanismi consistono in vocabolari controllati o thesauri il cui compito è quello di essere strumenti di prima validazione esplicita dei dati. Il distacco principale tra i sistemi di archiviazione e recupero di documenti testuali e quelli di documenti visivi si focalizzerà dunque

nel sistema di analisi ed estrazione degli elementi indicatori del contenuto del documento e dei descrittori specifici delle sue caratteristiche. In questa maniera l'insieme dei Beni culturali si presenterà come aggregati di informazioni organizzati secondo dei livelli informativi .

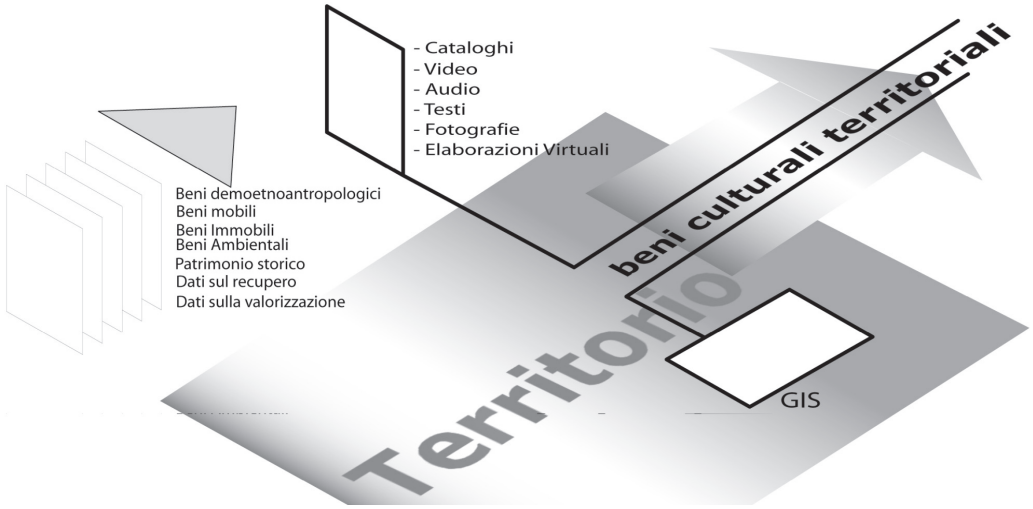


Figura 1 - Schema del modello informativo

La gestione dei singoli livelli informativi costituisce anche il primo approccio alla formulazione delle analisi ambientali e territoriali sia come strumento della rappresentazione sia come elaborazione. Una delle prime operazioni da seguire nella realizzazione del sistema informativo riguarda la preparazione dei singoli livelli informativi attraverso la creazione di un database cartografico. Una gestione corretta dei livelli di base richiede, infatti, l'esplicitazione delle informazioni che si vogliono raccogliere, la loro strutturazione e memorizzazione, l'individuazione dei successivi possibili utilizzi (D'Andrea A. 2006) . La costruzione del database di supporto al progetto è realizzabile grazie a un'analisi che, indipendentemente dal modello dati utilizzato dal GIS, affronti alcuni aspetti principali relativi ad analisi dei dati, organizzazione delle informazioni di base, individuazione dei principali tipi di elementi geografici, scelta dell'identificatore e memorizzazione dei dati. I metadati dei vari oggetti potranno essere specificati in questo senso anche come funzione di aggregazione dei dati geografici e multimediali dei Beni Culturali; essi saranno organizzati all'interno di tabelle di una base di dati si possono effettuare ricerche sfruttando le capacità del DBMS adottato. Un progetto GIS per i beni culturali ha esigenze particolari, sia per quanto riguarda la parte tecnologica che per la parte di contenuto. Il prodotto finale deve rispecchiare la visione e le aspettative degli specialisti dei diversi campi dei beni culturali che hanno collaborato, andare incontro alle esigenze degli utilizzatori finali, essere ben documentato per rendere esplicite e comprensibili le scelte che sono state fatte e garantire il più possibile la sicurezza, la conservazione e la portabilità dei dati raccolti e del sistema stesso. Questa operazione è fondamentale per (D'Andrea A. 2006):

- gerarchizzare le informazioni;
- permettere la strutturazione delle informazioni;
- facilitare lo sviluppo di diversi modelli di fruizione;

.

3. Gestione, elaborazione e analisi dei livelli informativi

In un sistema informativo incentrato sui beni culturali referenziato geograficamente la relazione è in generale di tipo molti a molti, in quanto un dato può ovviamente avere molti documenti correlati, ma anche un documento può interessare più dati. In questo caso la banca-dati geografica intesa come base del sistema ne costituisce il cuore e deve contenere tutti gli elementi descritti finora ( ):

- dati geografici contenenti al loro interno più livelli cartografici, sia raster che vettoriali, coverage, librerie;
- documentazione tecnica che descrive dettagliatamente ogni livello cartografico e ne garantisce un corretto utilizzo;
- documentazione divulgativa, anche di carattere multimediale, relativa ai diversi temi cartografici;
- il catalogo dati e documenti stessi.

Un approccio per l'implementazione di un GIS richiede di progettare una struttura dei dati secondo una logica complessiva, comune a tutti i dataset che verranno inglobati nel sistema. Acquisendo e codificando le informazioni in base alle esigenze del progetto, sia quando si interviene su dati già acquisiti, il sistema GIS deve prendere in considerazioni tutti le fasi del trattamento dei dati: la raccolta, il trattamento, l'integrazione, l'analisi e la presentazione.

Nell'odierna situazione culturale e tecnologica, quindi, appare limitativo continuare ad impostare la ricerca informativa nei termini di un generico Information Retrieval, ma è necessario invece considerare un più ampio criterio di Multimedia Information Retrieval, dove ogni genere di documento elettronico venga trattato, archiviato e ricercato tramite gli elementi di linguaggio, o di metalinguaggio, più adatti alla sua natura propria (D'Andrea A. 2006).

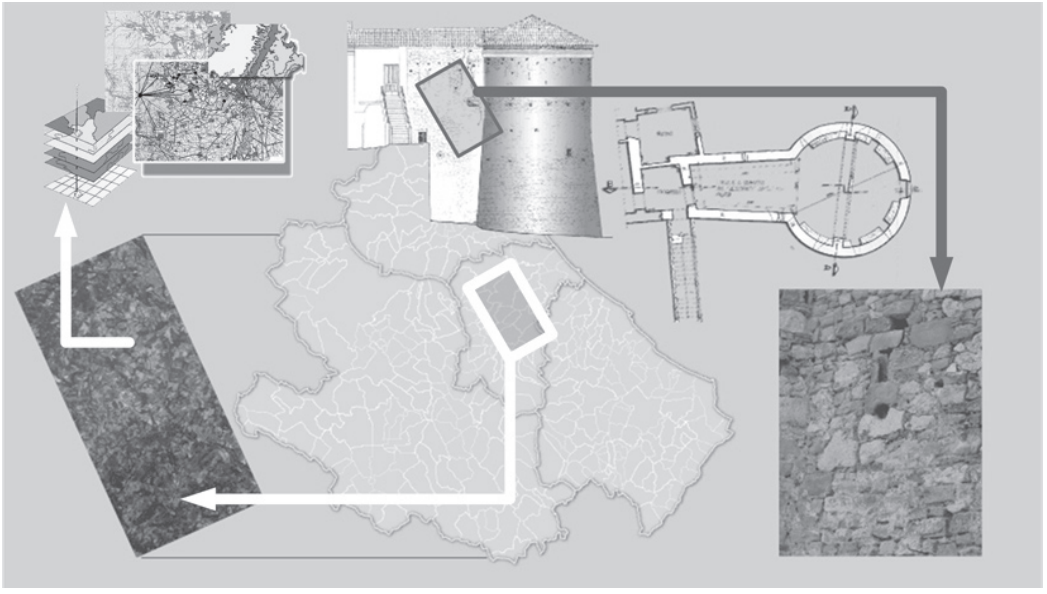


Figura 2 - Schema dei modelli di integrazione

A questo punto è possibile localizzare su una mappa e mettere in evidenza gli attrattori principali di un determinato territorio definiti in un quadro propositivo delle diverse opzioni praticabili dalla pianificazione (Cicerchia A. 2002):

- componenti fisiche, storiche e percettiva delle componenti territoriali
- varietà ambientale e relazionale tra ambiti diversi

- patrimonio naturale e culturale
- elaborazioni diagnostiche riportate alla scala unificata più opportuna delle evidenze territoriale evidenziate dalle carte tematiche.

Sulla base degli ambiti di pianificazione strategica, verranno dettati gli indirizzi potenziali di intervento correlati alle caratteristiche ambientali, agli usi funzionali e produttivi esistenti ed ipotizzabili. Il formato elettronico della pubblicazione si presta particolarmente alla presentazione di strumenti GIS quali mappe dinamiche e/o interattive, nonché a più semplici operazioni di zoom-in/zoom-out. La distribuzione dei beni individuati secondo una scala basata sulla quantità di elementi attrattivi per il turista presenti attorno ad esso. L'infrastruttura di comunicazione deve fornire un linguaggio di specifica "neutrale" e un sistema di "traduzione" che consenta ad un linguaggio specifico di interagire con le funzionalità espresse. Di conseguenza deve essere presente un sistema di pubblicazione che consenta l'identificazione univoca a livello applicativo dei servizi e il loro impiego delle interfacce derivate. L'ubicazione su basi cartografiche delle informazioni per il segmento GIS Web oriented (Consorti 2002) recepisce al meglio il profondo mutamento avvenuto negli ultimi anni nel settore dell'Information Technology.

4. Modelli formali per la rappresentazione dei Beni Culturali

Lo standard di documentazione e thesauri sono strumenti necessari per semplificare e rendere coerente e consistente il processo di codifica digitale dei dati e quindi la successiva accessibilità e fruizione delle informazioni memorizzate; la normalizzazione della terminologia consente di ridurre il rischio di creare confusioni lessicali e soprattutto ambiguità concettuali che finirebbero con il rendere inefficace qualsiasi ulteriore processo di estrazione e consultazione dei dati, mentre la scelta di standard per la registrazione delle informazioni rappresenta una garanzia per l'uso futuro dei dati. Su un piano generale, la descrizione di una fonte digitale (un database, un filmato, un GIS, un'analisi statistica, etc.) dovrebbe essere accompagnata dalla indicazione delle motivazioni e delle circostanze della sua creazione, mentre a livello minimo ogni oggetto digitale dovrebbe essere collegato ai dettagli della sua provenienza, del suo contenuto, della sua struttura e dei termini e condizioni applicabili al suo uso; anche senza una approfondita competenza informatica, chiunque può trovare un oggetto digitale disponibile on-line e successivamente adoperarlo correttamente ed efficacemente.

L'obiettivo di un sistema di metadati, applicato ad un documento, è di semplificare le operazioni di:

- Ricerca, consente di individuare l'esistenza di un documento;
- Localizzazione, consiste nel rintracciare una particolare occorrenza del documento;
- Selezione, obiettivo che si raggiunge analizzando, valutando e filtrando una serie di documenti;
- Interoperabilità semantica, permettere la ricerca di specifici documenti, anche appartenenti ad ambiti disciplinari differenti, in base ad una serie di equivalenze fra descrittori.

Per quanto riguarda gli aspetti geografici nel fornire un quadro degli obbiettivi che possano distinguere le componenti atte alla valorizzazione del territorio al fine della promozione turistica e nella definizione dei servizi dedicati ad esso si opera attraverso un percorso tecnologico e culturale che persegue un'integrazione di valori, ovvero realizzando una più stretta correlazione tra l'economia dell'uomo al carattere ambientale delle scelte economico-territoriali e urbanistico-localizzative. Alla base di questo approccio si basano sull'analisi ed il risalto di tre componenti fondamentali:

- Il territorio come substrato fisico e socioeconomico all'interno del quale trovano la loro collocazione i beni culturali e ambientali.
- L'individuazione di attrattori come luoghi ed eventi che possano caratterizzare il valore del territorio sotto il profilo della capacità attrattiva turistica.
- L'identità spaziale e percettiva e i caratteri unificanti del contesto disponibile e fornire risposte alla domanda di qualità.

5. Conclusioni

Assumono una nuova centralità tutte le forme di comunicazione dei dati e le loro elaborazioni attraverso le nuove tecnologie informatiche e telematiche, a cominciare dalle ricostruzioni grafiche e virtuali, che rappresentano in forma sintetica, ma estremamente efficace, lo strumento per far comprendere le potenzialità della risorsa costituita dai segni della storia (Salimbeni, 2003): pertanto produzione multimediale e costruzione è pertanto un passaggio qualificante e strategico del progetto. I risultati attesi risiedono nell'incentivazione dei flussi turistici diffusi sul territorio e nell'avvio di un sistema di valorizzazione del patrimonio storico e culturale fondato sulla gestione tecnologicamente avanzata e all'avanguardia, che possa garantire una alta qualità rispetto all'inserimento del territorio nella geografia delle offerte culturali della regione. La disponibilità sistematica ed organizzata di dati ed informazioni relative non solo specificatamente ai beni ma anche al loro impatto sul territorio, può anche orientare al meglio i processi decisionali della programmazione regionale e di massimizzare l'efficacia dell'azione culturale regionale in stretto coordinamento con le Province e gli Enti locali della regione. Per valorizzare il patrimonio culturale presente sul territorio, i dati e le immagini,contenuti nella banca dati saranno inizialmente utilizzati per la realizzazione di un portale incentrato sulla promozione delle risorse culturali che andrà posto in sinergia con le attività presenti sul territorio, quali Agenzie di Pomozione Turistica della regione, dei comuni. Le nuove scienze tecnologiche stanno notevolmente influenzando l'approccio al Bene Culturale; vengono infatti sempre più utilizzati applicativi e tecnologie che favoriscono o migliorano la gestione, la conservazione, il recupero e la fruizione dei beni culturali, resi maggiormente appetibili dall'uso sapiente di nuove tecnologie.

Bibliografia

Alibrandi T, Ferri P. (1995), *I beni culturali e ambientali*, Giuffrè editore

Aspinall, R. J. *(1991), "GIS and Landscape Conservation", in Maguire, D. J., Goodchild, M. F.*

AA.VV. (2002), *Bollettino di informazioni. Centro di Ricerche Informatiche per i Beni Culturali*, XII, n. 2, pp. 57-82

Cicerchia A. (2002) *Il bellissimo vecchio. Argomenti per una geografia del patrimonio culturale,*

Corti L. (2002), *I beni culturali e la loro catalogazione*, Milano, Bruno Mondadori editore.

D'Andrea A.(2006), *Documentazione Archeologica, Standard e Trattamento Informatico*, Archaeolingua.

Ferrari O. (2007), *Catalogo, Documentazione e Tutela dei Beni Culturali, Scritti scelti (1966-1992), a cura di Claudio Gamba,* Pavona di Albano Laziale (Roma).

Gabrile A., Cuna A. (2006), *La catalogazione dei beni Culturali. Oggetti e opere d'arte*, Roma.

Mele G. (2008), *Rilievo integrato e analisi come strumenti per la conoscenza dei beni culturali architettonici,* in relazione convegno GIS e Beni Culturali, Firenze.

Negri Arnoldi F. (1988), *Il catalogo dei beni culturali e ambientali*, Carocci editore, Roma

Piva C., Sgarbozza I. (2005), *Il corpo dello stile. Cultura e lettura del restauro nelle esperienze contemporanee*, a cura di, De Luca Editori d'Arte, Roma.

Raieli R. (2005) *Prospettive del Visual Retrieval nelle banche dati di immagini d'arte,* Quaderni del CNBA, Venezia.

Salimbeni R. (2003), *SPIE international symposium on Optical Metrology for Arts and Multimedia*, Monaco.

Savelli, A. (1998) *Sociologia del turismo*, Franco Angeli Editori, Milano.

Vasco Rocca S. (2002), *Beni culturali e catalogazione. Principi teorici e percorsi di analisi*, Gangemi editore, Roma.

PROGETTAZIONE E SPERIMENTAZIONE DI UN MODELLO DI ANALISI MULTI-HAZARD PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO LOCALE DEI BENI CULTURALI

Adriana CORCELLI (*), Maria IOANNILLI (**), Carlo CACACE (***)

(*) (**)Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento Ingegneria Civile, Via del Politecnico 1, 0672597296
(*) adriana.corcelli@gmail.com
(**) 0672597086, ioannill@ing.uniroma2.it
(***) Istituto Centrale per il Restauro, 0648896380

Abstract
La salvaguardia, la conservazione e la manutenzione del patrimonio culturale sono gli aspetti della tutela che hanno portato alla realizzazione del progetto "Carta del Rischio del Patrimonio Culturale Italiano". La determinazione di un puntuale possibile riscontro tra singola emergenza culturale e situazioni concrete di rischio, all'interno del più vasto progetto della "Carta del Rischio" si rivela indispensabile al fine di individuare quali parti del territorio mettere in sicurezza per tutelare l'integrità del patrimonio culturale esistente. A partire dalla necessità di giungere alla consapevole determinazione del **rischio locale** associato a ciascun bene, è stato sviluppato un Modello logico che tiene conto della variazione locale delle pericolosità presenti in un determinato territorio e dello stato di conservazione dei beni esaminati. Incrociando opportunamente i dati di pericolosità con i dati di vulnerabilità dei beni culturali, questi ultimi estratti dagli appositi moduli schedografici forniti dall'Istituto Centrale per il Restauro (ICR), è possibile calcolare, per ciascun bene ubicato in una determinata area del territorio, il valore del Rischio Globale associato al bene nel suo complesso. Tale rischio deriva dalla valutazione della potenziale co-presenza, all'interno di un dato ambito territoriale, di fonti indipendenti di pericolosità; la sua determinazione è stata modellata mediante un approccio di tipo *multi hazard* (o *"cross-cutting* risks").

Abstract
Preservation, conservation and maintenance of the cultural heritage at national level are the strategic aims of the project "Risk Map for the Italian Cultural Heritage", implemented by the **Istituto Centrale per il Restauro**. The project was carried out in support of the scientific and administrative activities of Institutes and State bodies responsible for protecting, safeguarding and preserving the cultural heritage. From the operative point of view, the project has the aim to outline the current risk condition of the cultural assets in the different national contexts, making in this way possible to identify the priority for prevention activities. At this moment, however, the project has surveyed the vulnerability condition for architectonical goods and, from the hazard point if view, only a general analysis was carried out. The next stage of the project is to assess the local risk condition for each on of the goods. The proposed work presents a logical and operative model suitable to estimate the actual risk condition for architectonical goods, developed by integrating the information concerning vulnerability of goods and the danger condition of the sites upon which they are located.

Introduzione
La "Carta del Rischio" è un sistema informativo territoriale realizzato dall'Istituto Centrale per il Restauro (ICR) (Accardo et al., 2003) al fine di fornire agli Istituti e agli Enti statali e locali preposti alla tutela, salvaguardia e conservazione del patrimonio culturale, uno strumento di supporto per

l'attività scientifica ed amministrativa. Se si assume il rischio di perdita del patrimonio culturale come criterio per l'individuazione delle priorità d'intervento, la conoscenza della sua distribuzione sul territorio e' utile e necessaria per lo sviluppo della politica di settore, con particolare riguardo alla programmazione degli interventi di tutela e conservazione ed alla pianificazione urbanistica.
Tra il 1992 ed il 1996, è stata avviata dall'ICR la realizzazione del Sistema Informativo Territoriale denominato "MARIS" (MAppa RISchio) che, sua attuale configurazione, permette di esplorare la consistenza, la tipologia e la distribuzione sul territorio del patrimonio culturale, almeno nelle sue emergenze.
Nel quantificare operativamente il rischio, numerose possono essere le interpretazioni ed i metodi di valutazione. L'approccio più ampiamente condiviso a livello internazionale fa riferimento al rapporto dell'Unesco riguardante i fenomeni franosi (Varnes, 1984), in cui il rischio è dato dal prodotto di due termini: pericolosità e vulnerabilità (R = VxP). Nel progetto MARIS (Accardo et al., 2005), questi due termini sono rappresentati da:
1 la Vulnerabilità Individuale (V), ossia una funzione che indica il livello di esposizione di un dato bene all'aggressione dei fattori territoriali ambientali;
2 la Pericolosità Territoriale (P), ossia una funzione che indica il livello di potenziale aggressività di una data area territoriale, indipendentemente dalla presenza o meno dei beni.
Il rischio dunque risulta essere espresso come una funzione generale delle componenti di vulnerabilità, relative ad ogni unità di bene presa in considerazione, e di pericolosità, relative ad ogni unità territoriale su cui il bene può esistere. Nel dimensionamento del SIT MARIS l'unità territoriale corrisponde all'intero Comune in cui sono collocati i beni. I domini per cui vengono valutati tanto la vulnerabilità (del singolo bene) che la pericolosità (di ciascuna unità territoriale di riferimento) sono:

Domini	Vulnerabilità		Pericolosità	
Ambientale/Aria	V1	aspetto della superficie	P1	fattori climatici, microclimatici e gli inquinanti dell'aria
Statico/Strutturale	V2	caratteristiche costruttive e statico-strutturali	P2	caratteristiche geomorfologiche del suolo e del sottosuolo
Antropico	V3	uso e sicurezza	P3	dinamiche demografiche e socioeconomiche

L'indagine sullo stato di conservazione dei beni culturali di interesse, informazione necessaria alla stima della Vulnerabilità nei diversi domini di interesse, viene effettuata attraverso l'utilizzo di una Schedatura Conservativa messa a punto dall'ICR. Il modello schedografico è articolato in due sezioni: la prima dedicata alle informazioni anagrafiche del Bene, la seconda dedicata ai dati sullo stato di conservazione; tale modello è stato specializzato per i Beni Architettonici e per i Beni Archeologici. Il Modello è in entrambi i casi articolato in due livelli di approfondimento (Accardo et al., 2005) .
Il Bene (Architettonico) è scomposto nei suoi Elementi costruttivi e decorativi (8 tipologie al I Livello di approfondimento) e ciascun Elemento è a sua volta articolato in Componenti (II Livello di approfondimento):
3 Collegamenti verticali
4 Coperture
5 Fondazioni
6 Infissi interni - esterni
7 Pavimenti interni - pavimentazioni esterne
8 Rivestimenti e decorazioni interni - esterni
9 Strutture in elevazione
10 Strutture di orizzontamento
Per gli Elementi e le Componenti vengono censiti i dati relativi allo stato di conservazione.
Sono inoltre rilevati i dati relativi agli Impianti di Sicurezza presenti (DL626) ed in particolare quelli relativi a: incendio, antifurto, smaltimento acque.

Al momento della schedatura conservativa del Bene viene rilevata, se esistente e per ciascuna componente del bene, la presenza di sei classi di danno (I Livello) articolate, a loro volta in sottoclassi (II Livello) secondo il seguente schema:
11 Danni strutturali
12 Disgregazione materiale
13 Umidità
14 Attacchi biologici
15 Alterazione degli strati superficiali
16 Parti mancanti
Per ogni classe di danno è inoltre censito il livello di danneggiamento attivo, mediante i seguenti tre diversi descrittori:
17 Gravità (0: assenza di danno; 1:danni lievi e medi; 2: danni gravi e gravissimi)
18 Urgenza (1: degrado non in progressione; 2: degrado in progressione; 3: esigenza di interventi immediati)
19 Diffusione (valore percentuale variabile da 0% a 100%)
Attraverso un procedimento della Overlay Mapping, è possibile mettere in evidenza il rapporto che intercorre tra fattori di pericolosità esistenti sul territorio e condizioni di vulnerabilità dei Beni, senza però poter giungere ad una precisa definizione e quantificazione dei fattori oggettivi di pericolosità agenti sui singoli Beni. Ciò è dovuto all'assunzione dell'ambito comunale come unità territoriale di riferimento (il che produce un effetto di generalizzazione dei valori delle "pericolosità" modellate) e alla disomogeneità delle fonti e dei sistemi di rilevamento dei diversi fattori di pericolosità. Tuttavia, pur nei suoi limiti evidenti per la mancanza di un puntuale possibile riscontro tra singola emergenza culturale e situazioni concrete di rischio (peraltro non ipotizzabile all'interno di un approccio al problema alla scala nazionale), il SIT MARIS rappresenta uno strumento indispensabile per la identificazione, per tutto il territorio nazionale, delle aree di maggior degrado potenziale e dei fattori prevalenti che possono esserne l'origine e il fattore scatenante.

Un Modello per il calcolo del Rischio Locale relativo ai Beni Architettonici
La formulazione di un Modello per la valutazione del rischio locale dei beni culturali nasce dalla concomitanza di due fattori: il primo concerne le riflessioni sullo stato attuale della Carta del Rischio che, come detto, non fornisce una effettiva valutazione del livello di rischio a cui è sottoposto un singolo Bene in relazione allo specifico ambito territoriale in cui esso è collocato; il secondo è invece relativo alla disponibilità di modellazioni analitiche dei fattori di pericolosità relative al territorio della Provincia di Roma realizzate dall'Università "Tor Vergata" all'interno di una attività di produzione di Piani di Protezione Civile Comunale. Oltre che per produrre dei risultati di merito, integrabili peraltro nei Piani in corso di redazione, il Modello è stato sviluppato anche per dare conto di come effettivamente i diversi contesti localizzativi condizionino l'effettivo stato di rischio a cui un bene è sottoposto, a partire dal suo stato di conservazione corrente.
Il rischio è determinato attraverso tale Modello utilizzando un approccio di tipo *multi hazard* (o *"cross-cutting risks"* o "rischi interdisciplinari") tenendo conto dell'interazione di potenziali eventi indipendenti.
Il Modello è stato sviluppato in riferimento al dominio "Statico - Strutturale" e per tale motivo prende in considerazione solo le informazioni relative allo stato di conservazione degli elementi costruttivi e decorativi dei Beni, mentre sono trascurate quelle inerenti gli impianti di sicurezza.
Per praticità di calcolo e senza correre il rischio di perdere informazioni, gli elementi costruttivi e decorativi sono stati riclassificati accorpando in un'unica classe elementi interni ed esterni dello stesso tipo, ottenendo in questo modo una suddivisione del bene secondo le otto classi di elementi prima elencati.
Il Modello è stato sviluppato in riferimento al II Livello di approfondimento del modulo schedografico ICR; in mancanza di dati analitici censiti a questo livello, però, se ne è anche derivata una formulazione applicabile al I livello di approfondimento.

Il Modello è stato sviluppato, nella sua parte metodologica generale, con il supporto indispensabile del dott. Carlo Cacace, responsabile della banca dati del sistema informativo territoriale della "Carta del Rischio" ed è stato implementato in ambiente ARCInfo 7.
Per illustrate il modello sviluppato è necessario preliminarmente fornire un glossario dei termini di seguito utilizzati.

20 **Classe di Danno (CL)**: tipologia di danno da cui è affetta ciascuna componete di un Bene

21 **Livello di Danneggiamento (LD)**: descrizione della dimensione del danneggiamento, effettuata per mezzo dei parametri di Gravità (GR), Urgenza (URG), Diffusione (DIF)

22 **Fattori di Pericolosità (FP)**: eventi potenzialmente calamitosi agenti sul territorio all'interno del quale il Bene è collocato. Nel caso corrente si sono presi in considerazione 6 fattori: neve, ghiaccio, esondazione, frana, incendio e sisma

23 **Valore di pericolosità (VP)**: valore di pericolosità associata a ciascun Fattore in una data localizzazione; è suddiviso in 3 classi: 1 pericolosità alta, 2 pericolosità media, 3 pericolosità bassa; coincide con l'**Indice di Pericolosità (IP)**

24 **Indice di Vulnerabilità Teorica (IVT)**: propensione al danneggiamento che una singola componente di un dato elemento del Bene, già affetta da una determinata Classe di Danno, mostra rispetto ad un dato tipo di Fattore di Pericolosità. L'IVT è calcolato a prescindere dal Livello di Danneggiamento del Bene e dal Valore di Pericolosità. Per ciascun Bene l'IVT di ogni componente è rappresentato attraverso un codice posizionale di 6 cifre, ciascuna delle quali riferita ad una determinata pericolosità attraverso i valori 0 (non è vulnerabile), 1 (poco vulnerabile) e 2 (molto vulnerabile). Le posizioni rappresentano, rispettivamente, il pericolo: neve (1), ghiaccio (2), frana (3), esondazione (4), incendio (5) e sisma (6). **IVT = *f*(FP, CL)**

25 **Indice di Rischio Potenziale (IRP)**: indice di rischio derivato dalla combinazione di un dato livello di vulnerabilità teorica (VT) e di un dato valore di pericolosità relativa ad un singolo Fattore (VP). **IRP = *f*(VP, VT)**

26 **Indice di Danneggiamento (ID)**: indice sintetico calcolato, per ciascuna componente di ciascun elemento del bene e per ciascuna Classe di Danno, sulla base della Gravità, Urgenza e Diffusione rilevati

27 **Indice di Rischio Effettivo (IRE)**: indice di rischio derivato dalla combinazione di un dato valore di Rischio Potenziale ed un dato Indice di Danneggiamento; è calcolato per ciascuna componente di ciascun elemento del bene ed in relazione ad un singolo Fattore di Pericolosità. **RE = *f*(RP, ID)**

28 **Matrice di Vulnerabilità Teorica (MVT)**: matrice relativa al singolo Bene contenente il valore di Vulnerabilità Teorica calcolata per ciascuna componente di ciascun elemento, e per singolo Fattore di Pericolosità

29 **Matrice del Rischio Potenziale (MRP)**: matrice relativa al singolo Bene, riportante il Rischio Potenziale calcolato per ciascuna componente di ciascun elemento e per singolo Fattore di Pericolosità

30 **Matrice del Rischio Effettivo per singola Componente (MRE_C)**: matrice relativa al singolo bene, riportante il Rischio Effettivo calcolato per ciascuna componente di ciascun elemento e per un singolo Fattore di Pericolosità

31 **Matrice del Rischio Effettivo Totale per singolo Elemento (MRET_E)**: costituisce una sintesi, a livello degli Elementi, della MRE_C; la matrice riporta il Rischio Effettivo calcolato per ciascun elemento di un Bene e per un singolo Fattore di Pericolosità

32 **Valore di Rischio Effettivo Totale del bene (RET)**: costituisce una sintesi, a livello del singolo Bene, del MRE_T. Riporta il valore del Rischio totale calcolato per il singolo Bene ed un singolo Fattore di Pericolosità

33 **Valore di Rischio Effettivo Globale del bene (REG)**: costituisce una sintesi, a livello del singolo Bene, dei RET calcolati per ciascun fattore di Pericolosità

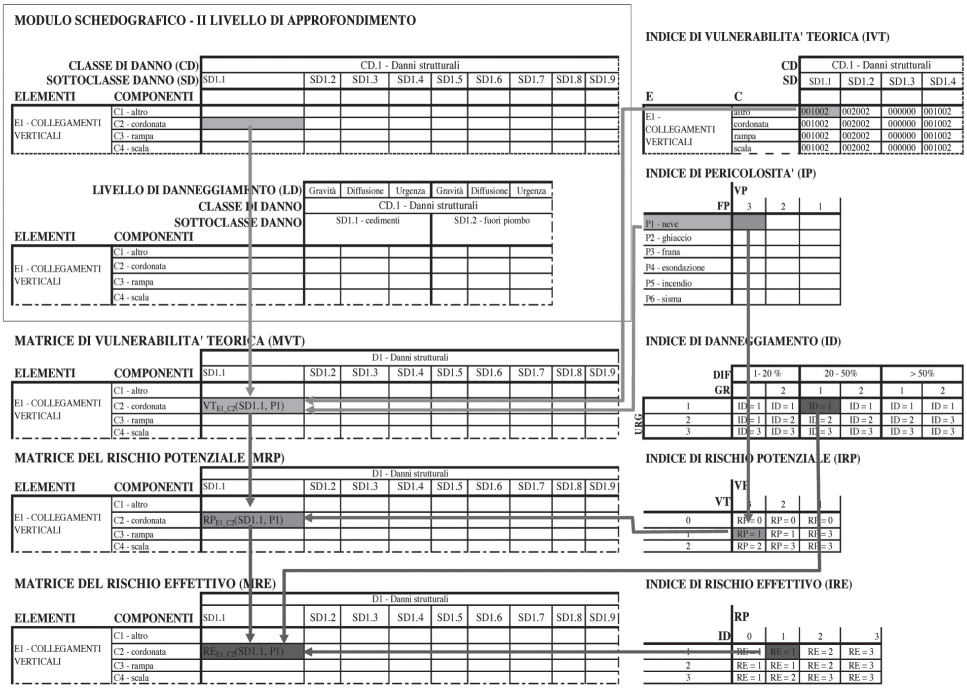


Figura 1 - Contenuto delle Matrici di calcolo e modalità di costruzione degli Indici

Il Modello assume in input: i dati contenuti nei Moduli Schedografici ICR, i dati relativi alla modellazione delle pericolosità di interesse, gli indici di riferimento.

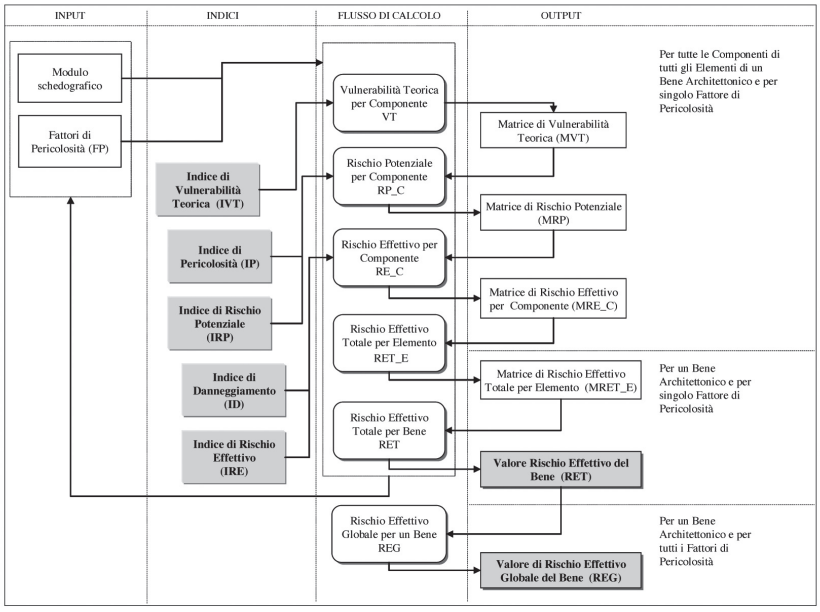


Figura 2 - Flusso Logico del Modello

Modalità di costruzione delle sintesi relative al rischio

Il procedimento che permette di arrivare alla definizione del valore di Rischio Effettivo Totale del bene j (RET_B_j) prevede una serie di operazioni di sintesi.

A partire dai valori di *Rischio Effettivo* calcolato per ciascuna componente strutturale (RE_C_i), per sottoclasse di danno e per singola pericolosità è necessario inizialmente calcolare il *Rischio Effettivo di ciascun Elemento* costruttivo o decorativo del bene (RET_E_k) per singola pericolosità e per tipologia di danno. Il RET_E_k risulta dal calcolo della deviazione standard dei valori assunti dal *Rischio Effettivo* di ogni componente strutturale (RE_C_i) appartenente all'elemento. Se il valore assunto dalla deviazione standard risulta essere sufficientemente basso (minore uguale a 0,5) allora il RE_E_k sarà pari alla media dei valori assunti dal RE_C_i, altrimenti, laddove si registri un valore di deviazione standard maggiore si pone il RET_E_k pari al massimo tra i valori assunti dal RE_C_i. Quanto appena detto è traducibile in formule nel modo seguente:

$$\text{se} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - M)^2}{n}} \le 0{,}5 \qquad \text{allora} \qquad RET_E_k = M \qquad \text{con} \qquad M = \left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(RE_C_i)\right]$$

$$\text{se} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - M)^2}{n}} > 0{,}5 \qquad \text{allora} \qquad RET_E_k = (RE_C_i)_{max}$$

dove M è pari alla media degli RE_C_i:

La deviazione standard dei valori di *Rischio Effettivo* assunti da ciascuna componente appartenente all'elemento costruttivo "collegamenti verticali" (E_1) risulta essere pari a 0,73; per quanto assunto in precedenza quindi, il valore del corrispettivo RET_E_1 sarà pari a 3, valore massimo registrato tra gli RE_C_i. Nel caso invece dell'elemento costruttivo "coperture", per cui la deviazione standard assume il valore di 0.5, si può ragionevolmente assumere un RET_E_2 pari a 2, approssimazione per eccesso della media degli RE_C_i (1,71). In generale, si ritiene opportuno effettuare una approssimazione per difetto qualora il risultato ottenuto sia minore a 0.5 ed una approssimazione per eccesso per risultati maggiori.

Una volta ottenuti, in maniera analoga, tutti i valori del RET_E_k relativi a ciascun elemento di cui si compone un Bene, è possibile procedere al calcolo del *Rischio Effettivo Totale* per il singolo Bene (RET_B_j) secondo modalità diverse.

Un primo modo di procedere prevede l'applicazione di "pesi", stabiliti a priori, da associare a ciascuna tipologia di danno (PD_1, PD_2,…, PD_m) e a ciascun elemento del bene (PE_1, PE_2,…, PE_k). Questo sistema di "pesi" deve essere identificato in maniera tale da riflettere la maggiore o minore importanza che le diverse informazioni utilizzate debbano avere nel calcolo del *Rischio Effettivo Totale (RET_B$_j$)* del bene in esame. La formulazione analitica del *Rischio Effettivo Totale* per il singolo Bene è la seguente:

$$[RET_B_j]_p = \left[\frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} PD_m\left(\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}(RE_E_k)_m \cdot PE_k\right)\right]_p$$

Con K = 1, ..., 8 numero di elementi del bene;
M = 1, ... 6: tipologia di danno;
P= 1, ..., 6: specifica pericolosità.

Il *Rischio Effettivo Totale* del Bene nel suo complesso è dunque pari alla media pesata dei valori del Rischio Effettivo di ciascun elemento.

È anche possibile adottare sistemi di pesatura parziali riferiti o ai soli Elementi del Bene o ai soli Fattori di Pericolosità.
Nel caso invece non si utilizzino pesi, il valore di RET_B_j risulta uguale alla media dei valori di RET_E_k calcolati per i diversi elementi che compongono il Bene.

$$[RET_B_j]_p = \left[\sum_{i=1}^{n} (RET_E_k)_i \right]_p$$

Analogamente a quanto concerne il calcolo del *Rischio Effettivo Totale* di un bene, il *Rischio Globale* del j-esimo bene si definisce attraverso la sommatoria dei RET_B_{jp} relativi alle diverse pericolosità:

$$RG_B_j = \sum_{p=1}^{6} \left(RET_B_j \right)_p$$

Applicazione
Il Modello è stato testato su quattro beni architettonici scelti tra quelli attualmente schedati dall'ICR attraverso il Modulo A - Unità Edilizia Storica: la Chiesa Superiore del Sacro Speco (Bene 1), la Cappella di S. Gregorio Magno (Bene 2), la Chiesa Inferiore del Sacro Speco (Bene 3) ed il Monastero di S. Benedetto (Bene 4). Tutti sono ubicati nel Comune di Subiaco e costituiscono il complesso del monastero di San Benedetto (o del Sacro Speco). La scelta di tali Beni non è dettata da ragioni particolari; si è solo posta l'attenzione sulla possibilità di ottenere un Indice di Danneggiamento abbastanza differenziato per poter analizzare l'influenza che questa variabile ha sulla determinazione del Rischio. Dato che allo stato attuale del censimento solo l'1% delle schede è stata redatta al II Livello di approfondimento e che sul territorio della Provincia di Roma modellato dal punto di vista delle pericolosità attive non esistono Beni schedati a tale livello, l'implementazione del Modello è avvenuta nella formulazione derivata per il I livello.
Per ciascuno dei beni architettonici scelti, sono stati estratti dalle rispettive schede speditive ed organizzati in un database i dati inerenti allo stato di conservazione del bene e precisamente: il numero di elementi costruttivi o decorativi rilevati e i corrispondenti valori di gravità, urgenza, diffusione e tipologia di danneggiamento.

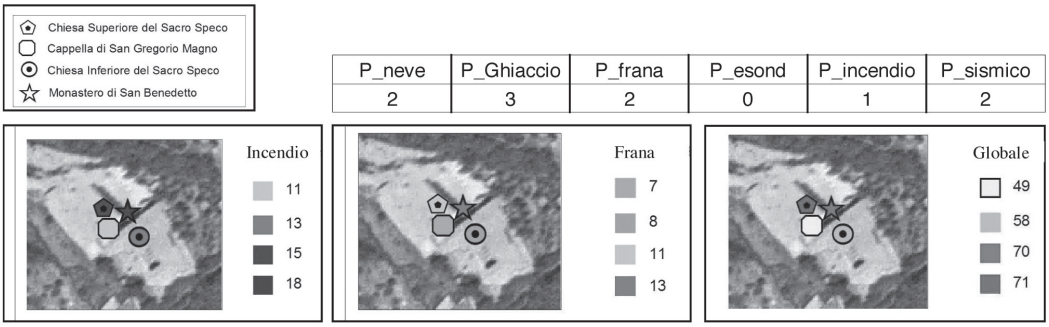
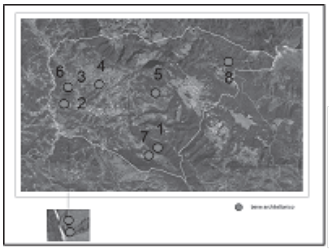


Figura 3 - Risultati relativi al RET e al REG dei Beni analizzati

Per dimostrare la dipendenza spaziale del valore di Rischio, i due Beni sono stati collocati in otto diverse localizzazioni casuali, caratterizzate ciascuna da un diverso Valore di Pericolosità dei Fenomeni presi i considerazione. Si è quindi proceduto alla applicazione del Modello in riferimento a tali valori, ottenendo i diversi otto valori di Rischio Effettivo Globale dei Beni.
La dipendenza dalla localizzazione spaziale del rischio si individua facilmente nella rappresentazione del *Rischio Effettivo Totale* relativo alle pericolosità "frana" e "incendio" in cui si nota come le localizzazioni 3 e 6, pur molto vicine tra loro, contribuiscano in maniera differente alla determinazione del rischio.



PUNTI	P_NEVE	P_GHIACCIO	P_FRANA	P_ESOND	P_INCENDIO	R_SISMICO
1	2	1	2	0	1	2
2	2	3	2	0	1	2
3	3	2	0	1	2	2
4	2	3	3	0	2	2
5	1	2	1	3	2	2
6	3	3	2	1	3	2
7	2	3	3	0	3	2
8	1	2	3	0	1	2

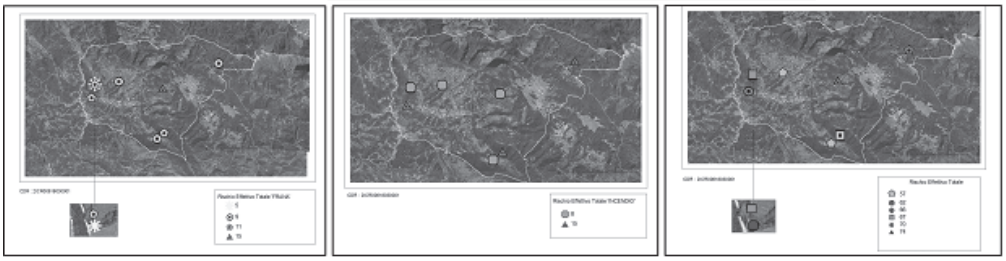


Figura 4 - Risultati relativi al RET ed al REG il Bene 1 nelle localizzazioni di riferimento

É inoltre evidente come per ciascun bene si ottenga un valore di Rischio Effettivo Globale diverso in funzione dei caratteri di Pericolosità propri di ciascuna delle localizzazioni ipotizzate.

Conclusioni

Il Modello sviluppato, seppur nella limitatezza dell'ambito di applicazione, sia dal punto di vista del Dominio di riferimento (statico strutturale), sia dal punto di vista del Livello di approfondimento, sia, infine, da quello della numerosità dei Beni trattati, dimostra come, data la disponibilità di informazioni relative alla distribuzione dei fattori di pericolosità agenti a livello territoriale, sia possibile pervenire ad una stima del rischio locale a cui sono sottoposti utilizzando l'enorme patrimonio informativo realizzato dal progetto MARIS.

L'utilizzazione diffusa di un tale Modello, pur non essendo ovviamente di utilità per la progettazione di interventi di recupero sui beni (che richiederebbe un complesso di cognizioni specifiche di natura completamente diverse da quelle qui trattate), permetterebbe tuttavia di identificare le parti di territorio da "mettere in sicurezza" al fine di tutelare l'integrità del patrimonio culturale esistente in stato di emergenza.

Attualmente è in corso di formalizzazione un analogo Modello applicabile al caso dei Beni Archeologici.

Bibliografia

Accardo G., Cacace C., (2001), "Activation of Peripheral Units and software process management", Il Sistema Carta del Rischio del Patrimonio Culturale, Ministero per i Beni e le Attività Culturali – Istituto Centrale per il Restauro, Roma: p 81

Accardo G., Altieri A., Cacace C., Giani E., Giovagnoli A. (2002), "Risk map: a project to aid decision-making in the protection, preservation and conservation of Italian Cultural Heritage", Conservation science 2002, pp 44-49

Accardo G., Giani E., Giovagnoli A. (2003), "The risk map of Italian Cultural Heritage", Journal of architectural conservation, n° 2 july 2003, pp 41-57.

Accardo G., Cacace C., Rinaldi R. (2005), "Il Sistema Informativo Territoriale della carta del Rischio", ARKOS – Scienza e Restauro dell'Architettura Nardini Editore Anno VI – Nuova Serie-Aprile/giugno 2005

SìGOVe
SISTEMA INFORMATIVO DI GOVERNO DEL VENETO DAL DATO ALL'INFORMAZIONE PER IL TERRITORIO, DAL TERRITORIO

Maria Teresa CORONELLA, Valeria VONGHIA
con Andrea FOSCO, Lorenzo MENGOTTI, Desirè MOLIN

Regione Veneto, Direzione Sistema Statistico Regionale, Dorsoduro 3494/A – 30123 Venezia,
tel. 0412792109, e.mail: statistica@regione.veneto.it

Riassunto
Acquisire, strutturare ed analizzare i dati, fornire le informazioni di sintesi necessarie per conoscere la realtà territoriale, al servizio della governance e dell'intera comunità, sono le linee guida su cui si fonda il lavoro di razionalizzazione del patrimonio informativo relativo al proprio territorio, avviato dalla Direzione Sistema Statistico Regionale della Regione del Veneto da alcuni anni.
Il progetto ha l'obiettivo di costruire il Sistema informativo di governo del Veneto – SìGOVe – che oltre a servire da base informativa condivisa da tutti coloro che partecipano al processo di formazione dei programmi regionali costituirà sempre più un sistema omogeneo per la strutturazione e la diffusione delle informazioni ufficiali e validate sulla realtà sociale ed economica del Veneto.
Esso si alimenta attraverso i flussi statistici che provengono dall'Istat e dagli altri organismi statistici che contribuiscono alla redazione del Programma statistico nazionale, ma anche dall'Eurostat e da istituti dediti a studi di benchmarking tra aree regionali. Una componente fondamentale del sistema deriva inoltre dall'uso incrementale dei sottosistemi informativi di settore, e dall'interazione informativa con gli enti locali, che saranno allo stesso tempo utenti e tributari di informazioni nei confronti del sistema, attraverso la rete di soggetti venutasi a costituire in base alla L.R. n. 8/2002 (la legge fissa le norme per l'istituzione del Sistema Statistico Regionale e disciplina l'attività statistica nel Veneto).
Il sistema è multidimensionale nel senso che deve utilizzare, controllare e bilanciare una eterogenea molteplicità di componenti: in primis la tecnologia e le metodologie statistiche, la diversità dei temi trattati, la varietà di soggetti coinvolti, il tempo ed il territorio. La dimensione territoriale è fondamentale in termini di origine, trattamento e fruibilità dei dati in relazione ai diversi ambiti, dal comune alla provincia, regione, macroregione, nazione e stati esteri, altri ambiti settoriali, quali aree parco, bacini raccolta rifiuti, centri per l'impiego, comprensori turistici, aziende ASL ed altri specifici ambiti legati alla programmazione.

Abstract
Acquiring, structuring and analysing data, providing synoptic information for awareness of the real state of the territory, in the service of both governance and the community as a whole, are the guidelines of the Direzione Sistema Statistico Regionale of the Veneto Region, which for several years now has been committed to rationalising the wealth of information related to the territory.
The objective of the project is to create SìGOVe – the Information System for the Governance of the Veneto Region – which, in addition to serving as a common base of information for all those who participate in the process of drafting regional programmes, aims at the creation of a homogenous

system for the organisation and sharing of official and verified social and economic data concerning the current state of Veneto.
It is fed by a flow of statistics from Istat and other statistical institutes that contribute to the drafting of the National Statistical Programme, along with Eurostat and other organisations specialising in benchmarking studies comparing regions. A fundamental element in the flow of data to SìGOVe will be the sharing of information and interaction between local authorities, who will at the same time be users of and contributors to the information system, through the network to be built on the basis of L.R. n. 8/2002 (the law establishes the rules for the creation of the Regional Statistical System and regulates the gathering of statistics in Veneto).
The system is multifaceted as it utilises, checks and balances a widespread and large set of variables: first the technology and statistical methods used, the array of areas dealt with, the variety of subjects involved, time and territory. The territorial dimension is fundamental in terms of the origin, handling and accessibility of data in relation to various spaces, from municipalities to provinces, regions, "macroregions", the nation and foreign countries, other specific spaces, such as parks, waste collection areas, employment centres, tourist areas, ASLs (Local Health Authorities that manage the national health service locally in Italy) to other specific spaces for programming.

Premessa

Negli ultimi anni è andata crescendo da parte delle amministrazioni pubbliche la necessità di adeguarsi alle trasformazioni ed alla crescente complessità dell'ambiente in cui si trovano ad operare.
Per questo la statistica è diventata un importante strumento di pianificazione, essendo in grado di fornire una chiave di lettura dei fenomeni, attraverso sintesi chiare ed esplicative, nella percezione che il perseguimento degli obiettivi di efficienza, efficacia, economicità e sostenibilità nel tempo dell'azione politica non possa prescindere dall'analisi delle informazioni che seguono il processo ciclico della programmazione regionale. Per questo nella Regione del Veneto già da alcuni anni si è andato delineando un processo di allineamento della funzione statistica con il ciclo della programmazione regionale[1]» di cui il Sistema Informativo di Governo della Regione del Veneto (SiGOVe) costituisce uno degli elementi chiave. Il SìGOVe è un progetto che, avvalendosi delle più avanzate metodologie statistiche e di un impianto tecnologico avanzato, ha consentito un'evoluzione strategica di tutte le procedure di gestione delle informazioni. Mettendo a sistema avanzati strumenti di Business Intelligence oggi disponibili, integrando indicatori significativi per l'analisi settoriale e di contesto, viene consentita la produzione di informazioni tempestive, complete e affidabili, contribuendo in modo significativo all'efficacia dei processi di programmazione, di controllo e di valutazione delle politiche regionali. Il modus operandi del progetto passa attraverso un'ingegnerizzazione progressiva del sistema di gestione dei dati, che spesso esistono già, sono raccolti da tanti soggetti per diversi scopi, statistici o amministrativi, e vengono organizzati attraverso il governo di diverse dimensioni, quali l'eterogeneità, il tempo, la metodologia, la tecnologia, la diversificazione dell'utenza, il territorio, al fine di dominarne la complessità e fornire un servizio altamente strategico.

L'eterogeneità delle fonti

Il sistema si alimenta attraverso i flussi statistici che provengono dall'Istat e dagli altri organismi statistici che contribuiscono alla redazione del Programma statistico nazionale[2], ma anche dall'Eurostat e da istituti dediti a studi di benchmarking tra aree regionali. Una componente fondamentale del sistema deriva inoltre dall'uso incrementale dei sottosistemi informativi di settore, che se pur finalizzati alla mera gestione amministrativa vengono opportunamente analizzati a scopo statistico.

1 L.R. n. 35/2001, L.R. n. 8/2002
2 D.Lgs. 322/1989

Infine lo sviluppo sinergico del Sistema statistico regionale (SISTAR), di cui fanno parte, ai sensi della legge istitutiva n.8/2002, oltre a strutture, enti strumentali ed osservatori regionali, gli uffici di statistica delle Amministrazioni operanti sul territorio veneto, riveste un ruolo sempre più incisivo nell'alimentazione del SìGOVe, che si realizza attraverso l'interazione informativa con gli enti locali, allo stesso tempo utenti e tributari di informazioni nei confronti del sistema.
L'eterogeneità delle fonti rende necessario il monitoraggio dei processi di acquisizione e trattamento dei dati ed un'attività di razionalizzazione dei flussi informativi da condursi in più direzioni relazionandosi con i diversi soggetti coinvolti.

L'eterogeneità dei temi
Diverse sono poi le tematiche affrontate riassunte in grandi temi, ripresi essenzialmente dalle aree trattate nel Programma regionale di sviluppo[3] del Veneto: la persona e la famiglia, l'economia e l'internazionalizzazione, il territorio, l'ambiente e le infrastrutture, la qualità della vita, il Veneto nel mondo, quest'ultima dedicata ai confronti internazionali con altre regioni/aree europee. Infine si prevede di costruire una sezione dedicata al supporto per la governance, una sorta di raccordo con le attività di monitoraggio svolta dalle strutture regionali in collegamento anche con l'uso e la destinazione delle risorse finanziarie regionali.
Affrontare diverse tematiche significa avere/acquisire una specifica conoscenza anche con l'ausilio degli esperti di settore attraverso l'individuazione e l'integrazione delle variabili conoscitive più appropriate su cui costruire gli indicatori significativi.

Il tempo e la metodologia
Il tempo è un elemento essenziale da considerare secondo due diverse accezioni: i fenomeni sono osservati nel breve, medio e lungo periodo; i dati sono poi disponibili con maggiore tempestività e sono messe in atto tutte le strategie possibili per fare questo senza inficiare la qualità del dato prodotto.
Il cuore di tutto il lavoro di strutturazione dei dati è rappresentato dalla corretta applicazione delle metodologie statistiche in tutte le fasi del processo. Ciò si attua già nella fase di analisi e concettualizzazione per la definizione delle variabili e delle relazioni tra di esse, nella costruzione degli standard di elaborazione dei dati, nella scelta e nel calcolo degli indicatori che devono essere altamente significativi per rappresentare adeguatamente i fenomeni, nelle operazioni di controllo qualitativo che seguono tutto l'iter processuale dal primo caricamento dei dati grezzi fino al calcolo degli indici sintetici, nella definizione dei metadati, che costituiscono un elemento essenziale della organizzazione delle informazioni, in quanto consentono di registrare e rendere disponibili tutti gli elementi che connotano il dato validato ai fini di un suo corretto utilizzo.

La tecnologia
La dimensione tecnologica tiene in considerazione la specificità delle attività proprie dell'analisi statistica e l'evoluzione del contesto informatico della Regione del Veneto, perciò sono stati selezionati ed adottati prodotti in grado di garantire e sostenere nel tempo le linee guida interne all'amministrazione. In particolare deve privilegiare un'architettura stabile e consolidata che potesse rispondere adeguatamente alle caratteristiche di crescita del patrimonio informativo gestito; creare un'infrastruttura coesa ed integrata con le architetture applicative già esistenti presso la Regione del Veneto; facilitare l'integrazione con le diverse tipologie di "fonti dati"; consentire agli utenti finali un accesso "mediato" alle informazioni prescindendo dai tecnicismi e dalle competenze informatiche specifiche relative alle basi dati; abilitare un accesso diretto a un insieme di report di carattere generale; offrire un insieme di funzionalità di analisi evolute con cui poter creare propri scenari di analisi e propri percorsi di navigazione nelle informazioni di dettaglio e aggregate; permettere in prospettiva una condivisione dei risultati delle analisi, sostenuta anche dalle condizioni di interoperabilità con le istituzioni locali.

[3] Legge Regionale n.5/2007

Un sistema multilivello

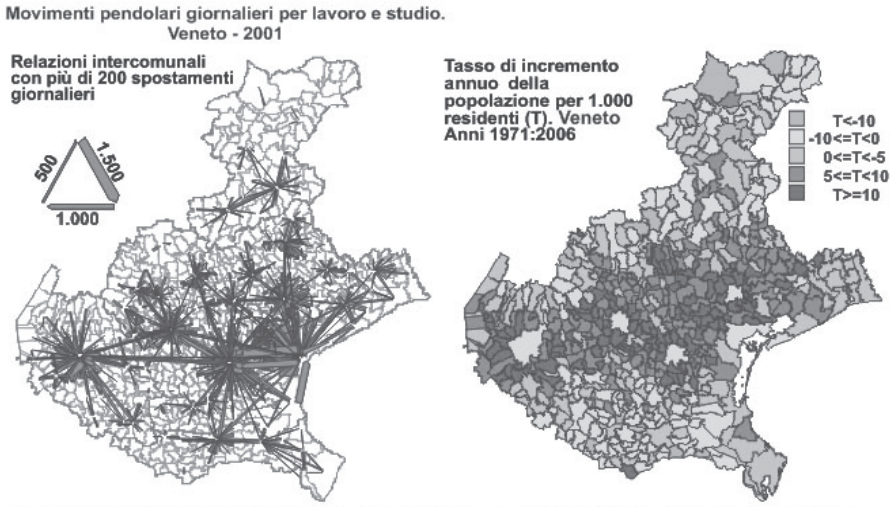
SìGOVe è la concretizzazione di un sofisticato Information Management Systems (Ims), che sfrutta tecnologie avanzate[4]. Il progetto SìGOVe, che può essere immaginato come una sorta di piramide informativa, vede come primo livello fondamentale le varie fonti dei dati esterne o interne alla Regione, che confluiscono nel secondo livello del sistema, costituito da un unico database. Entrambi i livelli sono gestiti esclusivamente dal personale informatico e dagli analisti statistici. Il patrimonio informativo del SìGOVe è descritto da un insieme di metadati di supporto di due tipi: rivolti all'utente e strettamente tecnici. Il terzo livello è quello che supporta gli utenti interni all'Ufficio di statistica nel fare analisi sui più svariati fenomeni, sviluppando studi sempre più approfonditi. Il sistema permette di generare report e pubblicazioni in forma tabellare o grafica. L'infrastruttura informatica consente la generazione e il mantenimento degli archivi dei dati sia in forma dettagliata che aggregata.
L'accesso agli archivi è stato realizzato in modo da rendere disponibili le informazioni in modalità estremamente intuitiva, con una navigazione delle informazioni secondo diversi criteri, temporali o territoriali. Il quarto livello della piramide è quello che, attraverso cruscotti informativi, settoriali e di contesto, offre indicatori di sintesi mirati e immediatamente leggibili da manager e amministratori. I cruscotti, personalizzati e personalizzabili, rappresentano dei veri e propri strumenti di governo. L'ulteriore evoluzione del sistema prevede la realizzazione di un livello superiore attraverso l'attivazione di un portale e l'integrazione di strumenti di simulazione.

La dimensione territoriale

La dimensione territoriale è essenziale per soddisfare le diverse esigenze conoscitive ed è quindi basilare per la costruzione e fruizione delle informazioni nel SiGOVe.
Le amministrazioni e i cittadini hanno l'esigenza di informazioni statistiche locali per la soluzione dei problemi che emergono sul loro territorio e per competere a scala globale. La non disponibilità di informazioni al dettaglio appropriato o l'uso dei dati "medi" riferiti ad ambiti territoriali più ampi comportano il rischio di assumere iniziative sbagliate o non correttamente mirate. Come abbiamo già accennato le amministrazioni locali dispongono ormai di considerevoli patrimoni informativi, non sempre utilizzati, che è opportuno far emergere proprio attraverso il coordinamento territorialmente più vicino, i Sistemi statistici regionali, ai soggetti che oltre a produrle ne sono i principali beneficiari.

[4] L'infrastruttura di supporto è costituita da un server HP Superdome partizionato e localizzato nel Ced (Centro Elaborazione Dati) della Direzione Sistema Informatico della Regione Veneto, mantenuto e gestito da HP. Il database è Oracle mentre la suite applicativa è Business Objects. Il cuore dello sviluppo è la ripartizione del sistema in diverse aree di analisi a disposizione degli utenti. Per consentire un accesso e una gestione delle informazioni, differenziate a seconda dei livelli di utenza, vengono selezionati strumenti caratterizzati da un'elevata flessibilità.

Se si escludono i censimenti, la produzione di dati ufficiali ad un dettaglio territoriale spinto, strategico per la formulazione delle politiche economiche nazionali e comunitarie, è insufficiente. Si pensi infatti all'uso che le Regioni fanno dell'informazione censuaria: il Piano territoriale regionale di coordinamento, ad esempio, si basa molto sulle analisi statistiche relative all'evoluzione della società e dell'economia al massimo dettaglio territoriale disponibile, di comune o sezione censuaria, che ci consentono le rilevazioni censuarie; di grande utilizzo inoltre le applicazioni realizzate nel Veneto a partire dai dati censuari sui movimenti pendolari per la redazione dei piani urbani di mobilità e la programmazione dei servizi a livello regionale.



Fonte: Elaborazioni Regione Veneto - Direzione Sistema Statistico Regionale e Università di Padova – DCT Lab. Trasporti su dati Istat

La statistica pubblica deve oggi porsi sempre più in condizione di rispondere a queste esigenze, mirando ad avvicinarsi ad un "approccio micro-territoriale, capace di integrare le esigenze del rigore scientifico e metodologico, della tutela della riservatezza delle informazioni individuali e della osservazione e restituzione dei fenomeni a una "grana" territoriale fine" (Barbieri 2006).

Si richiama tra l'altro l'attenzione ai costi proibitivi delle indagini tradizionali per sforzo organizzativo, qualità dei dati prodotti e peso sui rispondenti. Guardando al territorio come il luogo di interrelazione di un insieme di attività e di fenomeni, dove è rilevante la componente geografico-localizzativa, in campo informativo ciò si riflette sempre più nella capacità di coniugare l'informazione spazio-temporale, o geografica, con l'informazione territoriale statistica, per sua natura soggetta a tutti quei processi prima ampiamente descritti che, garantendone la qualità, ne fanno un'informazione ufficiale.

La prospettiva

E' perciò indubbio che la statistica si trovi sempre di più ad affrontare le problematiche territoriali, quali la dualità di metodo quando ci si trova a dover definire aree d'analisi, atte a descrivere ed interpretare la realtà in modo avulso dalle politiche, ed aree di programmazione, cosiddette perchè sono definite a priori, proprio in base agli obiettivi posti dalle politiche stesse.

Si vuole qui mettere in luce che è importante in prospettiva valorizzare l'informazione geografica esistente, costruendo un "linguaggio comune" che ne renda possibile l'accesso e la condivisione, con lo scopo di poter fornire agli utenti un insieme di statistiche aggregate riferite a una geografia coerente di aree e gli strumenti analitici atti a trasformare i dati in informazione pertinente e agevolmente comprensibile.

L'approccio al territorio incentrato sui sistemi informativi consente di conoscere il modo in cui la società si organizza nello spazio ed è vitale per comprendere i fenomeni economici e sociali, costituendo pertanto uno dei compiti fondamentali della statistica pubblica. A questo proposito preme sottolineare che è imminente un'estensione del SìGOVe, che consentirà il reporting cartografico delle informazioni ivi contenute. In prospettiva si prevede di poter individuare il "livello atomico" di raccolta dell'informazione statistica, dando la possibilità, attraverso la geo-referenziazione dei dati elementari, di ricomporre l'informazione a qualunque livello territoriale desiderato. In questa direzione va il SìGOVe per ciò che concerne la tematica spaziale, nella Regione del Veneto infatti è in fase di avvio un progetto che si propone, in una logica di integrazione, di costruire un'area del SìGOVe dedita a soddisfare le esigenze della pianificazione territoriale, e che consentirà di strutturare le informazioni per questo scopo, integrandole con quelle di natura geografica. Alla base vi è l'obiettivo di operare per il graduale miglioramento della qualità, della quantità, accessibilità e disponibilità delle informazioni micro-territoriali nel senso prima specificato.

Necessaria la corretta interpretazione delle informazioni

Si ritiene utile, in questo contesto, indurre a riflettere sulle problematiche interpretative che le informazioni, ad esempio quelle economiche, ad un dettaglio territoriale spinto, possono porre, già ben noti alla statistica pubblica, come prima si diceva legati ai costi, alle difficoltà di rilevazione, alla disomogeneità delle unità di rilevazione ed altro ancora, fattori che possono inficiarne la qualità. Ma di grande rilevanza, soprattutto nel caso di uso delle informazioni geografiche, sono le problematiche interpretative. Alcuni fenomeni, quali la terziarizzazione dell'economia, settore meno legato al concetto di luogo fisico rispetto ad altri, o l'evoluzione della e-economy, che al luogo fisico sostituisce quello virtuale, rendono sempre meno evidente la relazione fra il soggetto economico, la sua residenza e il territorio dove avviene la sua attività di produzione. Unità locale non è più solo il luogo dove si svolge l'attività ma diventa sempre più il luogo dove si organizza l'attività; la terziarizzazione e l'informatizzazione dell'economia hanno determinato lo sviluppo di processi, difficilmente quantificabili, che possono definirsi "senza territorio". L'informazione spaziale o geografica è quindi diversa dall'informazione territoriale, due concetti separati ed allo stesso tempo integrati, che rimandano a considerazioni ed analisi per loro natura differenti, cosa che è fondamentale tenere presente nell'interpretazione della realtà che si va ad analizzare.

Bibliografia

Regione del Veneto. Programma regionale di sviluppo. Legge Regionale n.5/2007

Regione del Veneto. Programma Statistico Regionale. Delibera del Consiglio Regionale n.56/2007

M. Ballin, M. Calzaroni, C. Casciano, G. Garofalo, L. Martino, R.Monducci, G. Siesto (2002), "Il fattore territorio nelle statistiche economiche: fonti amministrative e rilevazioni statistiche", Sesta Conferenza nazionale di statistica

Giovanni Alfredo Barbieri (2006), "L'integrazione dell'informazione statistica per il territorio", Ottava Conferenza nazionale di statistica

REGIONE ABRUZZO WebGIS: UNA PIATTAFORMA INTEGRATA PER IL MONITORAGGIO NRT (NEAR REAL TIME) DI INCENDI E SITUAZIONE NEVE

Marco CORSI (*), Filippo Cristian DAFFINÀ (*), Daniele PELLEGRINO (*), Saverio RUTIGLIANO (*), Walter VALENTINI (**), Emilio Domingo IANNARELLI (***)

(*) Telespazio S.p.A., Via Tiburtina 965, 00156 Rome Italy, (+39) 06 40791. Email:; marco.corsi@telespazio.com; filippo.daffina@telespazio.com; daniele.pellegrino@telespazio.com; saverio.rutigliano@telespazio.com
(**) Università degli Studi di Roma "La Sapienza", laureando in Informatica, Email: valentiniwalter@tiscali.it
(***) Regione Abruzzo- Protezione Civile- Servizio Previsione e prevenzione dei rischi, emiann@regione.abruzzo.it

Riassunto:
Il sistema WebGIS "Regione Abruzzo" rappresenta una soluzione unica ed integrata per il monitoraggio continuo della situazione incendi e manto nevoso. Appositamente studiato e concepito per semplificare l'interazione con i dati pubblicati attraverso il web, tale sistema si basa sull'innovativa piattaforma *SPCW* (*Shared Processing Chain for WebGIS*) che permette di uniformare la catena di processamento delle informazioni, pubblicandole mediante due istanze distinte dello stesso sottosistema software, indipendentemente dalla natura dei dati. L'interfaccia utente risulta così molto simile ed intuitiva in entrambe le applicazioni, pur mantenendo distinte le finalità applicative. Tra le principali funzioni rese disponibili dal sistema si ha: caricamento NRT dei dati telerilevati, sistema integrato di notifica nel caso di nuovi incendi, selezione temporale dei dati visualizzati, retrieving delle informazioni più significative per ciascun incendio, mapping delle aree precedentemente interessate da eventi incendiari, dati Meteosat e "Maschera Nuvole" per la data di acquisizione, esportazione dei dati nel formato *KML Google Earth* e *Shapefile*, possibilità di analizzare l'evoluzione temporale degli incendi, utilizzo dello standard *OGC-WMS*.

Abstract:
The WebGIS system "Regione Abruzzo" represents a single and integrated solution for the continuous monitoring of fires and snowpack situations. Especially designed and conceived to simplify the interaction with data published on web, this system is based on the innovative platform SPCW (Shared Processing Chain for WebGIS) that permits to unify the processing chain and to publish the information by two different instances of the same software subsystem, with no dependencies on data nature. The user interface is very similar and easy to use in each application, even if the operative issue is different. The main functionalities of the system are: NRT loading of data, integrated system to notify new acquired fires, temporal selection of displayed data, main information retrieving for each fire, burnt areas mapping, Meteosat and "Cloud Mask" data for each satellite acquisition, data export in KML Google Earth and Shapefile, possibility to analyze time evolution of the fires, usage of OGC-WMS standard.

Introduzione:

La Funzione "*Web and GIS Platform Development*" all'interno della Divisione *Earth Observation* di Telespazio S.p.A. ha sviluppato un sistema integrato, denominato "WebGIS Regione Abruzzo", che rappresenta una soluzione unica ed integrata per il monitoraggio continuo della situazione incendi e manto nevoso. Appositamente studiato e concepito per semplificare l'interazione con i

dati pubblicati attraverso il web, tale sistema si basa sull'innovativa piattaforma *SPCW* (*Shared Processing Chain for WebGIS*) che permette di uniformare la catena di processamento delle informazioni, pubblicandole e mantenendole continuamente aggiornate mediante due istanze distinte dello stesso sottosistema software, indipendentemente dalla natura dei dati.
Il sistema "WebGIS Regione Abruzzo" garantendo il continuo aggiornamento dei dati pubblicati, la distribuzione e l'interazione tramite il WEB, focalizzando l'attenzione sulla situazione NRT di incendi e strati nevosi all'interno del territorio abruzzese, risulta essere un valido ed efficace strumento di supporto decisionale alle attività operative. Tra le principali funzioni rese disponibili dal sistema si ha: caricamento *Near-Real-Time* (*NRT*) dei dati telerilevati, sistema integrato di notifica nel caso di nuovi incendi, selezione temporale dei dati visualizzati, *retrieving* delle informazioni più significative per ciascun incendio, *mapping* delle aree precedentemente interessate da eventi incendiari, esportazione dei dati nel formato *KML Google Earth*, possibilità di analizzare l'evoluzione temporale degli incendi, utilizzo dello standard *OGC-WMS*.

Analisi dei requisiti:
L'architettura del sistema "WebGIS Regione Abruzzo" risponde ai seguenti requisiti tecnici:

- Accessibilità via web ai dati pubblicati e possibilità di esportazione dei dati, per l'intervallo di tempo specificato, in formato *shapefile* e *KML Google Earth*.
- Possibilità di accesso ai dati secondo lo standard *OGC-WMS*.
- Interfaccia utente particolarmente semplice ed intuitiva, unica per entrambi i servizi di monitoraggio (incendi e manto nevoso).
- Funzionamento *Near-Real-Time*; nel caso del servizio monitoraggio incendi, in particolare, i tempi di processamento sono contenuti entro i 30 minuti dall'istante di acquisizione da satellite ed aggiornati ogni 15 minuti.
- Integrazione dei dati satellitari con dati meteo locali e pubblicazione di mappe di nuvolosità ("maschera nuvole") all'istante di acquisizione, oltre a dati relativi all'utilizzo del suolo.
- Pubblicazione di dati giornalieri relativi all'indice di rischio *Satellite Index of Fire Ignition Tendency*.

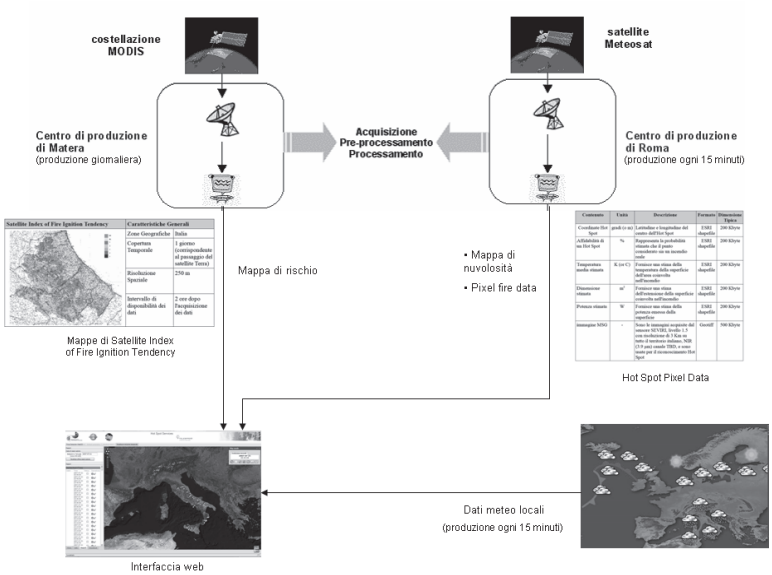


Figura 1 – Catena di processamento per il servizio monitoraggio incendi

Le scelte architetturali:
Per il soddisfacimento dei precedenti requisiti si è deciso di erogare i servizi di monitoraggio mediante un'architettura WebGIS *hosted* su server Telespazio. L'utilizzo di un WebGIS rende particolarmente semplice l'interazione con i dati e le funzioni geografiche classiche dei sistemi GIS, beneficiando a pieno della disponibilità continua via WEB. Il rispetto dello standard OGC-WMS consente, inoltre, l'accesso ai dati mediante piattaforme proprietarie per permettere l'esecuzione di analisi diverse da quelle accessibili via web.

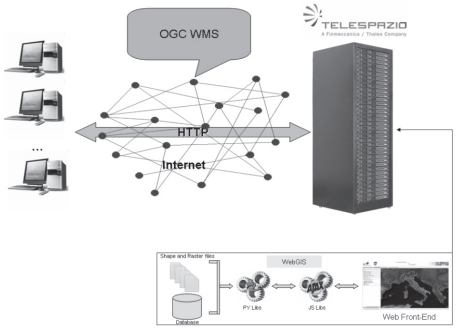


Figura 2 - Architettura di alto livello dei WebGIS Telespazio

Il framework "SPCW":
Il *framework SPCW* nasce dall'idea di accorpare e standardizzare tutte le funzionalità affini al processamento dei dati geografici (es. accesso ai diversi formati di dato, gestione tramite database con estensione spaziale, …) per creare uno strato comune da utilizzare nello sviluppo e mantenimento operativo di tutte le istanze di WebGIS. Il *core* della piattaforma, costituito dai moduli software "*shared*", è facilmente configurabile ed adattabile alle diverse esigenze mediante alcuni file di configurazione (XML e JSON).
Il sistema SPCW si compone, a sua volta, di due sottosistemi:

- SharedPY: dedicato alle operazioni di *retrieving* dei dati, sia tramite accesso a files (*shapefile* e *raster*), sia tramite accesso al database, nonché al loro processamento.
- SharedJS: dedicato alla pubblicazione e formattazione dei dati tramite interfaccia web.

I due sottosistemi non vengono in alcun modo replicati nelle varie istanze dei WebGIS, ma rappresentano un'unica catena di processamento, adattata alle diverse esigenze mediante due file di configurazione per ciascun WebGIS.

Figura 3 – Innovazione introdotta ed architettura di alto livello SPCW

L'interfaccia web:
Nella figura che segue sono riportate alcune viste della schermata principale dell'interfaccia web dedicata rispettivamente al monitoraggio degli incendi e del manto nevoso.

Figura 4 - Interfaccia WebGIS per ciascun servizio

Come si può notare da entrambe le immagini, il sistema di pubblicazione dei dati telerilevati presenta numerose similarità in entrambe le interfacce grafiche, pur trattandosi di due applicazioni distinte e dedicate a dati di natura differente, favorendone l'interazione operativa. Tale interfaccia è principalmente divisa in due sezioni: a sinistra l'area dei comandi/strumenti (suddivisi per categoria) mentre l'area di destra è interamente dedicata alla visualizzazione dei dati e della mappa.

Figura 5 - Schema dell'interfaccia WebGIS

WebGIS "Monitoraggio incendi"
Il WebGIS "Monitoraggio incendi" ha la funzione di pubblicare, a valle dell'intera catena di processamento, i dati relativi alla presenza di incendi sul territorio abruzzese, con aggiornamento continuo ad una frequenza di 15 minuti.

Incendi	- Incendi rilevati alla data/ora di osservazione. - Aree precedentemente incendiate.
Immagini satellitari	- Immagine Modis (relativa alla data di osservazione). - Maschera nuvole (rilevata alla data/ora di osservazione). - Dato Meteosat (rilevato alla data/ora di osservazione). - Immagine Modis di sfondo.
Limiti amministrativi	- Confini regionali, provinciali e comunali
Dati meteo	- Da sorgenti dati Meteo METAR
Utilizzo del suolo	- Classificazione Corine2000

Tabella 1- Dati pubblicati tramite il WebGIS Monitoraggio Incendi

Per ciascun incendio rilevato, ove disponibili, saranno visualizzate le seguenti informazioni:

- Data e tempo di acquisizione.
- Latitudine e longitudine del centro pixel in cui è stato rilevato un incendio.
- Potenza incendio e dimensione dell'area interessata.
- Temperatura ambiente ed utilizzo del suolo.
- Dati meteo aggiornati alla data di acquisizione in termini di direzione e velocità del vento, nuvolosità e condizioni di visibilità, temperatura e pressione.

Tra le principali funzionalità offerte dal sistema si ha:

- Navigazione e zoom sulla mappa visualizzata.
- Abilitazione/disabilitazione *layer* visualizzati e customizzazione livello di trasparenza.
- *Retrieving* di tutte le informazioni disponibili associate a ciascun punto della mappa.
- Importazione dati e refresh automatico con frequenza di 15 minuti.
- Grafico con andamento giornaliero di Potenza ed Estensione Area Bruciata.
- Report sintetico con classificazione incendi per stato di attività.
- Esportazione dati, in range temporale inserito da utente, in formato *Shapefine* e *KML Google Earth*.
- Possibilità di effettuare monitoraggio NRT sulla piattaforma *Google Earth* mediante *KML* auto-configurante.

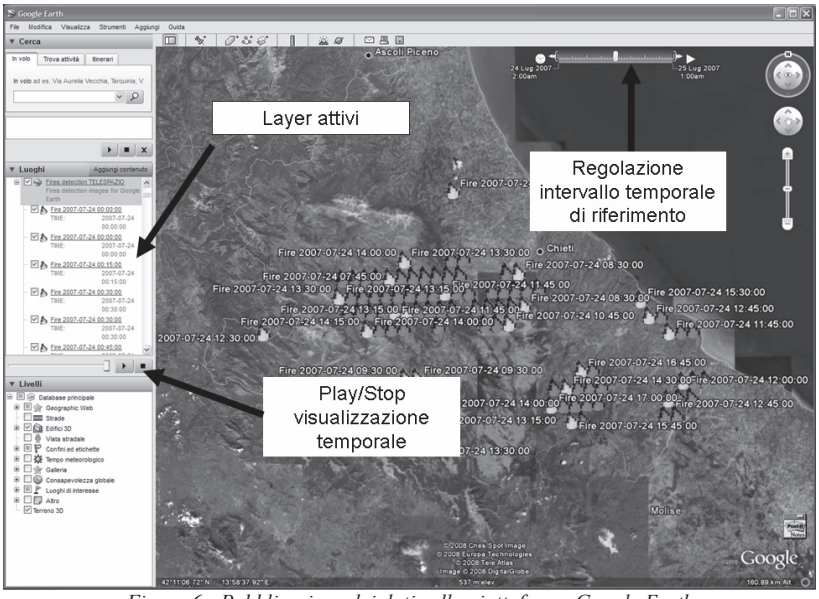


Figura 6 - Pubblicazione dei dati sulla piattaforma Google Earth

In via sperimentale e con ottimi risultati è stata sviluppata una variante del suddetto sistema WebGIS che tratta i dati disponibili sulla base di una tecnica di clusterizzazione, appositamente sviluppata, ottenuta mediante la correlazione spazio-temporale delle informazioni disponibili per ciascun incendio. Questa nuova gestione dei dati ha permesso di avere informazioni circa l'andamento della potenza e la temperatura non del singolo pixel (con cui viene suddivisa l'area d'interesse) ma dell'aggregato di *pixel* (*cluster* appunto), che potrebbero costituire un vasto incendio, tracciandone un profilo basato non più solo sui singoli istanti temporali, ma nel complesso della sua evoluzione temporale.

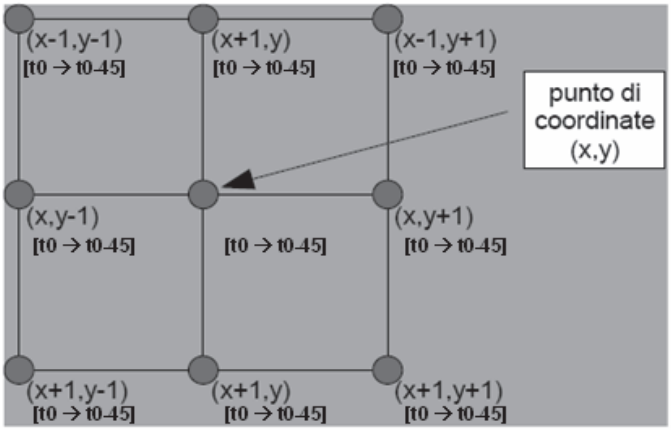


Figura 7 - Clusterizzazione della griglia incendi (correlazione spazio-temporale)

WebGIS "Monitoraggio neve":
Il WebGIS "Monitoraggio neve" presenta funzionalità simili al sistema precedente, nella pubblicazione e classificazione temporale dei dati, pur riferendosi ad informazioni di natura completamente differente. Tale sistema è, attualmente, in fase di sviluppo, alla fine del quale saranno disponibili tutti i dati e le funzionalità d'interesse.

Risultati ottenuti:
Il sistema "WebGIS Regione Abruzzo" garantendo il continuo aggiornamento dei dati pubblicati, la distribuzione e l'interazione tramite il WEB, focalizzando l'attenzione sulla situazione NRT di incendi e strati nevosi all'interno del territorio abruzzese, risulta essere un valido ed efficace strumento di supporto decisionale alle attività operative. La continua integrazione con dati meteo, mappe di rischio ed utilizzo del suolo completano la validità di tale sistema. L'esportazione dei dati in formato KML Google Earth e *Shapefile* permettono ad utenti esperti di effettuare analisi più specifiche su sistemi proprietari, potendo contare su una banca dati consistente e continuamente aggiornata.

Riferimenti:
Telespazio: www.telespazio.it
Protezione Civile Regione Abruzzo: www.regione.abruzzo.it
WebGIS incendi: spatial.telespazio.it/nod/abruzzo.html (accesso protetto)
OGC, Open Geospatial Consortium: www.opengeospatial.org
Web Map Service: http://www.opengeospatial.org/standards/wms

DUE INDICI PER VALUTARE L'IMPERMEABILIZZAZIONE E IL CONSUMO DI SUOLO

Stefano CORTICELLI (*), Marina GUERMANDI (**), Maria Cristina MARIANI (*)

(*) Servizio Sviluppo dell'Amministrazione digitale e sistemi informativi geografici,
Regione Emilia-RomagnaViale Silvani 4/3 40122 Bologna Tel. 051 284602 – scorticelli@regione.emilia-romagna.it
(**) Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna - mguermandi@regione.emilia-romagna.it

Riassunto
Per valutare meglio le trasformazioni del paesaggio sono stati predisposti due indici, impermeabilizzazione e suolo/non suolo, collegati al database della carta dell'uso del suolo 2003 della Regione Emilia-Romagna. Le percentuali medie di impermeabilizzazione e di presenza di suolo delle varie categorie a livello regionale sono state definite via via con procedure diverse, sia in relazione alla tipologia, sia all'estensione delle 81 categorie esistenti. L'abbinamento categoria-indici attraverso un foglio di excel non solo rende possibile e automatico il calcolo delle superfici effettivamente impermeabilizzate e quelle con suolo, a livello di categoria o macrocategoria per il territorio regionale, ma permette di spostare l'analisi su diversi ambiti territoriali (province, bacini, comuni, ecc).

Abstract
We suggest here a study of two indexes to evaluate landscape transformations. These two indexes - sealing and soil/no soil - are directly linked with 2003 land use database, produced by Emilia-Romagna Region. Sealing and soil/no soil average percentages have been calculated differently according to the typology and size of the 81 land use category. The final result of this work is an automatic table where each land use category is associated with sealing and soil/no soil to estimate both values of total sealing areas and total real soil for all regional territory, and then for all interesting sectors (e.g. province, basins, municipality).

Introduzione
Negli ultimi decenni l'azione dell'uomo ha portato forti cambiamenti nel paesaggio, dove in generale si è assistito ad un aumento massiccio delle zone urbanizzate rispetto a quelle agricole. Questo ha portato a notevoli variazioni, ad esempio per quanto riguarda la regimazione delle acque piovane ed il cambiamento del microclima degli agglomerati urbani, a causa della cementificazione e impermeabilizzazione del suolo. Alla luce delle direttive del protocollo di Kyoto, oltre alla riduzione dei suoli agricoli, ciò comporta anche una minore cattura e immagazzinamento del carbonio nella materia organica del suolo. Per cercare di rendere meglio quantificabili questi fenomeni vengono qui proposti due indici, suolo/non suolo e impermeabilizzazione, collegati al database dell'uso del suolo 2003.

Materiali e metodi
Per la realizzazione dei due indici si è utilizzata la carta dell'uso del suolo 2003 in formato digitale della Regione Emilia-Romagna: tale carta è articolata su quattro livelli, i primi tre seguono la classificazione di *Corine Land Cover* mentre il quarto è stato concordato nell'ambito del Centro Interregionale di cartografia. Per assegnare i due indici alle ottantuno categorie di uso del suolo sono state utilizzate le immagini satellitari pancromatiche *Quickbird* ad alta definizione, mediante le quali è stato prodotto l'uso del suolo 2003. Per quantificare meglio le superfici asfaltate e quelle senza vegetazione si è fatto ricorso anche all'utilizzo di un secondo schermo su cui valutare le zone

esaminate anche con immagini a colori in RGB visualizzate con *Google Earth*. Si tratta in genere di immagini *Quickbird* che sono state riprese simultaneamente a quelle pancromatiche per cui non ci sono problemi di sfasamento temporale. Per l'indice di impermeabilizzazione sono state prese in considerazione le superfici che sono state impermeabilizzate per cause antropiche: asfaltate, cementificate, edificate, ecc.
Per l'indice suolo/non suolo si è preso come parametro la presenza o assenza di vegetazione, sia di tipo erbaceo, sia di tipo arbustivo o arboreo; per le zone umide si è fatto riferimento alla definizione di suolo adottata in pedologia ("…non-suolo se la superficie è permanentemente coperta da acqua troppo profonda – tipicamente maggiore di 2,5 metri – per la crescita di piante radicate…;" *Soil Survey Staff*, 1998).
Per assegnare i due indici ad ognuna delle ottantuno categorie dell'uso del suolo 2003 è stato fatto un calcolo abbastanza dettagliato delle percentuali medie di impermeabilizzazione e di presenza di suolo della categoria stessa a livello regionale. Le percentuali sono state definite con procedure diverse per le varie categorie, sia in relazione alla tipologia sia in relazione all'estensione delle tipologie stesse. In generale si è deciso di effettuare una fotointerpretazione di dettaglio (figura 1) su un certo numero di aree campione per tutte quelle in cui sono presenti elementi ben definiti (es. strade e case sparse all'interno del seminativo, del bosco, ecc.); per la valutazione della quantità di suolo all'interno di categorie con vegetazione discontinua (es. aree calanchive, zone umide salmastre, alvei fluviali, ecc.) si è preferito fare una stima ripetuta in vari punti rappresentativi della realtà regionale.

Figura 1 – Esempi di delimitazione di aree impermeabilizzate

Per quanto riguarda le categorie dell'edificato, per le quali già in fase di realizzazione delle carte di uso del suolo 2003, in molti casi erano previste codifiche basate sulla percentuale di edificato, si è proceduto ad incrociare questo dato con una serie di approfondimenti sulle immagini del 2003 per arrivare ad una valutazione il più possibile precisa delle percentuali di impermeabilizzazione.
Per le categorie dell'agricolo, che in genere ricoprono superfici molto vaste, si è scelto di rifotointerpretare un certo numero di aree campione di 200 ettari l'una, mappando tutte le aree impermeabilizzate (strade, case sparse, ecc.) al disotto dell'area minima di 1,56 ettari che era stata utilizzata per l'uso del suolo 2003. Questo ha permesso di avere dei dati notevolmente dettagliati, ad esempio per la categoria dei seminativi in zone irrigue si è avuta una percentuale di impermeabilizzazione dell'1,3. L'applicazione di tale percentuale per l'elevata superficie regionale riferita a questa categoria ha portato ad evidenziare una superficie impermeabilizzata posta all'interno del seminativo irriguo di 9.894 ettari.
Per le categorie relative a boschi e cespuglieti si è operato in maniera analoga. Per le zone umide si è fatta una distinzione fra quelle di acqua dolce, dove è stato tenuto conto della profondità delle acque, e quelle di acqua salmastra, dove si è tenuto conto della presenza di vegetazione. Anche per l'ambiente delle acque si è fatto in genere riferimento alla presenza o meno di vegetazione. Questi dati sono riportati in tabella 2.

Categorie uso del suolo 2003	Superficie (in ettari)	Indice "suolo"	Superficie "suolo"	Indice imperm.	Superficie imperm.
1.1.1.1 Tessuto residenziale compatto e denso	2651	0,05	133	0,95	2519
1.1.1.2 Tessuto residenziale rado	58426	0,30	17528	0,70	40898
1.1.2.0 Tessuto discontinuo	38409	0,70	26886	0,30	11523
1.2.1.1 Insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli con spazi annnessi	38161	0,25	9540	0,75	28621
1.2.1.2 Insediamenti commerciali	1200	0,25	300	0,75	900
1.2.1.3 Insediamenti di servizi pubblici e privati	3765	0,25	941	0,75	2824
1.2.1.4 Insediamenti ospedalieri	429	0,25	107	0,75	322
1.2.1.5 Insediamenti di grandi impianti tecnologici	464	0,25	116	0,75	348
1.2.2.1 Reti stradali e spazi accessori	6304	0,25	1576	0,75	4728
1.2.2.2 Reti ferroviarie e spazi accessori	1423	0,25	356	0,25	356
1.2.2.3 Grandi impianti di concentramento e smistamento merci (interporti e simili)	269	0,10	27	0,90	242
1.2.2.4 Aree per impianti delle telecomunicazioni	4	0,75	3	0,25	1
1.2.2.5 Reti ed aree per la distribuzione, la produzione ed il trasporto dell'energia	884	0,25	221	0,75	663
1.2.2.6 Reti ed aree per la distribuzione idrica	181	0,75	136	0,25	45
1.2.3.1 Aree portuali commerciali	360	0,10	36	0,20	72
1.2.3.2 Aree portuali per il diporto	144	0,15	22	0,20	29
1.2.3.3 Aree portuali per la pesca	56	0,15	8	0,15	8
1.2.4.1 Aeroporti commerciali	853	0,70	597	0,30	256
1.2.4.2 Aeroporti per volo sportivo e da diporto, eliporti	224	0,85	190	0,15	34
1.2.4.3 Aeroporti militari	605	0,80	484	0,20	121
1.3.1.1 Aree estrattive attive	5055	0,50	2528	0,10	506
1.3.1.2 Aree estrattive inattive	617	0,70	432	0,10	62
1.3.2.1 Discariche e depositi di cave, miniere e industrie	147	0,40	59	0,10	15
1.3.2.2 Discariche di rifiuti solidi urbani	617	0,40	247	0,10	62
1.3.2.3 Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	90	0,30	27	0,30	27
1.3.3.1 Cantieri, spazi in costruzione e scavi	4724	0,30	1417	0,20	945
1.3.3.2 Suoli rimaneggiati e artefatti	2678	0,70	1875	0,10	268
1.4.1.1 Parchi e ville	7674	0,90	6907	0,10	767
1.4.1.2 Aree incolte nell'urbano	2076	0,90	1868	0,10	208
1.4.2.1 Campeggi e strutture turistico-ricettive (bungalows e simili)	371	0,70	259	0,20	74
1.4.2.2 Aree sportive (calcio, atletica, tennis, sci)	4529	0,75	3397	0,22	996
1.4.2.3 Parchi di divertimento e aree attrezzate (aquapark, zoosafari e simili)	255	0,45	115	0,30	76
1.4.2.4 Campi da golf	966	0,90	869	0,05	48
1.4.2.5 Ippodromi e spazi associati	1080	0,85	918	0,05	54
1.4.2.6 Autodromi e spazi associati	462	0,60	277	0,20	92
1.4.2.7 Aree archeologiche	35	0,90	31	0,10	3
1.4.2.8 Aree adibite alla balneazione	862	0,10	86	0,15	129
1.4.3.0 Cimiteri	691	0,50	345	0,40	276
TOTALE TERRITORI ARTIFICIALIZZATI	**187740**	**0,43**	**80865**	**0,53**	**99117**
2.1.1.0 Seminativi in aree non irrigue	261600	0,991	259219	0,009	2381
2.1.2.1 Seminativi semplici in aree irrigue	785258	0,987	775363	0,013	9894
2.1.2.2 Vivai	810	0,981	795	0,019	15
2.1.2.3 Colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica	1510	0,981	1481	0,019	29
2.1.3.0 Risaie	18573	0,999	18560	0,001	13
2.2.1.1 Vigneti	43218	0,991	42829	0,009	389
2.2.1.2 Frutteti e frutti minori	108641	0,979	106403	0,021	2238
2.2.2.0 Oliveti	1756	0,980	1721	0,020	35
2.2.3.1 Pioppeti colturali	10245	0,990	10142	0,010	102
2.2.3.2 Altre colture da legno (noceti, ecc.)	1242	0,990	1230	0,010	12
2.3.1.0 Prati stabili	28372	0,987	28014	0,013	357
2.4.1.0 Colture temporanee associate a colture permanenti	1428	0,990	1414	0,010	14
2.4.2.0 Sistemi colturali e particellari complessi	12523	0,980	12272	0,020	250
2.4.3.0 Aree occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	42246	0,989	41794	0,011	452
TOTALE TERRITORI AGRICOLI	**1317421**	**0,99**	**1301237**	**0,01**	**16183**
3.1.1.2 Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	365510	0,994	363390	0,006	2120
3.1.1.3 Boschi a prevalenza di salici e pioppi	2146	0,994	2134	0,006	12
3.1.1.4 Boschi planiziari a prevalenza di farnie, frassini ecc.	1695	0,994	1685	0,006	10
3.1.1.5 Castagneti da frutto	1440	0,994	1431	0,006	8
3.1.2.0 Boschi di conifere	15494	0,994	15405	0,006	90
3.1.3.0 Boschi misti di conifere e latifoglie	16758	0,994	16661	0,006	97
3.2.1.0 Praterie e brughiere d'alta quota	8314	0,994	8266	0,006	48
3.2.2.0 Cespuglieti e arbusteti	971	0,994	965	0,006	6
3.2.3.1 Aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	69956	0,994	69550	0,006	406
3.2.3.2 Aree a rimboschimenti recenti	4533	0,994	4507	0,006	26
3.3.1.0 Spiaggie, dune e sabbie	302	0,070	21	0	0
3.3.2.0 Rocce nude, falesie e affioramenti	2097	0,080	168	0	0
3.3.3.1 Aree calanchive	15296	0,250	3824	0	0
3.3.3.2 Aree con vegetazione rada di altro tipo	3512	0,350	1229	0	0
TOTALE TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMINATURALI	**628037**	**0,98**	**613914**	**0,01**	**3520**

Categorie uso del suolo 2003	Superficie (in ettari)	Indice "suolo"	Superficie "suolo"	Indice imperm.	Superficie imperm.
4.1.1.0 Zone umide interne	6937	1,00	6937	0	0
4.1.2.0 Torbiere	10	1,00	10	0	0
4.2.1.1 Zone umide salmastre	1598	0,90	1438	0	0
4.2.1.2 Valli salmastre	14574	0,25	3643	0	0
4.2.1.3 Acquacolture	339	0,40	136	0,10	34
4.2.2.0 Saline	1387	0,20	277	0,10	139
TOTALE AMBIENTE UMIDO	**24844**	**0,50**	**12441**	**0,01**	**173**
5.1.1.1 Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	22626	0,50	11313	0,02	453
5.1.1.2 Canali e idrovie	10204	0,60	6123	0,10	1020
5.1.1.3 Argini	3830	0,85	3256	0,15	575
5.1.1.4 Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	13070	0,85	11110	0,05	654
5.1.2.1 Bacini naturali	245	0,15	37	0	0
5.1.2.2 Bacini con destinazione produttiva	316	0,02	6	0,05	16
5.1.2.3 Bacini artificiali di varia natura	3008	0,08	241	0,10	301
5.1.2.4 Acquacolture	466	0,10	47	0,15	70
TOTALE AMBIENTE DELLE ACQUE	**53766**	**0,60**	**32132**	**0,06**	**3088**
TOTALE REGIONALE	**2211808**	**0,92**	**2040590**	**0,06**	**122079**

Tabella 2 – Valori delle superfici di uso del suolo, suolo e impermeabilizzazione 2003

Risultati e conclusioni

L'applicazione degli indici mediante un foglio excel permette di calcolare automaticamente le superfici impermeabilizzate e quelle con suolo sia per ogni singola categoria, sia a livello di macrocategorie, sia a livello regionale. E' inoltre possibile fare rapidamente la stessa operazione per vari tipi di ambito territoriale: provincia, comune, comunità montana, bacino, fascia altitudinale, ambito di paesaggio, ecc. Nella figura 3, ad esempio, sono riportate le percentuali di impermeabilizzazione relative ai territori delle Province dell'Emilia-Romagna. Questi indici sono ancora migliorabili ma comunque permettono già di fare delle stime notevolmente dettagliate delle superfici impermeabilizzate e di quelle con suolo che danno dei risultati interessanti. A livello regionale, per quanto riguarda le macrocategorie, si può ad esempio notare che per i territori artificializzati si ha una percentuale media di impermeabilizzazione del 53%, mentre l'applicazione dell'indice suolo/non suolo ha consentito di evidenziare quella parte di superficie, in effetti rilevante (80.865 ettari), dove è presente suolo e che, ad esempio, contribuisce in maniera significativa al bilancio regionale del carbonio.

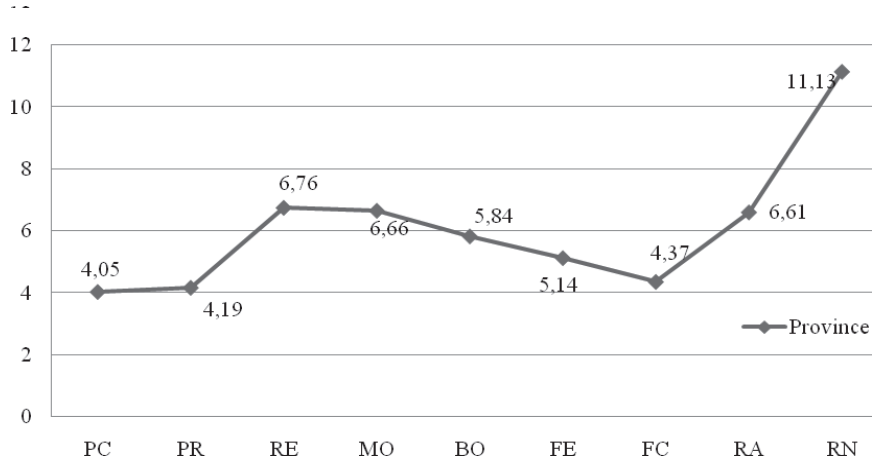


Figura 3 - Percentuale di impermeabilizzazione dei territori provinciali dell'Emilia-Romagna

Per le aree agricole l'impermeabilizzazione è attorno all'uno per cento che, moltiplicato per l'elevato numero di ettari facenti capo a questa categoria, porta peraltro ad un risultato di 16.183 ettari che è comunque notevole in termini assoluti. Considerazione analoghe possono essere fatte per i territori boscati e gli ambienti seminaturali. Per l'ambiente umido si evidenzia un cinquanta per cento di superficie con suoli, mentre l'impermeabilizzazione è quasi nulla. Nell'ambiente delle acque, infine, si hanno mediamente superfici col sessanta per cento di suolo e poca impermeabilizzazione, ma in questo caso ulteriori approfondimenti potrebbero modificare la stima.
In prospettiva futura sarebbe interessante riuscire a predisporre indici suolo/non suolo e di impermeabilizzazione relativamente all'uso del suolo del 1976 per effettuare i confronti ed evidenziare i cambiamenti del territorio che ci sono stati nel tempo. In futuro si porrà inoltre l'esigenza di procedere ad un aggiornamento dell'uso del suolo del 2003 per poter monitorare l'evoluzione dei fenomeni di cambiamento anche tramite l'applicazione degli indici suolo/non suolo e impermeabilizzazione.

Bibliografia

Bologna S., Chirici G., Corona P., Marchetti M., Pugliese A., Munafò M. (2004). Sviluppo e implementazione del IV livello Corine Land Cover 2000 per i territori boscati e ambienti seminaturali in Italia. Atti della 8° Conferenza Nazionale ASITA, Roma, 1: 467-472.

Campiani E., Corticelli S., Garberi M.L. (2002) Proposta metodologica per la realizzazione del nuovo database multiscala dell'uso del suolo della Regione Emilia-Romagna *Atti della 6ª Conferenza Nazionale ASITA*, Perugia, 1: 603-608.

Campiani E., Corticelli S., Garberi M. L., Gavagni A., Guandalini B. (2006) Uso del suolo 2003 Regione Emilia-Romagna, Servizio Sistemi informativi geografici.

Corticelli S., Bocci M., Campiani E., Garberi M.L., Guandalini B., Salvestrini L. (2004) Utilizzo di immagini QuickBird per la realizzazione della carta dell'uso del suolo della regione Emilia-Romagna *Atti della 8a Conferenza Nazionale ASITA*, Roma, 1: 873-878.

Commissione Comunità Europee COM(2006) 231 Strategia tematica per la protezione del suolo.

Commissione Comunità Europee COM(2006) 232 Proposta di una direttiva per la protezione del suolo.

European Environmental Agency – European Topic Center – Terrestrial Environment, 2002. Corine land Cover update. I&CLC2000 project. Technical Guidelines. European Environmental Agency.

Filippi N., Sbarbati L., (1994) I suoli dell'Emilia-Romagna – note illustrative. Regione Emilia-Romagna, Servizio Cartografico.

Gardi C. (2007) Là dove c'era il grano…ora c'è asfalto e cemento. Agricoltura, 4, 14-16

Marchetti M. (2002). Metodologie per una cartografia del suolo multilivello e multiscala: analisi e sperimentazioni applicative . Documenti Del Territorio, 49: 33-51.

Soil Survey Staff (1998) Keys to Soil Taxonomy 8ª ed. USDA-NRCS.

VALUTAZIONE DELL'USO DI IMMAGINI SATELLITARI A MEDIA RISOLUZIONE PER L'INDIVIDUAZIONE DI AREE PERCORSE DA INCENDIO

Roberto COSTANTINI, Letizia COSTANZA, Luca ANGELI,
Raffaella FERRARI, Lucia INNOCENTI

(*) CNR-Ibimet, via G. Caproni 8 – 50145 Firenze, e-mail: costantini@lamma-cres.rete.toscana.it

Riassunto

1) La "Legge quadro in materia di incendi boschivi" n.353 del 21 novembre 2000 prescrive l'istituzione da parte dei comuni di un catasto dei suoli percorsi da incendi, che renda effettivo il divieto di svolgere determinate attività sui terreni attraversati dal fuoco.
La presente attività di ricerca, svolta presso l'Istituto di Biometeorologia del CNR, ha consentito di sperimentare l'uso di immagini telerilevate a basso costo, al fine di individuare le aree percorse da incendio.
2) Operativamente, sono state valutate due diverse metodologie per la perimetrazione delle aree percorse da incendio, sulla base del danno subito dal soprassuolo, valutato in funzione della risposta spettrale della vegetazione. La prima metodologia ha utilizzato un'immagine Landsat 5 TM per il calcolo dell'NDVI, e la seconda, due immagini (una pre-incendio e una post-incendio) acquisite dal sensore ASTER, per la tecnica del *Change Detection*, processo che rende possibile correlare e comparare due set di immagini della stessa area, riprese in date differenti, evidenziando i cambiamenti intercorsi.
3) Questo studio ha confermato la difficoltà di individuare e perimetrare con precisione aree percorse dal fuoco, utilizzando immagini a media/bassa risoluzione e di costo limitato. Avendo però a disposizione una serie di dati ausiliari di maggior dettaglio (fotografie aeree e punti di innesco), il fotointerprete può perimetrare con una maggiore precisione le aree incendiate individuate attraverso le procedure descritte. Infatti, vista la risoluzione delle immagini, il prodotto ottenuto non può essere utilizzato al fine della realizzazione di una carta per l'apposizione dei vincoli previsti dalla legge, ma può essere un ottimo mezzo per elaborare studi relativi all'incidenza, anche areale, oltre che di frequenza, del fenomeno degli incendi boschivi su territori di ampie estensioni, a scale non di dettaglio (Provincia, Regione).

Abstract

1) The Law n.353 about forest fires came into force the 21 november 2000; according to this law the national legislation ordinates the local municipalities (Comuni) to institute a burnt areas register in order to forbid several activities over the burnt soils.
This research activity, carried out by the Biometeorological Institute of the National Research Council (CNR), has experimented techniques of soil analysis using low cost remotely sensed images, in order to identify the burnt areas.
2) To ifentify the edges of the burnt areas have been analised two different methodologies based on the damage suffered by the soil, according to the spectral response of vegetation; the first method is based on the use of one image Landsat 5 TM for the NDVI computation; the second method uses two images (one before the fire and one after the fire) of the ASTER sensor, in order to use the Change Detection technique that allows to correlate and compare two sets of images of the same area, shot in different times, highlighting the changes.

3) Both the analysis have confirmed the difficulty to exactly identify the edges of the burnt areas, using low cost images at medium/low resolution. However, using some auxiliary and more detailed data (aerial photographies, ignition points), the photointerpreter can highly improve the accuracy of the two methods. Due to the medium/low resolution of the images, the outputs can not be used to draw a map to directly put constraints according to law terms, but it can be a excellent system to elaborate studies on the extension and frequency of forest fires on territories of large scale.

Introduzione

Con il presente lavoro, si sono sperimentate delle tecniche di analisi del territorio utilizzando immagini telerilevate a basso costo, al fine di valutarne la possibilità di utilizzazione per l'individuare le aree percorse da incendio.

Più precisamente, l'attività sperimentale ha riguardato la valutazione di due diverse metodologie per la perimetrazione delle aree percorse da incendio, basate sull'analisi del danno subito dal soprassuolo, valutato in funzione della risposta spettrale della vegetazione. Con la prima metodologia è stata valutata la possibilità di utilizzare una singola immagine Landsat 5 TM, dalla quale è stato ricavato l'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), mentre con la seconda è stata applicata la tecnica del Change Detection, comparando due immagini della stessa area, riprese in date differenti (una nel periodo primaverile, l'altra in quello di fine estate dello stesso anno di analisi), acquisite dal sensore ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer).

DATI INFORMATIVI DI BASE

Database schede Anti Incendi Boschivi (AIB)

A partire dalle schede AIB, la Regione Toscana ha realizzato un database in formato MS Access con tutti i dati originariamente presenti nella scheda; ai fini del presente studio, il database è stato semplificato, così da avere solo i seguenti campi: numero progressivo dell'evento, data d'inizio dell'incendio, Codice ISTA del Comune, Località, Coordinate XY del punto d'innesco, superficie (boschiva e non boschiva) percorsa dal fuoco.

In questo nuovo database sono state effettuate ulteriori operazioni di "pulizia", consistenti nell'eliminazione di tutti i record relativi agli incendi:

- privi di informazione nei campi delle coordinate;
- con superficie minore di 5 ettari, perché difficilmente identificabili con immagini satellitari di media risoluzione come quella del Landsat 5 TM e dell'ASTER;
- verificatisi al di fuori del periodo maggio/settembre 2003;
- con evidenti errori nelle coordinate dei punti di innesco (esterni al territorio comunale al quale l'incendio è stato attribuito, oppure ricadenti in mare).

Ortofoto AGEA

Trattasi di foto aeree digitali in bianco e nero che coprono l'intera estensione del territorio regionale, comunemente utilizzate dall'AGEA (Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura) per effettuare i controlli sulle produzioni agricole: ciascuna foto fornisce un'immagine del territorio con risoluzione di 1 metro al suolo.

Immagine Landsat 5 TM

I satelliti della serie Landsat furono progettati a partire dagli anni '60 dalla NASA per ovviare alle limitate capacità di osservazione della Terra dei satelliti meteorologici; il primo satellite Landsat (ERTS-1) fu lanciato nel 1972. I satelliti Landsat orbitano 705 Km (circa 435 miglia) con un ciclo di rivisitazione di 16 giorni.

L' immagine Landsat 5 TM (Tematic Mapper) a nostra disposizione è un'immagine multispettrale in formato *bil* già georeferenziata e ortorettificata; attraverso il software IDRISI (Clark University) è stato effettuato il calcolo dell'indice di vegetazione NDVI.

Immagine ASTER

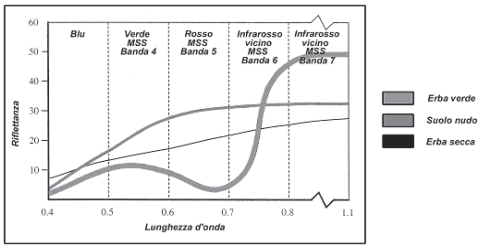
Attraverso l'utilizzo di due immagini ASTER acquisite in periodi diversi (prima e dopo la stagione degli incendi), è stato effettuato il *change detection* per identificare le differenze fra le due immagini e quindi mettere in risalto quelle dovute a fenomeni incendiari.
Nello studio in esame sono stati utilizzati i dati di tipo L1B, generati applicando i coefficienti per la calibrazione radiometrica e il campionamento geometrico, in quanto gratuiti, applicandovi poi un ulteriore algoritmo di correzione radiometrica (*decorrelation stretch*).

presupposti metodologici

L'individuazione delle superfici incendiate e la loro successiva perimetrazione in formato vettoriale è avvenuta valutando due diverse metodologie.
La prima metodologia ha previsto l'utilizzo di un'immagine Landsat 5, considerando l'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ottenuto sulla base TM e definito come:

NDVI = (Rnir-Rred)/(Rnir+Rred)
Rred = riflettanza nel rosso: banda 3
Rnir = riflettanza nel vicino infrarosso: banda 4

Nella seconda metodologia si sono invece sfruttati i valori della banda 3 (infrarosso vicino) delle immagini acquisite dal sensore ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), per la tecnica del Change Detection.
In entrambi i casi la zonazione delle aree percorse da incendio è avvenuta in funzione del danno subito dal soprassuolo, sulla base della risposta spettrale dell'attività della vegetazione.
Gli indici di vegetazione consentono, infatti, di mettere in evidenza la presenza e lo "stato di salute" delle coperture vegetali. Sono basati sulle caratteristiche spettrali della vegetazione, in particolare sul forte assorbimento della radiazione elettromagnetica nella banda del rosso (circa 0.6-0.7 μm), dovuto all'assorbimento dei pigmenti della foglia (clorofilla) e sulla forte riflessione della radiazione nella banda dell'infrarosso vicino (circa 0.8-0.9 μm) a causa della struttura del mesofillo.
Nella figura seguente sono riportate le caratteristiche tipiche della riflettanza spettrale per la vegetazione sana (erba verde), per la vegetazione morta o senescente (erba secca), per il suolo nudo.



METODOLOGIA LANDSAT

L'immagine Landsat 5 TM messa a disposizione per lo studio è un'immagine multispettrale (con le singole bande separate) in formato *bil*, già georeferenziata e ortorettificata nel sistema Gauss Boaga.
Con il modulo *Image Calculator* del software IDRISI sono state eseguite le operazioni di *Map Algebra* corrispondenti al calcolo dell'NDVI.

Individuazione e perimetrazione delle aree incendiate

Attraverso lo shapefile dei punti di innesco degli incendi e l'immagine NDVI si è proceduto manualmente ad una prima perimetrazione di ogni area, sulla base dell'indice di vegetazione con valori prossimi allo zero (l'attenzione si è focalizzata alle zone boscate in quanto solo queste saranno in seguito soggette a vincoli di particolare salvaguardia).

Poiché l'immagine Landsat 5 TM non ha una risoluzione tale da permettere la distinzione di singoli elementi territoriali con risposta spettrale simile a quella delle aree incendiate (suolo nudo, aree edificate), ci siamo avvalsi, in una seconda fase, della maggior definizione spaziale delle fotografie aeree relative ai voli effettuati negli anni 2002/2003 (primavera) e quindi antecedenti agli incendi in esame, ma comunque utili per verificare il tipo di soprassuolo preesistente.

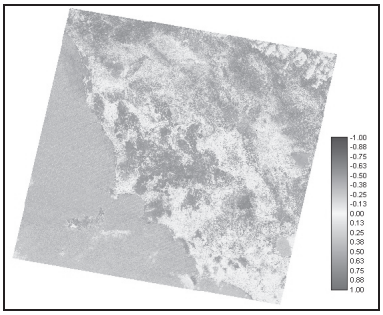
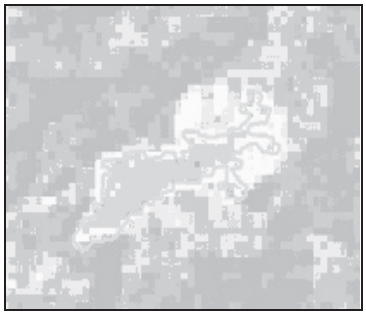


Immagine Landsat TM utilizzata



Dettaglio di perimetrazione area incendiata

Riportando il perimetro del poligono precedentemente editato sulla fotografia AGEA della medesima zona è stato quindi possibile correggere i potenziali errori effettuati nella perimetrazione, decurtando gli eventuali elementi antropici con risposta spettrale simile al soprassuolo incendiato.

È stata successivamente calcolata l'area racchiusa dal poligono editato, per confrontarla con quella riportata nelle schede AIB.

Risultati

Questo tipo di analisi è stata effettuata per tutti gli incendi con superficie boscata maggiore o uguale a 5 ettari; il tentativo di poligonare anche incendi con superficie inferiore non ha portato a risultati accettabili, a causa della scarsa risoluzione dell'immagine satellitare.

In alcuni casi l'area perimetrata sulla base della fotointerpretazione a video è risultata maggiore di quella riportata nel database dei punti di innesco; ciò può essere dovuto o ad una erronea valutazione dell'area incendiata da parte di chi ha effettuato le operazioni di intervento, oppure al fatto che in alcuni casi gli incendi sono avvenuti in aree parzialmente sovrapposte ad altre già precedentemente incendiate, per cui la vegetazione risulta essere già fortemente degradata.

In conclusione, si è ottenuto uno strato informativo in formato Shape costituito da 40 poligoni la cui tabella degli attributi riporta l'identificativo univoco, le note, l'area espressa in ettari.

METODOLOGIA ASTER

Il *change detection* è il processo di identificazione di differenze nello stato di un oggetto o di un fenomeno osservato in momenti distanti nel tempo. Con questo metodo è possibile correlare e comparare due immagini della stessa area, riprese in date differenti, evidenziandone i cambiamenti.

In particolare si sono ricercate le immagini che coprissero le zone della regione nelle quali, attraverso l'immagine Landsat, erano già stati individuati alcuni degli incendi più vasti e intensi; tra queste si sono quindi acquisite un'immagine del periodo antecedente alle date dei vari incendi del nostro dataset (1/4/2003) e un'immagine successiva a tali date (18/03/2004): tali immagini si riferiscono a un'area di circa 3.600 Km² riguardante la provincia di Prato e parte delle province di Lucca, Pistoia e Firenze.

Cambio di proiezione e ricampionamento
Si è posta la necessità di riproiettare le due immagini nel sistema Gauss Boaga Roma 40. Per fare questo si è applicata una trasformazione del primo ordine, al fine di minimizzare gli effetti distorsivi sulla forma dell'immagine. Successivamente si è creata un'immagine di output nella quale i valori dei pixels sono stati ricampionati (*resampling*) in base all'algoritmo *Nearest Neighbour* che, a scapito di un aumento del "rumore di fondo", mantiene inalterati i valori di radianza.

Ortorettifica delle immagini e correzione dello shift delle immagini
Come immagine di riferimento per l'ortorettifica è stata usata la scena Landsat 5 TM, quale riferimento dell'orizzontale, mentre per il riferimento del verticale si è ricorsi al DEM SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) con risoluzione spaziale di 90 metri; si sono utilizzati 50 punti come *Ground Control Point* e 10 come *Check Point* (successivamente utilizzati, attraverso il calcolo dell'errore quadratico medio, per la valutazione qualitativa dell'ortorettifica).
Le due immagini ortorettificate hanno evidenziato la presenza di un residuale *shift* di circa 125 metri sull'asse delle x (probabilmente derivante da diversi valori di ripresa della scena): è stato perciò necessario modificare manualmente il file tfw dell'immagine 2004, apportando una correzione di 125 metri sulle x e di ½ pixel sulle y.

Operazione di Change Detection e perimetrazione delle aree incendiate
Mediante l'operazione di *change detection* è stata calcolata la differenza tra le due immagini "*Before Fire*" e "*After Fire*", sulla banda dell'infrarosso, evidenziando i cambiamenti che superano la soglia impostata e creando in output la nuova immagine denominata "*Image Difference*": si tratta di un'immagine a toni di grigio che è il diretto risultato della sottrazione della "*Before Fire Image*" dalla "*After Fire Image*". Sulla base dell'*Image Difference* e adottando la stessa metodologia seguita nel caso dell'immagine Landsat, è stata poi effettuata la perimetrazione delle aree percorse dal fuoco, relative ai 7 incendi che si sono verificati nel periodo estivo dell'anno 2003, nella porzione di territorio compreso nelle immagini ASTER.

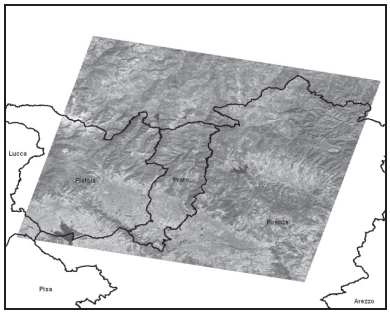
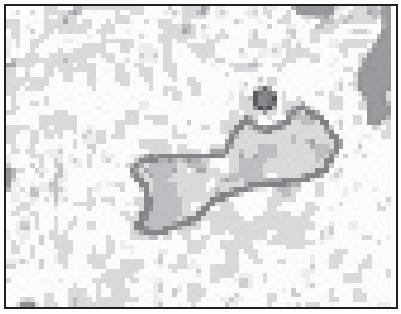


Immagine ASTER utilizzata


Dettaglio di perimetrazione area incendiata

Risultati
L'analisi effettuata con il metodo del *Change Detection* sulle immagini ASTER ha portato a risultati molto simili a quelli ottenuti con limmagine Landsat: a causa del "rumore di fondo" presente, non è stato infatti possibile apprezzarne la maggiore risoluzione ed il tentativo di poligonare anche incendi con superficie inferiore a 5 ettari non ha portato, anche in questo caso, a risultati particolarmente soddisfacenti.
Per questo, il prodotto ottenuto non può essere utilizzato al fine della realizzazione di una carta sulla finalizzata ad apporre i vincoli previsti dalla legge, ma può essere un ottimo mezzo per studi relativi all'incidenza, anche areale, oltre che di frequenza, del fenomeno degli incendi boschivi su territori di ampie estensioni, a scale non di dettaglio, quale quella regionale.

A tal proposito, analizzando le superfici riportate nella scheda AIB e quelle calcolate a partire dalle immagini satellitari, si nota che, comparando i singoli eventi, ci possono essere delle differenze fino a un massimo del 167%; valutando invece la sommatoria delle superfici dei singoli eventi, tale scostamento si abbassa a valori pressoché trascurabili, variando da un minimo dello 0,12% per i dati Landsat, a un massimo dell'8% per i dati ASTER.

DATI LANDSAT				
ID	Area calcolata (ettari)	Area scheda AIB (ettari)	Scostamento assoluto	Scostamento percentuale
1	760	649	+111	17%
2	414	460	-46	-10%
3	317	353	-36	-10%
4	90	140	-50	-36%
5	130	110	+20	18%
6	112	105	+7	7%
7	159	100	+59	59%
8	33	65	-32	-49%
9	58	62	-4	-6%
10	53	50	+3	6%
11	15	47	-32	-68%
12	42	40	+2	5%
13	33	31	+2	6%
14	21	24	-3	-13%
15	23	23	0	0%
16	20	22	-2	-9%
17	39	21	+18	86%
18	12	21	-9	-43%
19	15	20	-5	-25%
20	19	19	0	0%
21	12	16	-4	-25%
22	22	15	+7	47%
23	4	15	-11	-73%
24	12	14	-2	-14%
25	16	14	+2	14%
26	9	13	-4	-31%
27	10	13	-3	-23%
28	10	13	-3	-23%
29	19	13	+6	46%
30	10	12	-2	-17%
31	6	11	-5	-45%
32	11	11	0	0%
33	11	10	+1	10%
34	16	10	+6	60%
35	12	10	+2	20%
36	16	6	+10	167%
	TOT	TOT	TOT	Sul TOTALE
	2561	2558	3	0,12%

DATI ASTER				
ID	Area calcolata (ettari)	Area scheda AIB (ettari)	Scostamento assoluto	Scostamento percentuale
1	414	460	-46	-10%
2	9	13	-4	-31%
3	14	13	1	8%
4	10	13	-3	-23%
5	12	10	2	20%
6	16	6	10	167%
	TOT	TOT	TOT	Sul TOTALE
	475	515	-40	-8%

DATI LANDSAT				
ID	Area calcolata (ettari)	Area scheda AIB (ettari)	Scostamento assoluto	scostamento percentuale
2	414	460	- 46	- 10%
26	9	13	- 4	- 31%
27	10	13	- 3	- 23%
28	10	13	- 3	- 23%
35	12	10	+ 2	+ 20%
31	16	6	+ 10	+ 167%
	TOT	TOT	TOT	Sul TOTALE
	471	515	- 44	- 9%

La rilevante differenza dell'errore commesso sul totale delle superfici rilevate può essere dovuta alla minore area complessiva indagata con le immagini ASTER, rispetto a quella dell'immagine Landsat: l'incendio n. 6 dell'immagine ASTER (corrispondente al n.31 nel Landsat) ha infatti un peso relativo sul totale ben maggiore che non nel caso del più numeroso dataset degli incendi rilevati sulla base dell'immagine Landsat. Infatti, se confrontiamo esclusivamente gli stessi eventi presenti sia sulle immagini ASTER che in quella Landsat, allora le differenze di valori sono pressoché trascurabili: solo in un caso la perimetrazione differisce di 4 ettari, determinando valori di errore percentuale, rispettivamente del 23% e dell'8%.
In conclusione, possiamo quindi affermare che l'analisi delle due metodologie suggerisce due valide alternative per la rilevazione di aree percorse da incendio utilizzando immagini satellitari a bassa risoluzione, e quindi a basso costo; infatti, nel caso si dovesse valutare la superficie complessiva percorsa dagli incendi su un'area sufficientemente vasta come quella regionale, il metodo può dare dei risultati attendibili, mentre non potrà essere utilizzato per dire con precisione se, ad esempio, una certa particella catastale è stata effettivamente interessata o no dall'incendio e quindi per apporre una condizione di vincolo.

Bibliografia

Angeli L., Costantini R., Ferrari R., Innocenti L (2003), *Specifiche tecniche per la georeferenziazione*, CNR Ibimet, Firenze

Benincasa F, Maracchi G. (2001), *La tecnologia GIS nel monitoraggio ambientale – Collana tecnico-scientifica IB – Quaderno n.9,* CNR Ibimet, Firenze

Jensen J. R. (2000), *Remote Sensing of the Environment – An Earth Resource Perspective*, Prentice Hall, NJ, 2000

Schowengerdt R. A. (1997), *Remote Sensing – Models and Methods for Image Processing*, Academic Press, San Diego, 1997

IL RILIEVO LASER SCANNER APPLICATO ALLE SUPERFICI A CUPOLA IN PUGLIA

Domenica COSTANTINO, Maria Giuseppa ANGELINI, Giovanni CAPRINO

DIASS - Politecnico di Bari, Facoltà di Ingegneria , v.le del Turismo, 8 – 74100 Taranto
E-mail: d.costantino@poliba.it; tel. +39 99 4733215; fax +39 99 47733304

Abstract
A 3D model has integrated information that can be analyzed, increased and used for enlarging the knowledge of a site. The three-dimensional reconstruction is important for all that sites of artistic historical interest whose documentation and metric reconstruction are fundamental for the study and the cataloguing, for interventions of restoration or improvement faithful to the native shape. The led application has put in evidence the possibility to use the laser scanner technique for surveys of architectural sites to the purposes of the study of the vaults geometry. The survey of these geometries is of difficulty solution through the traditional methodologies. Today the only photogrammetrical methodology has brought to satisfying results, seen the good precisions obtainable, nevertheless, this methodology requires rather long times of elaboration. The laser scanning technique has allowed the digitalization and modelling of different geometries constituent some possible solutions of coverage with different shape and size. The choice of opportune algorithms of modelling has allowed the optimization of the mesh and its possible export in CAD format, preserving rigorously the aspect and the superficial metrics of it. A mathematical approach has been brought related to the analysis of the surfaces and their approximation/representation defining at first simplest geometries and verifying their correspondence with real objects. In the case of complex surfaces, not referable to any primitive (sphere, cylinder, cone, etc.), the mesh has been exported and managed with proper softwares of calculation and modelling.

Riassunto
Un modello 3D contiene informazioni integrate che possono essere analizzate, incrementate ed utilizzate per aumentare la comprensibilità di un sito. La ricostruzione tridimensionale è importante per tutti quei siti di interesse storico artistico la cui documentazione e ricostruzione metrica sono fondamentali per lo studio e la catalogazione, per interventi di restauro o risanamento fedeli alla forma originaria. L'applicazione condotta ha messo in evidenza la possibilità di utilizzare la tecnica laser scanner per rilievi di siti architettonici ai fini dello studio della geometria delle volte. Il rilievo di queste geometrie è di difficile soluzione mediante le metodologie tradizionali. Ad oggi la sola metodologia fotogrammetrica ha portato a risultati soddisfacenti, viste le notevoli precisioni ottenibili, tuttavia, tale metodologia richiede tempi di elaborazione piuttosto lunghi. La tecnica del laser scanning ha consentito la digitalizzazione e la modellizzazione di differenti geometrie costituenti alcune possibili soluzioni di copertura a volta aventi differenti forma e dimensione. La scelta di opportuni algoritmi di modellazione ha consentito l'ottimizzazione della mesh e la sua possibile esportazione in formato CAD conservandone rigorosamente l'aspetto e la metrica superficiale. È stato condotto un approccio matematico relativo all'analisi delle superfici e delle loro approssimazioni/rappresentazioni definendo dapprima le geometrie più semplici e verificandone la corrispondenza con oggetti reali. Nel caso di superfici complesse, non riconducibili a nessuna primitiva (sfera, cilindro, cono, ecc.), la mesh è stata esportata e gestita con opportuni software di calcolo e modellazione.

1. Modellizzazione tridimensionale

La ricostruzione tridimensionale dei siti di interesse storico artistico diviene fondamentale per la documentazione e ricostruzione metrica. Ad esempio, il modello 3D completo di un sito architettonico consente un eventuale studio per interventi di restauro o risanamento fedele della forma originaria. È auspicabile che questo risulti pratico ed efficiente, facilmente gestibile con strumenti commerciali e modificabile, pur conservando elevata risoluzione geometrica ed accuratezza. Ad oggi è possibile ottenere detti risultati grazie alle nuove tecnologie di rilievo in particolare attraverso la tecnica laser scanner la quale consente, in tempi decisamente rapidi, con precisioni adeguate ed integrandosi con tecniche già consolidate, di ottenere modelli 3D realistici dell'oggetto indagato. I risultati ottenuti consentono inoltre la costituzione di un archivio tridimensionale di valenza metrica in continuo aggiornabile, consultabile e altresì necessario per valutare eventuali fenomeni di degrado e danno.

1.1 Rilievi eseguiti

Si sono rilevate le chiese di San Benedetto in Brindisi, San Vito in Corato (*fig. 1*), Ognissanti in Valenzano, San Felice a Balsignano in agro di Bitonto (*fig. 2*), Santa Maria di Gallana in agro di Latiano e San Pietro in Masseria Seppanibale Grande in agro di Monopoli (*fig. 3*), con tecnica laser scanner.

Figura 1 – San Benedetto in Brindisi (a sinistra) e San Vito in Corato (a destra)

Figura 2 – Ognissanti in Valenzano (a sinistra) e San Felice a Balsignano in Bitonto (a detrsa)

Figura 3 – Santa Maria di Gallana in Latiano (a sinistra) e San Pietro in Masseria Seppanibale Grande di Monopoli (a destra)

Il rilievo è stato eseguito mediante il laser scanner HDS 3000 Leica, predisponendo per ogni sito un eidotipo dell'oggetto da rilevare sul quale progettare le posizioni di acquisizione, il ricoprimento tra le scansioni adiacenti e il posizionamento di marker retroriflettenti per le operazioni di allineamento delle scansioni. Per ciascuna chiesa è stato, pertanto, redatto un progetto preliminare ed, inoltre, progettata l'eventuale integrazione di rilievo topografico per la generazione di punti di appoggio ausiliari necessari alla registrazione delle differenti scansioni. In quest'ultimo caso le operazioni di misura sono state eseguite con una stazione totale Leica TCRP 1201 Pin Point R300, mentre la compensazione è stata eseguita con il programma STARNET. Dai vertici di stazione sono stati collimati e monografati i punti naturali ed i targets necessari per l'appoggio nel sistema laser.

1.2 Elaborazione dei dati

Il processamento delle scansioni è stata eseguita con i software Cyclone attraverso un primo processo di filtraggio avviato nella fase di acquisizione ed il successivo processo di allineamento e registrazione delle scansioni in fase di elaborazione. Lo s.q.m. di registrazione ottenuto sulla quasi totalità delle constraints prodotte sui punti doppi riconosciuti è stimato tra 0,000 e 0,010 m. Successivamente è stata attuata l'integrazione dei dati mediante l'algoritmo ICP con processo semiautomatico identificando le aree di sovrapposizione tra le scansioni adiacenti (zone di overlap, indicate dall'operatore), basandosi su valori di confidenza opportuni; i risultati sono stati ottimizzati e presentano s.q.m. ridotti (*fig. 4*).

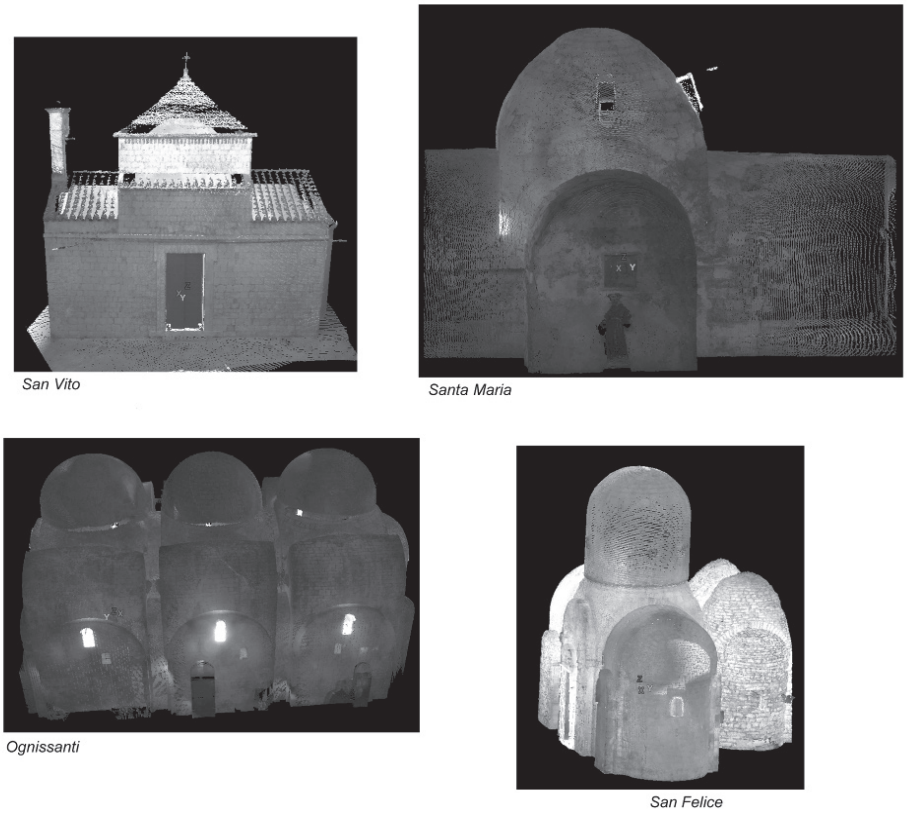


Figura 4 – Model Space completi delle chiese

A partire dalla nuvola di punti (*Dense Digital Elevatio Model*) è stato generato un modello di superfici (*Digital Surface Model*) costruito mediante maglie triangolari (*triangolazione di Delaunay),* mediante le differenti metodologia previste in Cyclone: Al fine di poter scegliere il giusto algoritmo si è divisa ciascuna Scan in Sub-Scan che riproducessero le geometrie elementari, scegliendo di volta in volta la TIN, la Basic e Complex Meshing rispettivamente a seconda che si potessero riconoscere superfici normali alla presa laser, superfici riconducibili a piani o proiezione di esse ovvero a superfici curve.
Nel software indicato, la fase di mesh, è stata eseguita per ciascuna chiesa o particolare di essa producendo una rappresentazione visivamente più intuitiva (*fig 5*).

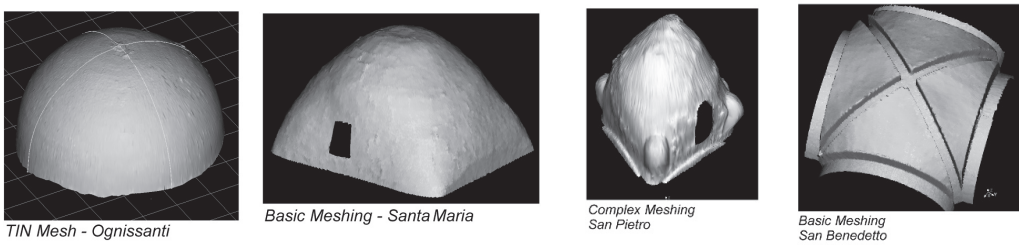


Figura 5 - Mesh delle volte

2. Risultati della modellizzazione

La scelta di opportuni algoritmi di modellazione ha consentito la decimazione della mesh e la sua facile esportazione in formato CAD conservando rigorosamente l'aspetto e la metrica superficiale.
La disponibilità dei modelli geometrici generati ha permesso un approccio matematico sulle superfici e sulle loro geometrie. Attraverso l'opzione di FIT Points Cloud prevista nel software è stato possibile dedurre le geometrie più semplici (così come riconoscibili all'interno del processo). Un esempio è rappresentato dalla cupola di Ognissanti sulla quale è stato avviato il processo di *fitting* (*fig. 6*). È possibile indagare sui parametri geometrici dell'oggetto e di verificarne la loro corrispondenza con gli oggetti reali.

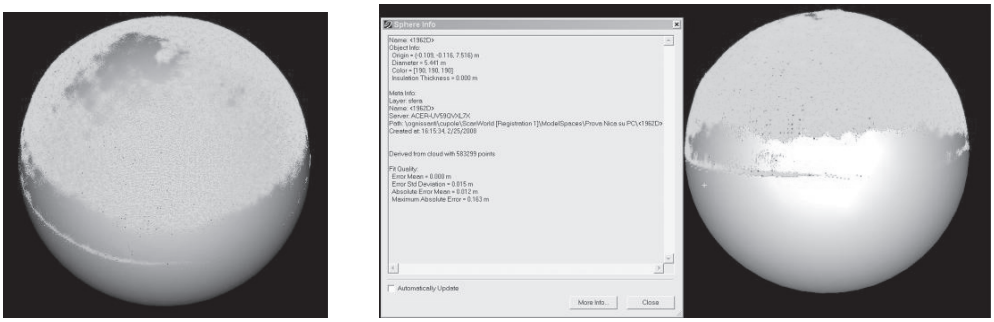


Figura 6 – FIT Points Cloud e Test fitting

A tal fine è stato realizzato un diagramma relativo alla dispersione dei punti attorno al valore geometrico trovato. È possibile osservare come in assoluto il valore massimo della dispersione e dello stesso ordine di grandezza della precisione del metodo e del relativo passo do griglia.

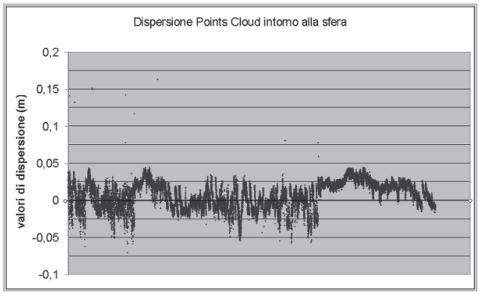


Figura 7 – Diagramma di dispersione dei punti

Nel caso di superfici complesse, non riconducibili a nessuna di quelle elementari contemplate nel software Cyclone (sfera, cilindro, cono, ecc.) ed al fine di generare la superficie di sviluppo della superficie, la mesh è stata esportata e gestita con software di calcolo e modellazione (*fig. 8*).
Sono state estratte le primitive principali corrispondenti ad elementi geometrici parametrizzabili e sono state scelte funzioni di sviluppo in grado di rappresentarle. È il caso della cupola della chiesa di San Pietro riportata nella figura seguente. In essa sono stati riscontrati tre elementi di superficie caratteristici che sono stati combinati al fine di generare una geometria complessiva.

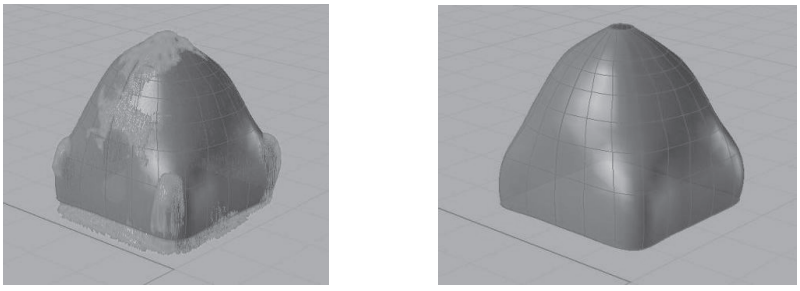


Figura 8 – Calcolo e modellazione

La possibilità di acquisire, dalla scansione laser, le radiometria dell'oggetto rilevato, l'eventuale informazione RGB ha consentito di poter avviare il processo di texture mediante i punti omologhi tra l'informazione laser e l'immagine fotografica. Ottenuta la texture di un qualsiasi elemento costituente l'oggetto rilevato è possibile ottenere ortofoto conservanti la metrica e la precisione del rilievo (*fig. 9*).

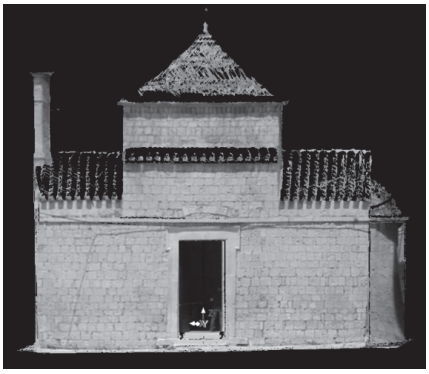


Figura 9 – Ortofoto

3. Conclusioni

Sono state analizzate una serie di elementi aventi differenti caratteristiche tra le quali le più significative sono state la cupola di Santa Maria e quella di San Pietro. Osservando la molteplicità di soluzioni che si presentano sul tema delle cupole, a fronte di una scarsa conoscenza geometrica specifica (dettata sino ad oggi dall'impossibilità di eseguire misure così dettagliate) si è potuto constatare come l'utilizzo della tecnica laser con l'ausilio di procedure geometriche e software di modellazione sia di notevole interesse ed applicabilità in questo campo sia per l'analisi che per una classificazione architettonica dei modelli costruttivi.

Bibliografia

A. Capra, D. Costantino, R. Maggi (2003), "*Applicazioni di fotogrammetria e laser scanner terrestre alle Colonne del Tempio di Poseidone, Taranto*". Atti della 7ª Conferenza ASITA, I vol., pp. 591-596 – Ed. Artestampa s.a.s., Galliate Lombardo (VA).

M. G. Angelini, A. Capra, D. Costantino, A. Galeandro, E. Putignano, S. Todaro (2004), *"Metodi di rilievo applicati a Chiese rupestri: Chiesa di Lama D'Antico"*. Atti del Convegno eArcom Tecnologia per comunicare l'architettura – Ancona, pp. 50-55 – CLUA Edizioni (AN).

D. Costantino, A. Capra, M. G. Angelini (2005), "*Virtual reconstruction of damaged decorative elements*", Workshop Italy-Canada "3D Digital Imaging and Modeling: Applications of Heritage, Industry, Medicine and Land"– Padova.

A. Capra, D. Costantino, G. Rossi, M. G. Angelini, M. Leserri (2005), *"Survey and 3D modelling of Castel del Monte"* - CIPA 2005 - XX International Symposium – International Cooperation to save the World's Cultural Heritage – Torino, pp. 183-188.

M. G. Angelini, D. Costantino, G. Rossi, M. Leserri (2006), *"Modellizzazione 3D mediante rilievo integrato dell'area urbana "Porta Napoli"*, Convegno SIFET "Le nuove frontiere della modellizzazione 3D", CD Rom.

M. G. Angelini, D. Costantino (2006), *"Ricostruzione tridimensionale per l'analisi del restauro della Chiesa di Cristo la Selva nella gravina di Matera",* Convegno SIFET "Le nuove frontiere della modellizzazione 3D", CD Rom.

D. Costantino, M. G. Angelini, G. Caprino (2007), *"Rilievo integrato per ricostruzione 3D e analisi speditiva degli affreschi - Cristo la Selva",* 11ª Conferenza ASITA, vol. I, pp. 809-816.

D. Costantino, M. G. Angelini, G. Caprino (2007), *"Rapid approach of integrated survey for the conservative analysis of pictures",* The ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol XXXVI – 5/C53.

El-Hakim S. F. (2001), "*Three-dimensional modelling of complex environments*", SPIE Proc., vol. 4309, Videometrics and optical methods for 3D shape measurements, San Jose.

Xie W., Zhang Z., Zhang J. (2004), *"Multi-image based camera calibration without control points"* XXth ISPRS Congress - Istanbul, Turkey Commission 5.

AAVV (2008), *"Spazi e culture del mediterraneo", Architetture e luoghi del mediterraneo- Ricerca PRIN 2005*, Edizioni Kappa - Roma

Ringraziamenti

The Engineering Faculty of Taranto of the Technical University of Bari has financially supported the participation of the authors at the conference, using funds of the Provincia di Taranto for the support of the faculty's didactic and scientific activities.

RILIEVO INTEGRATO PER I BENI CULTURALI; MASSERIA CESARIA (ITALY)

Domenica COSTANTINO, Maria Giuseppa ANGELINI, Giovanni CAPRINO

DIASS - Politecnico di Bari, Facoltà di Ingegneria , v.le del Turismo, 8 – 74100 Taranto. E-mail: d.costantino@poliba.it; tel. +39 99 4733215; fax +39 99 47733304

Abstract

Methodologies of integrated relief are been taken on the Neolithic archaeological site in Taranto named Farm Cesaria. The techniques of classic topography and GPS survey has allowed the territorial arrangement of the site, moreover the GPS points has been used, for the data georeferenziation acquired by the following applied topographical methodologies. The phootogrammetrical technique is applied in the survey of details. Contextually, the realization of orthophoto has allowed, to emphasize the manifold aspects typical of finds. The three-dimensional modeling through laser scanner survey has allowed a global representation of the interested area. Finally, the use of remote sensing images with high resolution has made possible to analyze the processes of excavation. For every phase of survey, elaboration and excavation results remarkable the aid provided by the use of the integrated system of database and GIS that has allowed a simpler management and cataloguing of the operations of excavation and survey, as well as, has constituted the following file integrated of consultation and management of the archaeological, topographical, historical and documentary data. There will realized new integrations and different possibilities of treatment of data to improve its availability by the operating archaeologists.

Riassunto

Sono state condotte metodologie di rilievo integrato sul sito archeologico Neolitico in Taranto denominato Masseria Cesaria. Le tecniche di topografia classica e di rilievo GPS hanno consentito l'inquadramento territoriale del sito, inoltre i punti GPS sono stati utilizzati, per la georeferenziazione delle informazioni acquisite dalle successive metodologie topografiche applicate. La tecnica fotogrammetrica e' stata applicata nel rilievo dei particolari. Contestualmente, la realizzazione di ortofoto ha consentito, di enfatizzare i molteplici aspetti caratterizzanti i reperti. La modellazione tridimensionale mediante rilievo laser scanner ha consentito una rappresentazione globale dell'area interessata. Infine, l'utilizzo di immagini telerilevate ad alta risoluzione ha reso possibile analizzare i processi di scavo. Per ogni fase di rilievo elaborazione ed attività di scavo è risultato notevole l'ausilio fornito dall'utilizzo del sistema integrato di database e GIS realizzato che ha consentito una più facile gestione e catalogazione delle operazioni di scavo e di rilievo, nonché ha costituito il successivo archivio integrato di consultazione e gestione dei dati archeologici, topografici, storici e documentari. Restano da attuare nuove integrazioni di dati e differenti possibilità di trattamento degli stessi per migliorarne la fruibilità da parte degli operatori archeologi.

1 Introduzione

1.1 Introduzione al lavoro

La possibilità di applicare tecniche di rilievo integrate su siti archeologici si rivela particolarmente utile nei casi in cui l'alta densità di informazioni riscontrate e i numerosi elementi da rappresentare non consentano di assolvere con una sola metodologia alle richieste metriche degli archeologi e di tutti coloro che operano nell'ambito storico culturale. A tal fine su un sito archeologico del periodo Neolitico ubicato in Taranto e denominato Masseria Cesaria, sono state condotte metodologie di rilievo integrato attraverso tecnica topografica tradizionale, satellitare GPS, fotogrammetrica, laser scanner ed elaborazione di immagini telerilevate. L'integrazione delle tecniche di rilievo ha agevolato e supportato il lavoro degli archeologici in tutte le fasi di studio e di indagine.
Sia la tecnica laser scanner terrestre che quella fotogrammetrica hanno consentito una visualizzazione generica e al tempo stesso di dettaglio dell'intero sito.
La metrica oggettiva, conservata in tutte le elaborazioni, ha fornito i dati necessari di analisi; è stato possibile, infatti, attraverso la comparazione dei risultati, da parte degli addetti, definire teorie di sviluppo storico dell'area. Le tecniche di indagine condotte mediante l'elaborazioni dell'immagine telerilevate hanno costituito una sperimentazione per il riconoscimento speditivo delle aree di scavo.
Per ogni fase di rilievo elaborazione ed attività di scavo è risultato notevole l'ausilio fornito dall'utilizzo del sistema integrato di database e GIS che, contestualmente, ha consentito una più facile gestione e catalogazione delle operazioni di scavo e di rilievo, nonché ha costituito il successivo archivio integrato di consultazione e gestione dei dati archeologici, topografici, storici e documentari.

1.2 Introduzione storica

Il Neolitico (Nuova età della Pietra) rappresenta uno dei periodi più importanti della storia della civiltà umana in quanto in esso iniziarono e si portarono a maturazione processi innovativi nello sfruttamento delle risorse ambientali. In questo contesto si inserisce la sperimentazione della manipolazione delle terraglie impastate, vale a dire l'origine della produzione ceramica.
Nell'area ionico-tarantina la presenza di comunità rurali neolitiche è abbastanza consistente, in particolare, si registra una intensa distribuzione di stanziamenti sistemati a "corona" che occupano sempre le alture in prossimità delle incisioni carsiche o dei grandi solchi vallivi.
Gli studiosi di panteologia tendono a sostenere che nel processo di sedentarizzazione delle comunità neolitiche la donna abbia giocato un ruolo determinate, soprattutto perché rappresentava il cardine della vita del villaggio. Si tratta, ovviamente, di deduzioni connesse con le esperienze di queste genti maturate nella sfera ideologico-relisiosa, che implicano l'esistenza di organizzazioni socio-matriarcali ispirate al culto della fecondità.
Rientra anche in questo ordine di problemi l'uso diffuso presso queste comunità di deporre il defunto in posizione contratta, fetale, in fosse circolari o ellissoidali, oppure nei recessi più profondi delle cavità naturali, con opportuni rituali che implicavano probabilmente aspetti della cultualità ctonia, che evidentemente si intendeva restituire alla *Madre Terra*.
Quanto detto è visibile e riscontrabile nel sito oggetto d'indagine nel quale sono stati rinvenuti anche significativi reperti archeologici.

2 Metodologie di rilievo integrato

2.1 Inquadramento dell'area

Le tecniche di topografia classica e di rilievo GPS hanno consentito l'inquadramento territoriale del sito, in modo da poter fornire un'ubicazione geografica necessaria allo studio dello sviluppo della

civiltà neolitiche all'interno dell'ambito tarantino. Inoltre a partire da detti vertici sono state realizzate reti di rilievo topografico necessarie sia per la georeferenziazione di tutte le procedure di rilievo avviate sia quella dei reperti rinvenuti.

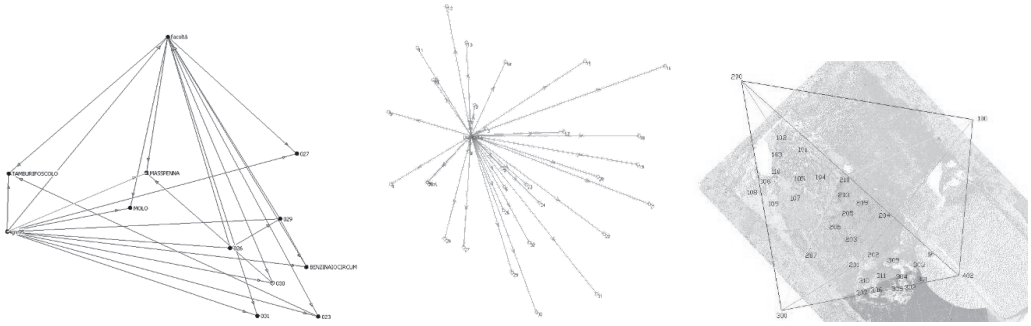


Figura 1 – Reti d'inquadramento GPS, rilievo dei GCPs e rilievo topografico di dettaglio(a partire da sinistra)

2.2 Rilievo ed elaborazione fotogrammetrica

La tecnica fotogrammetrica e' stata applicata nel rilievo dei particolari, al fine di una loro rappresentazione di maggior dettaglio. Contestualmente, la realizzazione di ortofoto ritraenti gli elementi di scavo ha fornito immagini metriche che, attraverso l'interpretazione visiva e conoscitiva degli addetti allo scavo hanno consentito, di enfatizzare i molteplici aspetti caratterizzanti i reperti. La figura 2 rappresenta parte dell'area posizionata a l'estremità sinistra dello scavo all'interno della quale sono visibili differenti reperti anche di origine umana.

Figura 2 – Ortofoto di una US di scavo

2.3 Rilievo ed elaborazione laser scanner

È stato eseguito un rilievo laser scanner dell'intero sito con la sua ricostruzione tridimensionale. Le fasi di acquisizione sono state realizzate mediante laser HDS3000 Leica, mentre quelle di elaborazione attraverso differenti software (Cyclone, PolyWork) La copertura fotografica è stata realizzata mediante camera digitale calibrata. Il risultato ha consentito di rappresentare metricamente un sito di natura complessa difficilmente rilevabile nella sua totalità attraverso altre tecniche, riproducendone una visione globale ed una interessante possibilità di indagine del particolare.

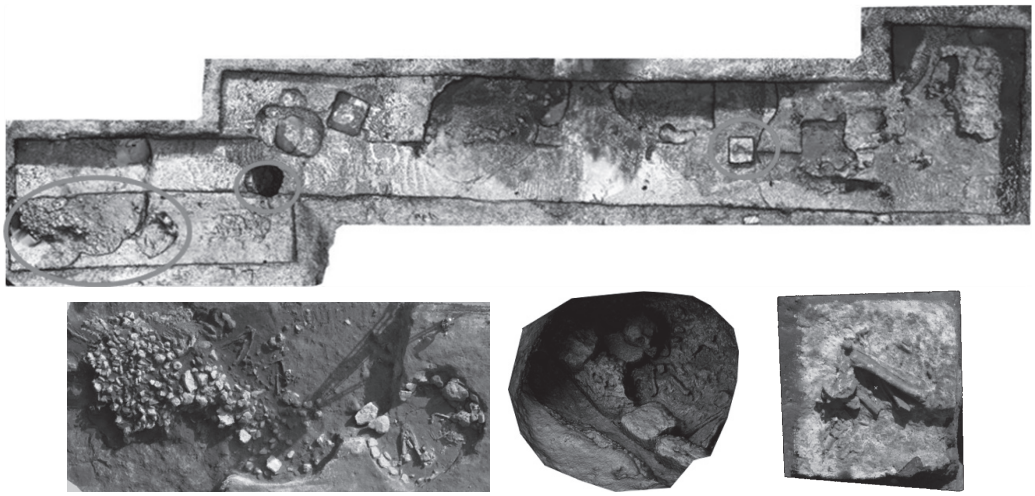


Figura 3 – Modellazione del sito con visualizzazione in texture dei particolari

2.4 Elaborazione immagini telerilevate

Nel tentativo di operare con un approccio che risultasse in più integrato possibile sono state prese in considerazione due immagini Ikonos pancromatiche (risoluzione geometrica di 1m) acquisite in due date differenti, la prima datata 2000 la seconda, più recente, 2005.
L'approccio metodologico alle tecniche di telerilevamento, in particolare, è stato focalizzato sull'interpretazione visiva 2D. La procedura seguita nel processamento delle immagini Ikonos ha visto due fasi principali, entrambe basate sulle esperienze delle tecniche di remote sensing esistenti.
La prima fase ha visto una serie di trasformazioni standard di entrambe le immagini. In particolare, sono state applicate sia tecniche qualitative, quali dencity slicing e contrast stretching al fine di evidenziare visivamente le caratteristiche archeologiche, che quantitative rivolte alle correzioni geometriche. Infatti, poiché le due immagini Ikonos analizzate ritraggono, secondo tagli diversi, una porzione della provincia di Taranto, per renderle sovrapponibili in ambiente GIS sono state entrambe georeferenziate nel sistema UTM WGS84 (mediante il precedente rilievo GPS integrato sino a 29 GCPs). La seconda fase ha visto, invece, un'analisi quantitativa (supervised classification) delle immagini finalizzata ad individuare le coperture omogenee ed eventuali anomalie puntuali. Entrambe le immagini sono state classificate con l'algoritmo Maximum Likelihood sulla base di 20 training sites. I risultati sono riportati in figura 3.

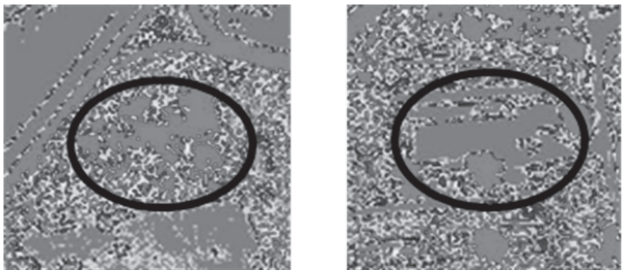


Figura 4 – Evidenza dello scavo nel 2000 (a sinistra) e nel 2005 (a destra)

Si può notare come, sebbene nel 2000 non fosse stata avviata alcuna attività di scavo e dall'analisi visiva dell'immagine (figura 4) non si evince alcuna discontinuità tessiturale, nella procedura di

classificazione è stata evidenziata comunque un'anomalia di copertura in corrispondenza dell'area di interesse, questo a conferma della presenza del rinvenimento.

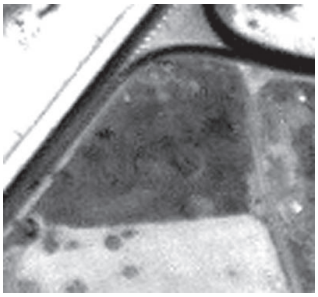


Figure 5 – Stralcio dell'area di scavo dall'immagine Ikonos del 2000

Relativamente al 2005, invece, è ben evidenziato lo stato di avanzamento dei lavori di scavo.

2.5 Implementazione GIS

Dovendo creare immagini tematiche, frutto della combinazione di informazioni scritte, grafiche e geografiche, si è scelto di adottare un sistema G.I.S (Geographic Information System) costruito mediante due moduli il primo di immissione, visualizzazione ed interrogazione grafico spaziale, gestito mediante specifico software, il secondo collegato al primo mediante connessione SQL (Structure Query Language), di gestione dei dati alfanumerici (database).

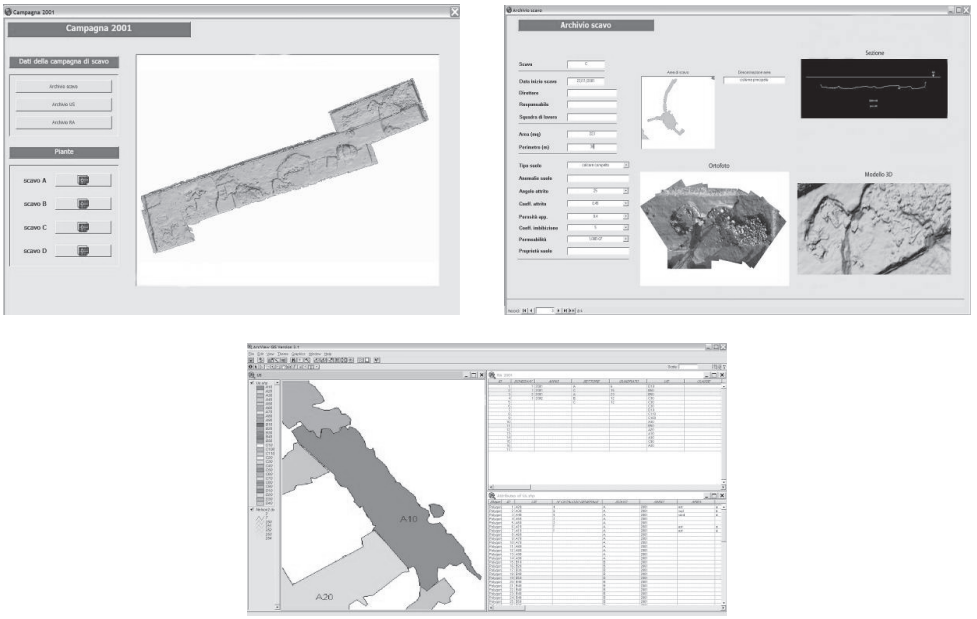


Figure 6 – Sistema GIS e DATABASE

Il sistema GIS collegato al *Database* in base a connessione SQL, rappresenta il motore del sistema. È stato realizzato un tema relativo alle diverse unità stratigrafiche (US), procedendo all'attribuzione di una codifica numerica per gli oggetti vettoriali al fine di rendere possibile il collegamento diretto tra le tabelle degli attributi (generate automaticamente per ogni poligono) e quelle del Database. Sono stati, inoltre, creati, sfruttando la relazione tra codici identificativi, diversi collegamenti (*join* e *link*) tra il database e le tabelle degli attributi delle entità grafiche associate.

3 Conclusioni

L'integrazione delle tecniche di rilievo applicate per detto scavo si rivela essere una implementazione procedurale da adottare qualora la complessità del sito comporti risultati eterogenei e soprattutto fruibili per scopi specifici agli addetti ai lavori di scavo.
Infatti i risultati ottenuti sono stati valutati soddisfacenti rispetto alle aspettative attese dagli addetti. Restano, comunque, da attuare nuove integrazioni di dati e differenti possibilità di trattamento degli stessi per migliorarne la fruibilità da parte degli operatori archeologi.

Bibliografia

Capra A., Costantino D., Rossi G., Angelini M. G., Leserri M. – "*Survey and 3d modelling of Castel del Monte*", CIPA 2005 XX International Symposium "International Cooperation to save the world's cultural heritage" pp. 183-188, Torino 27/09/2005.

Costantino D., Capra A., Angelini M. G. – "*Virtual reconstruction of damaged decorative elements*", Workshop Italy-Canada 2005 "3D Digital Imaging and Modeling: Applications of Heritage, Industry, Medicine and Land", Padova 17-18/05/2005.

Costantino D., Rossi G., Angelini M. G., Leserri M. – *"3D Modelling for the Urban Area "Porta Napoli"",* CIPA/VAST/EG/EuroMed2006 "The e-volution of Information Technology in Cultural Heritage. Where Hi-Tech Touches the Past: Risk and Challenges for the 21st Century", ISBN 10-9638046-75-9, vol. Project Papers, pp.79-85, Nicosia- Cyprus 30/10-04/11-2006;

Colweel, J.E., and Weber, F.P. (1981), *Forest change detection*. In Proceeding of the 15th Internation Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Environmental Research Institute of Michigan, p. 65-99;

Lambii, E.F. and Strahler, A.H. (1994), *Change-vector analysis in multitemporal space: a tool to detect and categorie land-cover change processes using high temporal resolution satellite data*. *Remote Sensing of Enviroment,* v. 48, p. 231-244;

Lillesand T. M. et al. (2005), – *Remote Sensing and Image Interpretation* – Fifth Edition, John Wiley & Sons;

D. Costantino, M. G. Angelini, G. Caprino - *"Data base storici su basi cartografiche per la conoscenza delle città: caso di studio Taranto",* 11ª Conferenza ASITA, 978-88-903132-0-2, vol. I, pp. 817-822, Torino 06-09/11/07;

Ringraziamenti

The Engineering Faculty of Taranto of the Technical University of Bari has financially supported the participation of the authors at the conference, using funds of the Provincia di Taranto for the support of the faculty's didactic and scientific activities.

STUDIO DELLE DEFORMAZIONI CROSTALI DELLA RETE CALABRIA CON METODO GPS

Domenica COSTANTINO (*), Marco ANZIDEI (**), Ignazio GUERRA (***), Maria Giuseppa ANGELINI (*), Giovanni CAPRINO (*)

(*) DIASS – Politecnico di Bari, Facoltà di Ingegneria di Taranto, v.le del Turismo 8 – 74100 Taranto.
E-mail: d.costantino@poliba.it; tel. +39 99 4733251, fax +39 99 4733304
(**) INGV ROMA via di Vigna Murata 605 00142 – Roma. E-mail: anzidei@ingv.it
(***) Università della Calabria. E-mail: guerra@unical.it; tel. +39 0984 4911, fax +39 0984 49 4401

Abstract
It's made the realization of an elevated precision GPS net, with the aim to evidence the geological conformation of the territory and to allow a monitoring of the Calabrian Peninsula deformation, between the provinces of Catanzaro and Vibo Valentia. The zone is studied for the seismic movements and also for the sea middle level that is in constant diminution, contrarily of the general course found on the Italian coasts. Probably, the reason of this phenomenon is connected to the presence of the Eolie islands situated in front of the Calabrian coasts and interested by an high seismicity. The Sicilian seismic area provokes a consequent tectonic modification. A net of observation has been created by means of the baselines between the different stations, each corresponding to a specific point of the two provinces territory. The obtained data set has been elaborated subsequently. The studied sessions are the data set collected in 2002, 2006, 2007 and 2008. The first data set was collected in the month of April 2002, from 5 to 8. The second data set was collected in the month of October and November 2006, precisely from October 24 to November 2. The third data set was collected in the month of March 2007, from 10 to 23, and the last in March 2008, from 12 to 29.

Riassunto
Si è realizzata una rete GPS di elevate precisione allo scopo di porre in evidenza la conformazione geologica del territorio e per consentire il monitoraggio delle deformazioni insistenti nella Penisola Calabra, nell' area ricadente tra le provincie di Catanzaro e Vibo Valentia. Si è studiata la zona in relazione ai movimenti sismici e allo studio del livello del medio mare, qui in costante abbassamento, contrariamente al trend generale riscontrato per le coste italiane. Probabilmente la ragione di questo fenomeno è imputabile alla presenza delle isole Eolie, interessate da alta sismicità, al largo della costa calabra. Inoltre l'area sismica siciliana produce una conseguente modifica della tettonica. Si è creata una rete di osservazioni per mezzo di baseline tra le differenti stazioni di misura, ciascuna corrispondente ad uno specifico punto ricadente nel territorio delle due provincie. I dati ottenuti sono stati successivamente elaborati ed analizzati con il software Bernese GPS. Si sono esaminati i dati delle sessioni del 2002, 2006, 2007 e 2008. In particolare il primo data set risale al periodo dal 5 all'8 Aprile 2002. La seconda campagna di misura è stata effettuata tra il 24 Ottobre e il 2 Novembre 2006. La terza campagna è avvenuta tra il 10 e il 23 Marzo 2007 e l'ultima tra il 12 e il 29 Marzo 2008.

1. Introduzione

L'istituzione della rete GPS è stata realizzata nella Calabria centrale tra le province di Catanzaro e Vibo Valentia. Tale zona è , in particolare, costituita dal blocco della Sila a Nord e da quello delle

Serre a Sud, uniti da una lingua di terra nota come la Stretta di Catanzaro, dove il Mar Ionio e il Mar Tirreno si trovano a soli 30 km di distanza. La Stretta presenta al suo interno settori distinti dal punto di vista morfologico. Il territorio ad Est di Catanzaro si divide in una parte bassa costituita da sedimenti di origine marina del Pliocene medio – Pleistocene e da una parte relativamente più rilevata costituita da sedimenti del Miocene. Il margine orientale delle superfici al tetto di entrambi i depositi segue l'andamento della costa ed è caratterizzato dalla presenza di un fitto reticolo idrografico con aste fluviali ortogonali alla linea di costa. Ad est, questa striscia di terreno è chiusa dal Promontorio di Crotone, costituito da resti di terrazzi marini sollevati. Il lato Tirrenico della Stretta di Catanzaro è, invece, costituito dalla piana costiera di Sant'Eufemia, caratterizzata da depositi alluvionali e dalla presenza del Fiume Amato, che si snoda circa da est ad ovest. Anche il margine settentrionale della Piana di Sant'Eufemia ha un andamento circa est-ovest ed è associato alla linea tettonica nota come Lamezia - Catanzaro. Una delle principali particolarità di tutta la Calabria, a scala regionale, è il veloce sollevamento a cui tutto questo settore è sottoposto.
I settori a nord e sud della Stretta di Catanzaro in passato sono stati sede di molti terremoti (figura 1) tra i più distruttivi della Calabria, tutti con magnitudo superiore a 6.5.
Due degli elementi fondamentali per descrivere la sismicità calabrese consistono nello studio dei terremoti del passato e nello studio della geologia e tettonica di questa regione, riconosciuta da sempre come uno dei luoghi maggiormente attivi di tutto il Mediterraneo.

Figura 1 – Localizzazione epicentrale dei principali terremoti della Calabria centrale e meridionale, tratta dal Catalogo dei Forti Terremoti in Italia.

Questi elementi confluiscono in modelli di pericolosità sismica, che puntualmente fotografano una propensione di questa terra a dare terremoti più forti e più frequenti di quanto non avvenga in qualunque altra zona della penisola.
Tale relazione si avvale di risultati di ricerche recenti, condotte dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

2. Progettazione della rete calabra

Per monitorare le eventuali deformazioni crostali derivanti dalla cospicua attività sismica, nella zona esaminata è stata realizzata una rete di monitoraggio di misure GPS ad alta precisione. In particolare, sono state condotte diverse campagne di misura, la prima risalente all'aprile del 2002, l'ultima a marzo del 2008 (figure 2-3 e tabella 1).

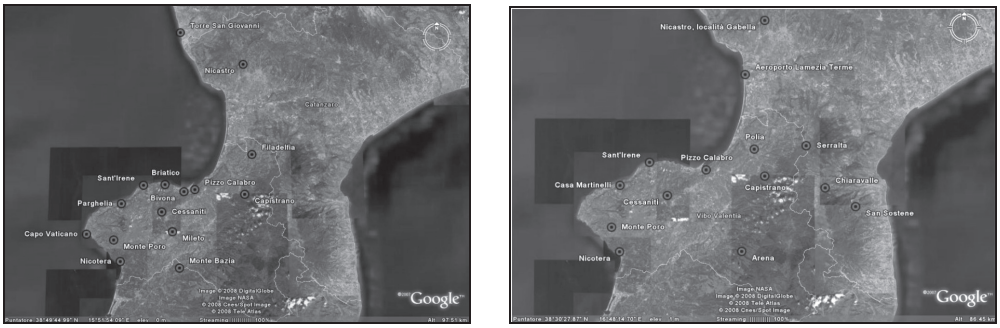


Figura 2 – Stazioni della campagna del 2002(sinistra) e del 2006 (destra).

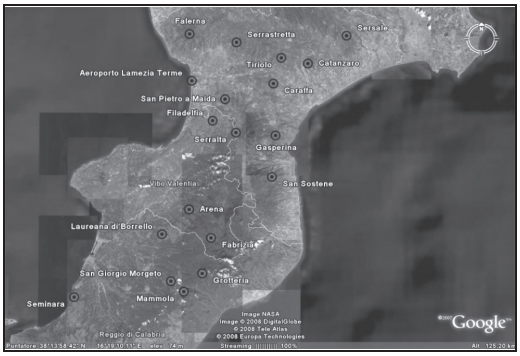


Figura 3 – Stazioni della campagna del 2007(sinistra)

Campagne di misura	n. stazioni istituite
5-8 aprile 2002	15
24 ott. – 2 nov. 2006	14
10-23 marzo 2007	19
12-29 marzo 2008	19

Tabella 1 – Campagne di misure e relative stazioni.

È stata utilizzata la strumentazione a doppia frequenza *LEICA GX1230* e *Trimble 4000SSI* con antenna,rispettivamente, *LEIAX1202* e *TRM22020 Ground Plane*.
L'elaborazione dei dati è stata condotta con il *Bernese GPS Software* (versione 5.0). Il processamento delle baselines è avvenuto in tre diverse fasi consecutive, ciascuna ripetuta per ogni sessione: nella prima fase si sono calcolate le correzioni per gli orologi dei ricevitori; nella seconda fase utilizzando la strategia *OBS-MAX*, che ottimizza le singole differenze in base al numero di osservazioni comuni di entrambe le stazioni di ogni baseline, si sono formate le *singole differenze*; nell'ultima, utilizzando la combinazione lineare *Ionosphere Free* , si sono analizzati i *cycle slip.*
La rete è stata compensata inizialmente in modalità *BASELINE* per produrre una soluzione ambiguity – free, successivamente con strategia *QIF* (Quasi Ionosphere free) sulle frequenze L1 ed L2 risolvendo le ambiguità ed infine in modalità *CORRECT* generando le equazioni normali per ciascuna sessione.

3. Risultati delle campagne di misura

Di seguito (tabelle 2- 5) si riportano le coordinate geocentriche, con i relativi rms, delle diverse stazioni nelle diverse campagne di misura.

STAZIONE	X [m]	RMS [m]	Y [m]	RMS [m]	Z [m]	RMS [m]
Bivona	4788241.3084	0.0020	1382326.4107	0.0012	3967041.2471	0.0016
Briatico	4788815.9876	0.0018	1376691.6798	0.0008	3968296.6941	0.0015
Capo Vaticano	4800684.3435	0.0013	1361574.4114	0.0006	3959191.2316	0.0011
Cessaniti	4792817.3720	0.0017	1378131.8991	0.0010	3963455.5923	0.0014
Capistrano	4784804.1390	0.0022	1396599.0709	0.0021	3966566.0342	0.0017
Filadelfia	4778771.8441	0.0028	1396787.2707	0.0022	3974316.8437	0.0019
Monte Bazia	4799580.9887	0.0018	1384539.1758	0.0013	3952989.4380	0.0015
Mileto	4794992.6705	0.0020	1381446.5310	0.0012	3959776.0068	0.0017
Nicastro	4765734.7241	0.0030	1391060.7689	0.0018	3991821.4802	0.0028
Nicotera	4802526.1429	0.0019	1370666.0776	0.0008	3954270.1737	0.0017
Parghelia	4794110.7471	0.0011	1368346.7772	0.0004	3964931.0359	0.0010
Torre S. Giovanni	4764476.0349	0.0028	1374491.0865	0.0006	3998042.4536	0.0031
Monte Poro	4800243.0120	0.0000	1368324.1290	0.0000	3958535.1020	0.0000
Sant'Irene	4789505.1105	0.0018	1373286.8687	0.0007	3968602.8915	0.0015
Pizzo Calabro	4787299.5775	0.0019	1384803.4333	0.0014	3967487.4229	0.0017

Tabella 2 – Coordinate geocentriche della rete Calabria 2002 (Bernese software)

STAZIONE	X [m]	RMS [m]	Y [m]	RMS [m]	Z [m]	RMS [m]
Aeroporto	4771950.1546	0.0023	1388685.7871	0.0011	3984255.0497	0.0019
Arena	4795638.3612	0.0043	1394839.3713	0.0015	3954594.1024	0.0034
Casa martinelli	4794110.7670	0.0021	1368346.7726	0.0008	3964931.0352	0.0018
Capistrano	4784804.1677	0.0047	1396599.0698	0.0030	3966566.0483	0.0036
Cessaniti	4792817.3984	0.0026	1378131.9026	0.0010	3963455.5962	0.0021
Chiaravalle	4783033.5465	0.0026	1408922.4049	0.0016	3964869.0272	0.0021
Nicastro (loc.Gabella)	4765734.7452	0.0030	1391060.7594	0.0012	3991821.4773	0.0024
Nicotera	4802526.1559	0.0044	1370666.0786	0.0013	3954270.1766	0.0031
Polia	4781924.9040	0.0027	1393519.3383	0.0013	3970796.7068	0.0023
Monte Poro	4800243.0120	0.0000	1368324.1290	0.0000	3958535.1020	0.0000
Pizzo Calabro	4787299.5967	0.0038	1384803.4371	0.0022	3967487.4297	0.0032
Serralta	4779235.0396	0.0024	1403779.8642	0.0014	3971912.4537	0.0019
Sant'Irene	4789505.1240	0.0030	1373286.8694	0.0015	3968602.8827	0.0026
San Sostene	4783519.6653	0.0035	1415589.6230	0.0020	3961751.4746	0.0028

Tabella 3 – Coordinate geocentriche della rete Calabria 2006 (Bernese software)

STAZIONE	X [m]	RMS [m]	Y [m]	RMS [m]	Z [m]	RMS [m]
Aeroporto Lamezia T.	4771950.3311	0.0002	1388685.8527	0.0001	3984255.2163	0.0002
Arena	4795638.5732	0.0007	1394839.4547	0.0002	3954594.2618	0.0005
Serrastretta	4763626.1711	0.0005	1399424.1739	0.0002	3991683.1721	0.0005
Caraffa	4767382.5784	0.0004	1411328.9299	0.0002	3982395.1251	0.0004
Catanzaro - Timpone	4761341.3927	0.0010	1419705.2758	0.0004	3986902.5211	0.0007
Fabrizia	4799018.3652	0.0005	1402289.8278	0.0002	3948594.9002	0.0004
Filadelfia	4778759.5556	0.0005	1396779.4406	0.0002	3974336.5600	0.0004
Gasperina	4776311.9188	0.0004	1414573.0824	0.0002	3971073.9474	0.0003
Mammola	4810065.3689	0.0006	1397470.7784	0.0003	3936403.5671	0.0005
Grotteria	4805675.1241	0.0005	1401625.5154	0.0002	3940614.1581	0.0004
Falerna	4766213.9617	0.0005	1386408.7878	0.0003	3993894.7127	0.0005
Serralta	4779235.0396	0.0000	1403779.8642	0.0000	3971912.4537	0.0000
Laureana di Borrello	4802028.3100	0.0006	1388710.7996	0.0002	3949119.3488	0.0005
Seminara	4819743.4729	0.0004	1367763.0930	0.0003	3934893.5063	0.0003
Tiriolo	4762692.4570	0.0004	1412290.5126	0.0002	3988308.6461	0.0004
Sersale	4753668.6270	0.0006	1428799.0327	0.0003	3993101.3911	0.0005
San Giorgio Morgeto	4809521.3821	0.0006	1393505.1457	0.0002	3938853.8103	0.0005
San Pietro a Maida	4773976.3725	0.0005	1399054.0632	0.0002	3979023.2710	0.0004
San Sostene	4783519.8912	0.0005	1415589.7127	0.0002	3961751.6442	0.0004

Tabella 4 – Coordinate geocentriche della rete Calabria 2007 (Bernese software)

STAZIONE	X [m]	RMS [m]	Y [m]	RMS [m]	Z [m]	RMS [m]
Aeroporto Lamezia T.	4771950,3324	0.0002	1388685,8521	0.0003	3984255,2150	0.0005
Seminara	4819743,4727	0.0007	1367763,0924	0.0003	3934893,5067	0.0005
San Giorgio Morgeto	4809521,3792	0.0013	1393505,1555	0.0004	3938853,8253	0.0010
Sorbo S. Basile	4755502,6844	0.0005	1412378,0351	0.0003	3997423,7151	0.0004
San Sostene	4783519,8883	0.0012	1415589,7297	0.0005	3961751,6425	0.0009
Casa martinelli	4794110,9726	0.0015	1368346,8603	0.0005	3964931,2089	0.0013
Catanzaro - Timpone	4761341,3962	0.0022	1419705,2916	0.0008	3986902,5290	0.0014
Gasperina	4776311,9177	0.0011	1414573,0837	0.0005	3971073,9483	0.0009
Filadelfia	4778759,5270	0.0011	1396779,4419	0.0004	3974336,5442	0.0009
Nicastro (loc.Gabella)	4765734,9265	0.0015	1391060,8415	0.0005	3991821,6265	0.0011
Cessaniti	4792817,6017	0.0010	1378131,9884	0.0004	3963455,7655	0.0009
Nicotera	4802525,2118	0.0030	1370665,3352	0.0013	3954268,2822	0.0018
Caraffa	4767382,5732	0.0010	1411328,9330	0.0004	3982395,1187	0.0008
Fabrizia	4799018,3672	0.0012	1402289,8311	0.0005	3948594,8981	0.0009
SVIT	4779235,2511	0.0009	1403779,9403	0.0004	3971912,6339	0.0008
Arena	4795638,5842	0.0016	1394839,4593	0.0005	3954594,2817	0.0012
Chiaravalle	4783033,7743	0.0014	1408922,4965	0.0006	3964869,2034	0.0011
Laureana di Borrello	4802028,3171	0.0016	1388710,8084	0.0006	3949119,3617	0.0013
Tiriolo	4762692,4391	0.0013	1412290,5068	0.0006	3988308,6367	0.0011

Tabella 5 – Coordinate geocentriche della rete Calabria 2008 (Bernese software)

Considerando le stazioni comuni alle due campagna di misura è stata effettuata una *Trasformazione di Helmert* del 2006 sul 2002 (figura 3) ottenendo gli scostamenti, riassunti nella tabella 6.

STAZIONE	ΔX [mm]	ΔY [mm]	ΔZ [mm]
Cessaniti	16.1	4.6	0.6
Capistrano	1.0	2.1	-2.0
Nicastro	1.0	-1.8	0.6
Nicotera	9.1	-0.3	0.0
Pizzo Calabro	2.6	6.0	0.7
Monte Poro	-1.1	-0.2	1.4
Sant'Irene	7.9	2.0	-4.9

Tabella 6 – Scostamenti tra le campagne 2006 e 2002 dopo la Trasformazione di Helmert

In riferimento alle successive campagne non è stato possibile eseguire una trasformazione al 2002 non avendo dati sufficienti in comune e non essendo i vertici di queste ultime di interessante confronto con le precedenti. È stata pertanto eseguita una trasformazione di Helmert del 2008 sul 2007 di cui si riportano nella tabella di seguito i risultati.

STAZIONE	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]
Aeroporto Lamezia T.	0,0013	-0,0006	-0,0013
Seminara	-0,0002	-0,0006	0,0004
Fabrizia	0,0020	0,0033	-0,0021
Filadelfia	-0,0286	0,0013	-0,0158
Laureana di Borrello	0,0071	0,0088	0,0129
San Giorgio Morgeto	-0,0029	0,0098	0,0150
Caraffa	-0,0016	0,0031	-0,0064
Gasperina	-0,0011	0,0013	0,0009
Tiriolo	-0,0179	-0,0058	-0,0094
Arena	0,011	0,0046	0,0199
San Sostene	-0,0029	0,0170	-0,0017
Catanzaro - Timpone	0,0035	0,0158	0,0079

Tabella 7 – Scostamenti tra le campagne 2007 e 2008 dopo la Trasformazione di Helmert

4. Conclusioni

Dall'analisi della tabella 6, sembrerebbe, per la maggior parte dei vertici, che non vi siano spostamenti planoaltimetrici relativi. In modo anomalo rispondono Cessaniti, Santa Irene e Nicotera, in cui l'ordine di grandezza della trasformazione risulta maggiore della precisione della rete. In realtà, un esame complessivo più attento induce ad una certa prudenza in un'interpretazione di tali dati che potrebbe risultare superficiale.
Infatti, è opportuno notare, che due campagne di misura (la campagna 2007 non può essere confrontata con le altre perché composta da stazioni diverse) sono un numero insufficiente per trarre conclusioni certe e che tutte le considerazioni esposte possono essere eventualmente validate solo con l'ausilio di dati ricavati da ulteriori campagne.
Anche per quel che attiene alla campagna 2008 non è stato possibile eseguire confronti con le precedenti a meno della 2007 la quale possedeva un numero di vertici comuni e per cui è stata eseguita la trasformazione di Helmert. Pertanto le eventuali anomalie presenti in quest'ultima trasformazione non possono indurre a nessuna oggettiva interpretazione avendo anche in questo caso un numero ancora limitato di campagne di misura. Ulteriori analisi verranno condotte per stabilire se si tratta di movimenti locali (ad esempio frane o altro).

Bibliografia

A. Capra, D. Costantino, A. Galeandro – *"Analisi delle deformazioni crostali dell'arco Ionico tarantino"* – 9a Conferenza Nazionale ASITA, Catania 15-18/11/05, ISBN 88-900943-9-7, II vol., pp. 1129-1134;

M. G. Angelini, A. Bellanova, A. Capra, D. Costantino, A. Galeandro – *"Tecnica speditiva di stima del geoide a scala locale"* - 10a Conferenza ASITA, ISBN 88-900943-0-3, vol. I, pp. 63-68 Bolzano 14-17/11/06;

Serpelloni, E., Anzidei, M., Baldi, P., Casula, G. and Galvani, A. – *"Crustal velocity and strain-rate fields in Italy and surrounding regions: new results from the analysis of permanent and non-permanent GPS networks"*- Geophysical Journal International 161(3), pp. 861-880. doi:10.1111/j.1365-246X.2005.02618.x, 2005;

M. Anzidei, A. Esposito, F. Antonioli A. Benini, A. Tertulliani, C. Del Grande, "*I movimenti verticali nell'area di Briatico: evidenze da indicatori archeologici marittimi nell'area del terremoto del 1905*". A cura di I. Guerra e A. Savaglio Regione Calabria, Università della Calabria, Deputazione di Storia Patria per la Calabria "*8 settembre 1905 – Terremoto in Calabria*" , 2006;

M. Anzidei, A. Esposito, "*Linee guida per l'identificazione di siti idonei alla realizzazione di stazioni GPS permanenti e non permanenti*" – 2003 – Rapporti Tecnici INGV n°18;

I. Guerra, P. Harabaglia, A. Moretti, "*La sismicità della Calabria nel contesto geodinamico del Mediterraneo*" – tratto da: "*8 Settembre 1905, terremoto in Calabria*" a cura di I. Guerra, A. Savaglio;

M.M. Tiberti, U. Fracassi, G. Valensise, "*Il quadro sismo tettonico del grande terremoto del 1905*" – tratto da: "*8 Settembre 1905, terremoto in Calabria*" a cura di I. Guerra, A. Savaglio.

Ringraziamenti

The Engineering Faculty of Taranto of the Technical University of Bari has financially supported the participation of the authors at the conference, using funds of the Provincia di Taranto for the support of the faculty's didactic and scientific activities.

ANALISI IN AMBIENTE GIS PER L'INSERIMENTO PAESAGGISTICO DI UNA INFRASTRUTTURA ELETTRICA

Giacomo COZZOLINO (*), Alessandro PIAZZI (*), Francesca SURBERA (*)

(*) Studio Associato di Dott. Piazzi Alessandro e Dott. Cozzolino Giacomo, via del Tritone 15, 00042 Anzio, Roma, tel. e fax 0650780802, e-mail mail@ecolinfa.com

Riassunto

Nell'ambito di uno Studio di Inserimento Paesaggistico (SIP) di una piccola infrastruttura elettrica (nello specifico, la demolizione e ricostruzione di 2 sostegni in ingresso ad una stazione elettrica) si è resa necessaria l'adozione di alcune applicazioni in ambiente GIS, ai fini della redazione degli elaborati necessari per la verifica di compatibilità paesaggistica (di cui al DPCM 20 dicembre 2005).

In particolare si è reso necessario l'utilizzo di GIS per:

a) Lo studio della vegetazione e la redazione della carta di uso del suolo e della vegetazione;
b) Lo studio del sistema dei beni storico-architettonici e archeologici;
c) L'analisi di intervisibilità dell'opera;
d) La classificazione del territorio in sistemi di paesaggio.

Per ciascuno degli obiettivi è stata utilizzata una specifica metodologia, come di seguito indicato:

a) Fotointerpretazione da foto area e successiva indagine vegetazionale di campo;
b) Fotointerpretazione da foto area, studio della bibliografia e sopralluogo in campo;
c) Analisi di intervisibilità attraverso specifico applicativo GIS;
d) Classificazione del paesaggio, in ambiente GIS.

Le opere previste sono risultate compatibili con i caratteri estetico - percettivi dei luoghi, in quanto visibili solo da ambiti circoscritti, mascherate parzialmente dalla presenza di quinte visuali, vegetazionali e morfologiche.

Inoltre il loro dimensionamento ed il posizionamento hanno escluso la possibilità di trasformazioni fisiche dello stato dei luoghi, cioè trasformazioni che alterino la struttura del paesaggio, i suoi caratteri e descrittori ambientali (suolo, morfologia, vegetazione, beni culturali, beni paesaggistici, etc).

Si fa notare che, oltre alle analisi effettuate in ambiente GIS ed alle specifiche verifiche sul campo, sono state realizzate idonee fotosimulazioni dei luoghi nello stato post-operam ed è stata effettuata una specifica analisi degli strumenti di pianificazione urbanistico-territoriale, in particolare il Piano Paesistico-ambientale della Regione Marche.

Abstract

GIS analysis are used to verify the landscape compatibility of an electric infrastructure; in particular GIS was applied to study vegetation and to compile a landuse and a vegetation map, to study historical - architectural and archaeological elements, to make a viewshed analysis and to realize a landscape classification. This paper shows the adopted methodologies. The electric infrastructure results compatible with the aesthetical-perceptive characters of the places; in fact it's visible only from circumscribed parts and hidden partially from the presence of visual, vegetational and morphological scenes.

Besides their size and the position exclude the possibility of physical transformations of the places.

Introduzione:

Le tecniche GIS rappresentano uno strumento valido ed efficace per compiere analisi sul territorio e la loro versatilità le rende applicabili in una grande varietà di settori. Nel caso di seguito descritto tali metodologie vengono utilizzate nell'ambito dello studio del paesaggio. In modo particolare sono state impiegate nello studio di inserimento paesaggistico di una infrastruttura elettrica nel comune di Urbisaglia (Mc).

Problematica/Obiettivo:

Lo studio di inserimento paesaggistico in questione è stato effettuato su un progetto che prevedeva il collegamento di un elettrodotto esistente a 220 kV ad una cabina primaria 150/200 kV anch'essa già esistente; tale operazione comporta la rimozione con successiva sostituzione di due dei sostegni prossimi alla stazione. Gli applicativi GIS sono stati necessari per l'elaborazione delle analisi e la produzione degli elaborati utilizzati per la verifica della compatibilità paesaggistica (di cui al DPCM 20 dicembre 2005), di seguito descritti:

a. Lo studio della vegetazione e la redazione della carta di uso del suolo e della vegetazione: il primo permette di individuare e descrivere le principali tipologie di vegetazione presenti, la seconda individua su una mappa i differenti usi del suolo presenti sul territorio facendo riferimento alla legenda del progetto Corine Land Cover;
b. Lo studio del sistema dei beni storico - architettonici e archeologici: si tratta di una carta tematica in cui viene messa in evidenza la presenza di eventuali elementi di pregio di tipo storico (ad es. castelli, mura, monumenti ecc.) architettonico (residenze rurali o centri urbani tipici ecc.) e le aree archeologiche;
c. L'analisi di intervisibilità dell'opera: permette di individuare le zone dalle quali sono osservabili le opere in progetto.
d. La classificazione del territorio in sistemi di paesaggio: individua sul territorio delle categorie di paesaggio secondo un sistema gerarchico.

Metodologia

Di seguito vengono illustrati i metodi utilizzati per produrre ciascuno degli elaborati sopra citati

Studio della vegetazione e la redazione della carta di uso del suolo e della vegetazione

In prima analisi è stata effettuata la fotointerpretazione su un'area di studio comprendente l'ambito di intervento oltre ad un *buffer* di circa 1,5 Km. I limiti degli elementi fotointerpretati sono stati individuati direttamente sulle ortofoto digitali a colori, in scala 1:10.000 dell'anno 2000, aventi come sistema di riferimento geografico UTM WGS 84 fuso ovest. Ci si è inoltre avvalsi dell'ausilio delle basi topografiche (C.T.R. alla scala 1:10.000). La legenda utilizzata fa riferimento a quella del progetto *Corine Land Cover*.

Nel presente lavoro è stata applicata la legenda *Corine* al terzo livello ed è stato aggiunto un quarto livello per le aree boscate e gli ambienti seminaturali. Inoltre è stata scelta come superficie minima cartografabile 0,5 ettari. Alla fase di fotointerpretazione è seguita quella di sopralluogo per la verifica dell'esattezza dei contenuti della carta prodotta e per la raccolta degli elementi rilevabili esclusivamente con l'indagine di campo: tra questi la composizione fisionomica delle cenosi forestali presenti. Gli elementi rilevati sono stati opportunamente georiferiti con l'impiego del GPS.

Studio del sistema dei beni storico - architettonici e archeologici

Anche in questo caso è stata effettuata una fotointerpretazione preliminare utilizzando gli strumenti sopra descritti. In questa fase sono stati individuati sia gli elementi visibili attraverso lo studio delle foto aeree, sia quelli individuati attraverso le fonti bibliografiche.

Durante la fase di sopralluogo sono stati rilevati, con l'ausilio del GPS, gli elementi ritenuti di pregio ed in seguito è stato prodotto un database che ha permesso di individuare le principali componenti storiche, architettoniche e archeologiche della zona a ridosso dell'intervento. Queste componenti sono state rappresentate in cartografia attraverso file di punti o file di poligoni, se estesi sul territorio per una superficie maggiore di 0,5 ettari.

Analisi di intervisibilità dell'opera

Tale strumento rende possibile l'individuazione delle zone dalle quali sono osservabili le opere in progetto. L'analisi ha utilizzato quali dati di base:

- L'altezza dei sostegni di progetto;
- Il Modello Digitale del Terreno (DTM), con una griglia avente celle di 20 metri;
- La presenza di vegetazione.

Sulla base delle osservazioni in campo è stato inoltre ipotizzata come distanza massima di percezione delle opere in progetto pari a 2.500 metri. Si fa notare che comunque già da 1.500 metri le infrastrutture di progetto possono essere percepite dall'osservatore in modo non significativo e si confondono con lo sfondo. Tale fatto è ascrivibile alla struttura dei sostegni, i quali presentano uno scheletro metallico realizzato in parti con spessore relativamente modesto. Questo tipo di struttura viene percepita dall'osservatore, posizionato ad una certa distanza, come "vuota".

Classificazione del territorio in sistemi di paesaggio

L'analisi del paesaggio è stata effettuata sulla base delle categorie individuate con la carta di uso del suolo; esse sono state raggruppate in due categorie principali:

- paesaggi di qualità elevata;
- paesaggi di qualità bassa.

Per l'inclusione all'interno del primo gruppo sono stati considerati come parametri i caratteri che definiscono il pregio di un area; pertanto gli aspetti storico-naturalistici e quelli puramente percettivi. Tenendo conto di tali variabili sono emerse tre sottocategorie: gli ambiti di eccezionale valore storico culturale, i Paesaggi naturali di continuità e il Paesaggio agrario. I paesaggi di qualità bassa sono quelli che fanno riferimento al sistema insediativo.

Risultati

Studio della vegetazione e la redazione della carta di uso del suolo e della vegetazione

Nell'area di studio i tipi di vegetazione principali riscontrati sono le cenosi ripariali dei torrenti Fiastra ed Entogge e il bosco di Cerro, chiamato la Selva, presente a sud-ovest, nella Riserva Naturale di Abbadia di Fiastra.

Il confronto con la carta dell'uso del suolo realizzata ha messo in evidenza che l'opera in progetto non interferisce con nessuno dei tipi di vegetazione individuati poiché si colloca in ambente agricolo già peraltro interessato da opere dello stesso tipo. Occorre infatti ricordare che l'intervento in questione non prevede l'inserimento di opere *ex-novo*, ma la sostituzione di quelle già presenti.

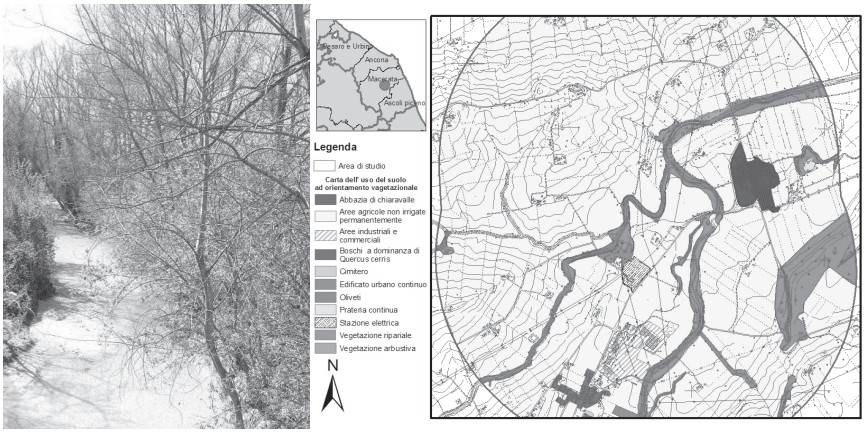


Figura 1 – Vegetazione ripariale lungo il torrente Fiastra

Studio del sistema dei beni storico - architettonici e archeologici

L'intervento non interferisce significativamente neppure con le componenti storico – architettoniche o archeologiche presenti nell'area immediatamente prossima ad esso. La principale di esse è rappresentata dall'Abbadia di Fiastra, un complesso cistercense del XII secolo; durante il sopralluogo si è avuto modo di appurare che dall'ambito interno al complesso, osservando in direzione dei sostegni (in direzione est), gli edifici mascherano la visuale.

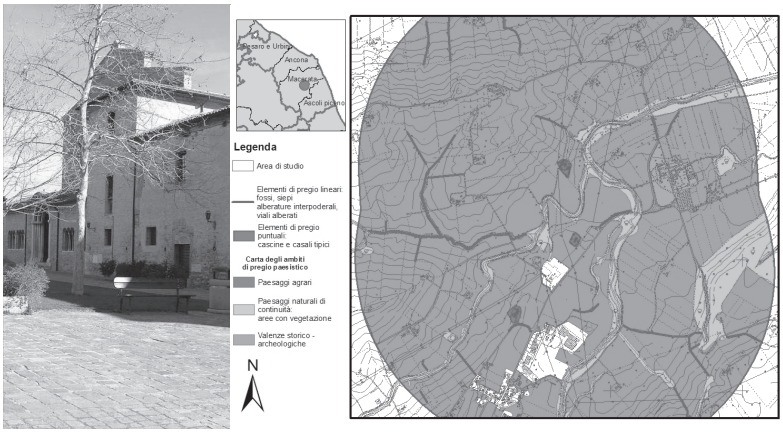


Figura 2 – Complesso monumentale Abbadia di Fiastra

Analisi dell'intervisibilità dell'opera

I risultati dell'applicazione nelle fasi *ante* e *post-operam* sono praticamente identici; infatti esiste solo una piccola differenza di altezza in considerazione tra i sostegni esistenti (*ante-operam*) e quelli di progetto (*post-operam*). Il primo dei due sostegni oggetto dell'intervento è visibile da una superficie totale di circa 160 ettari e dal 14% della superficie considerata come area di studio, mentre l'altro sostegno è osservabile per un'area totale di circa 230 ettari e dal 22% della superficie considerata come area di studio. In generale i sostegni sono visibili da ambiti relativamente limitati.

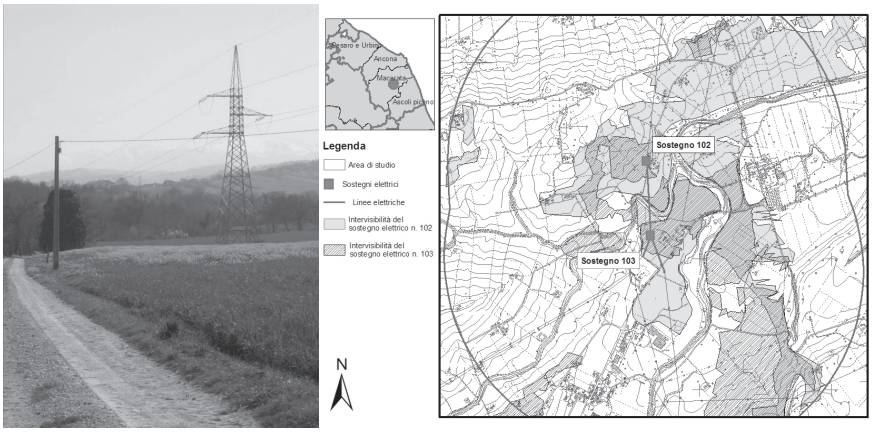


Figura 3 – Vista (in primo piano sulla destra) di uno dei sostegni oggetto dell'intervento

Classificazione del territorio in sistemi di paesaggio

Nell'area considerata i paesaggi ritenuti di qualità elevata sono il 98%. La percentuale più elevata (circa 88% del totale) è rappresentata dal paesaggio agrario, caratterizzato dai rilievi collinari coltivati, dalle siepi che dividono le proprietà e dai tipici casolari; i paesaggi naturali, rappresentati dai boschi di Cerro e dalla vegetazione ripariale dei torrenti Fiastra ed Entogge, sono presenti per il 9%, mentre gli ambiti di eccezionale valore storico culturale identificati dall'Abbadia Cistercense di Fiastra, insistono per l'1% dell'area. I paesaggi di bassa qualità sono presenti in percentuale molto bassa: soltanto il 2%. In questo gruppo si collocano i paesaggi del sistema insediativo, rappresentati dalla frazione Maestà di Urbisaglia e dall'area industriale ad essa adiacente.

L'intervento ricade nell'ambito del paesaggio agrario, ma, come già specificato, in una zona già interessata da infrastrutture elettriche dello stesso tipo.

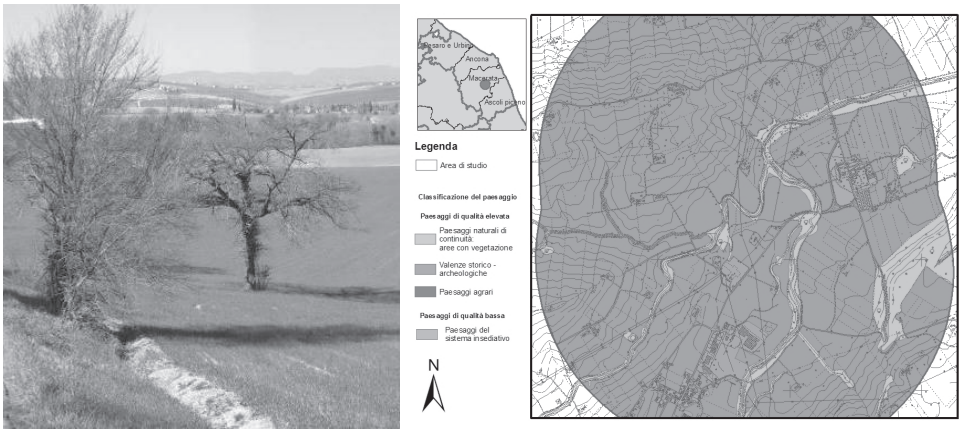


Figura 4 – Paesaggio agrario

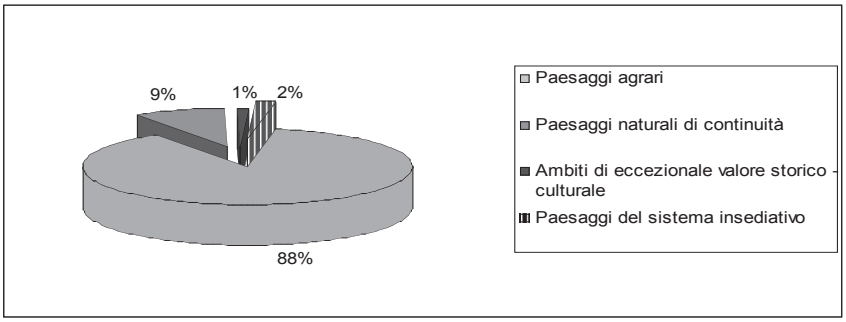


Figura 5 – Percentuali delle categorie di paesaggio individuate

Conclusioni

L'area di studio presenta in generale valori e qualità paesaggistica elevati; tuttavia l'intervento si configura come una "demolizione e ricostruzione" di opere di dimensioni paragonabili, pertanto non comporta l'aggiunta di elementi di detrazione della qualità del paesaggio. Le analisi compiute attraverso le tecniche GIS hanno consentito di verificare che i sostegni sono osservabili solo da ambiti abbastanza limitati e comunque non particolarmente fruiti. Inoltre non comportano modificazioni di tipo fisico ai caratteri strutturanti del paesaggio (morfologia, vegetazione, beni paesaggistici e culturali, etc).

L'intervento in esame quindi non modifica in modo significativo il paesaggio e lo stato dei luoghi, sia dal punto di vista fisico, che estetico-percettivo e non pregiudica l'attuale livello di qualità paesaggistica.

Riferimenti bibliografici

Blasi C., Carranza M.L., Ercole S., Frondoni R., Di Marzio P., (2001) *Classificazione gerarchica del territorio e definizione della qualità ambientale Documento IAED 4 Conoscenza e riconoscibilità dei luoghi* Edizioni Papageno, Palermo, 29-39

Blasi C., Capotorti G., Smiraglia D., Frondoni R., Ercole S., (2003) "Percezione del paesaggio: identità e stato di conservazione dei luoghi" *Blasi C., Paolella A., a cura di Identificazione e cambiamenti nel paesaggio contemporaneo, Atti del terzo congresso IAED,* Roma, 13-22

Forman R.T.T., Godron M., (1986) *Landscape ecology* Edizioni Wiley and sons, New York

Forman R.T.T., (1995) *Landscape ecology* Edizioni Cambrige University Press, Cambrige

Naveh Z., (1992) "Ecologia del paesaggio: una scienza transdisciplinare verso il futuro" *Genio Rurale*, 4

Romano G., (1978) *Studi sul Paesaggio* Edizioni Einaudi, Torino

UE (2000) *Convenzione Europea del paesaggio* Firenze

Zoneveld I.S., (1995) *Landscape ecology* Edizioni SPB Academic Publishing, Amsterdam

ORIENTAMENTO ED ESTRAZIONE DI DSM DA STEREOCOPPIE CARTOSAT-1

M. CRESPI (*), G. COLOSIMO (*), F. FRATARCANGELI (*),
F. GIANNONE (*), F. PIERALICE (*), K. JACOBSEN (**)

*DITS – Area di Geodesia e Geomatica – Sapienza Università di Roma– via Eudossiana 18 – Rome, Italy -
<mattia.crespi,francesca.fratarcangeli,francesca.giannone,francesca.pieralice>@uniroma1.it
**Institute of Photogrammetry and Geoinformation -Leibniz University-Hannover, Germany
jacobsen@ipi.uni-hannover.de

Riassunto

Il satellite Cartosat-1, lanciato dal "*Department of Space of India*" nel 2005, offre una risoluzione geometrica di 2.5 m ed è predisposto per l'acquisizione di immagini stereo pancromatiche grazie alla presenza di due sensori inclinati rispetto alla direzione nadirale di 26° (forward direction) e -5° (aft direction).

Nell'ambito del "ISPRS-ISRO Cartosat-1 Scientific Assessment Programme (C-SAP)", l'Area di Geodesia e Geomatica dell'Università di Roma "Sapienza" e l' "Institute of Photogrammetry and GeoInformation" dell'Università di Hannover "Leibniz" collaborano per lo studio delle potenzialità delle stereocoppie Cartosat-1 per l'estrazione di modelli digitali della superficie (DSM).

In questo lavoro due stereocoppie Cartosat-1 (Roma e Castelgandolfo) sono state orientate con il modello rigoroso implementato nel software scientifico SISAR (Software per Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione) sviluppato presso l'Area di Geodesia e Geomatica dell'Università di Roma "Sapienza". I risultati di SISAR per l'orientamento di entrambe le stereocoppie sono stati confrontati con quelli ottenuti con il software OrthoEngine 10.0 (PCI Geomatica).

Solo per la seconda stereocoppia (Castelgandolfo), il modello delle altezze è stato generato con il software RPCDEM ed analizzato con il software DEMANAL, entrambi sviluppati dal Prof. Karsten Jacobsen (Università di Hannover).

Il DSM ottenuto è stato confrontato con il DSM estratto da foto aeree con il software ERDAS 9.1.

Abstract

Cartosat-1 satellite, launched by Department of Space (DOS), Government of India, offers a resolution of 2.5m GSD in panchromatic mode and is a dedicated stereo platform due to the two sensors with an inclination of 26° (forward direction) and 5° (aft direction) with respect to the nadir direction.

The Institute "Area di Geodesia e Geomatica" - Sapienza Università di Roma and the Institute of Photogrammetry and Geoinformation, Leibniz University Hannover participated in the ISPRS-ISRO Cartosat-1 Scientific Assessment Programme (C-SAP), in order to investigate the generation of Digital Surface Models (DSMs) from Cartosat-1 stereo scenes.

The aim of this work concerns the orientation of two Cartosat-1 stereo pairs (Roma and Castelgandolfo), using the rigorous model implemented in the scientific software (SISAR- Software per Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione) developed at Sapienza Università di Roma. The SISAR results are compared with the corresponding ones obtained by the software OrthoEngine 10.0 (PCI Geomatica).

For Castelgandolfo images, digital height models have been generated with the software RPCDEM and analyzed with the software DEMANAL, both developed by Prof. Karsten Jacobsen (University of Hannover). The Cartosat-1 DSM is compared with the aerial DSM.

Introduzione

Il satellite Cartosat-1, anche chiamato IRS-P5, può acquisire stereocoppie *along-track* grazie alla presenza di due sensori inclinati rispetto alla direzione nadirale di 26° (*forward direction*) e -5° (*aft direction*) che permettono l'acquisizione di due immagini della stessa area con una differenza di tempo di circa 52 secondi. Le principali caratteristiche del satellite sono descritte nella tabella 1.

PARAMETRO	**CAMERA *forward***	**CAMERA *aft***
Swath width	30 Km	27 Km
GSD (*cross-track* x *along-track*)	2.5 x 2.78 m	2.22 x 2.23m
H/B	1.44	
Dimensione del pixel	7x7 μm	
Focale	1.98 m	
Inclinazione dell'orbita	97.87°	
altitudine	618 Km	

Tabella 1 – principali caratteristiche del satellite Cartosat-1

La sperimentazione è stata condotta su due stereocoppie Cartosat-1 con le seguenti caratteristiche:

Immagine	off-nadir angle (°)		*Control points*
	AFT	FORE	
Roma	4.97	26.09	43
Castelgandolfo	12.35	28.20	25

Tabella 2 – principali caratteristiche delle stereocoppie Cartosat-1

Orientamento delle immagini

In questo lavoro le stereocoppie Cartosat-1 sono state orientate con il modello rigoroso implementato nel *software* scientifico SISAR (Software per Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione) sviluppato presso l'Area di Geodesia e Geomatica dell'Università di Roma "Sapienza".

Il modello rigoroso, implementato in SISAR, prevede la ricostruzione del segmento orbitale durante l'acquisizione dell'immagine attraverso la conoscenza della modalità di acquisizione, dei parametri del sensore, della posizione e dell'assetto del satellite. Sulla base di tale modello, è stato in seguito implementato un algoritmo per la generazione degli RPC. Per una descrizione più dettagliata del software SISAR si rimanda a precedenti comunicazioni (Giannone, 2006) (Bianconi et al., 2008).

I risultati di SISAR per l'orientamento di entrambe le stereocoppie sono stati confrontati con quelli ottenuti con il software OrthoEngine 10.0 (PCI Geomatica). In particolare nelle figure 3 e 4 sono confrontate le accuratezze (in termini di RMSE dei *check points* – CP) ottenute orientando le immagini con un numero crescente di *Ground control Points* – GCP ed usando i modelli rigorosi di OrthoEngine e SISAR.

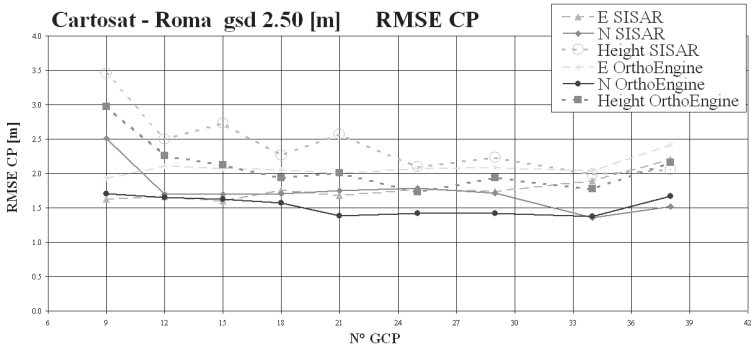


Figura 3 – RMSE dei CP per la stereocoppia di Roma, modello rigoroso

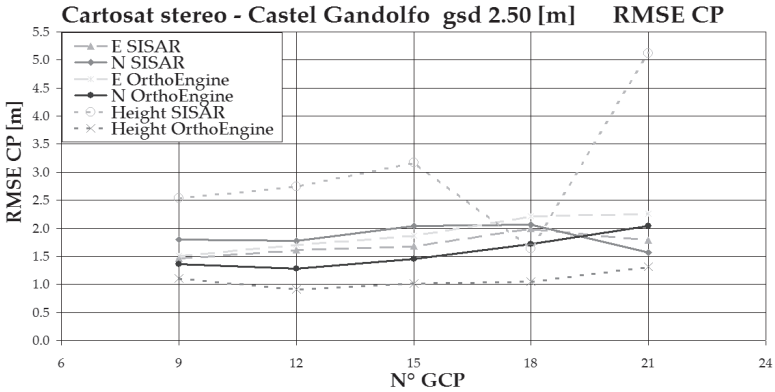


Figura 4 – RMSE dei CP per la stereocoppia di Castelgandolfo, modello rigoroso

I risultati mostrano dei valori di accuratezza in planimetria che sono confrontabili con il valore del GSD (2.5 m) per entrambi i software. In altimetria il software OrthoEngine produce dei risultati migliori specialmente per la stereocoppia relativa alla zona di Castelgandolfo.
Solo per la seconda stereocoppia (Castelgandolfo), il DSM è stato generato con il software RPCDEM ed analizzato con il software DEMANAL, entrambi sviluppati dal Prof. Karsten Jacobsen (Università di Hannover). Per l'estrazione di tale modello la stereocoppia è stata orientata usando il modello RPC (unico modello implementato in RPCDEM) ed i coefficienti RPC generati dal software SISAR; i valori di accuratezza dell'orientamento sono riportati nella seguente tabella:

stereocoppia	E [m]	N [m]	Z [m]
Castelgandolfo	2.03	1.43	1.47

Tabella 5 – accuratezza per la stereocoppia Castelgandolfo, modello RPC

Matching della stereocoppia di Castelgandolfo
Il *matching* automatico è stato eseguito con i *software* DPCOR e DPLX, entrambi sviluppati dal Prof. Karsten Jacobsen, Università di Hannover (Crespi et al., 2008).
I risultati del *matching* per la stereocoppia di Castelgandolfo sono buoni (Figura 6) ed i punti non riconosciuti sono principalmente dovuti dalla presenza dei laghi e delle nuvole che ricoprono una considerevole parte dell'immagine. In figura 6 sono rappresentati la distribuzione dei punti del *matching* a sinistra ed a destra l'andamento del coefficiente di correlazione r (per r=0 viene usato il valore di grigio 0, r=1 viene rappresentato con il valore di grigio 255).

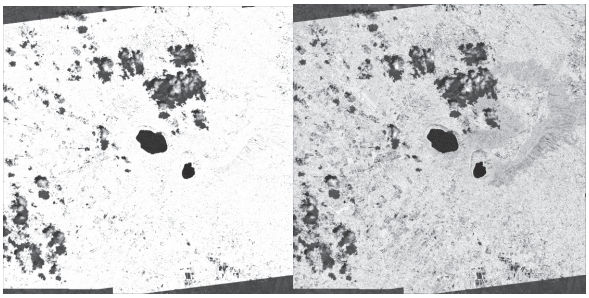
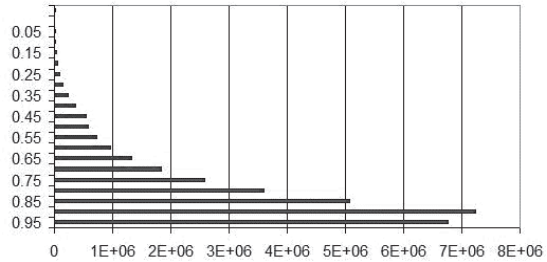


Figura 6: risultato del matching (sinistra) e distribuzione del coefficiente di correlazione (rappresentato in toni di grigio) per l'immagine di Castelgandolfo

Nella Figura 7 è rappresentata la distribuzione in frequenza del coefficiente di correlazione per la stereocoppia di Castelgandolfo. Il risultato del *matching* è molto soddisfacente poiché la maggior parte dei punti ha un coefficiente di correlazione contenuto nel range r=0.90÷0.95. Il fallimento nel processo di *matching* dipende dalla presenza nell'immagine di foreste, laghi e nuvole.



Fiura 7: distribuzione in frequenza del coefficiente di correlazione (Castelgandolfo)

Estrazione del DSM per la stereocoppia di Castelgandolfo

Dopo aver eseguito il *matching* automatico, per la stereocoppia di Castegandolfo è stato estratto il DSM usando il software RPCDEM e gli RPC generati dal software SISAR. Il DSM ottenuto è stato confrontato con il DSM estratto da foto aeree con il software ERDAS 9.1.

Il DSM aereo di riferimento copre un'area di circa 85 Km^2 che include sia foreste sia aree rurali ed urbane. I risultati sono soddisfacenti considerando che l'area d'interesse comprende parecchi elementi non appartenenti al suolo, come alberi ed edifici.

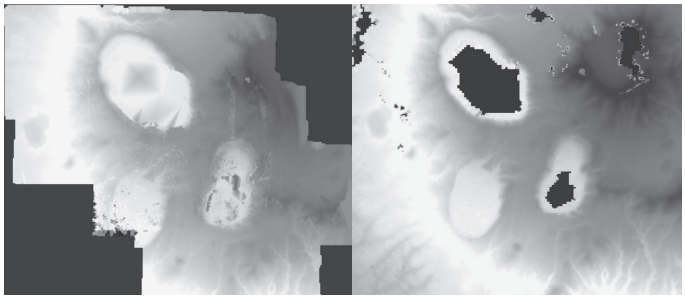


Figura 8: DSM estratto dalle immagini aeree (sinistra) e dalla stereocoppia Cartosat-1 (destra)

I software usati per la generazione del DSM sono ERDAS v. 9.1 per il blocco aereo e RPCDEM per la stereocoppia Cartosat-1 (Figura 8). I due software rispondono in maniera differente nella zona dei

laghi: ERDAS applica una funzione di filtro automatica in modo tale da poter assegnare uno stesso valore di quota nelle zone dei laghi; differentemente RPCDEM non estrae un valore di quota per i laghi perché il software usato per il *matching* (DPLX) non riconosce punti omologhi in queste zone a causa della mancanza di contrasto.
L'accuratezza del DSM di Cartosat-1 è stata confrontata con il DSM di riferimento su differenti zone test: la scena completa è stata suddivisa in diverse aree, classificate come urbane e rurali. L'analisi dei risultati è stata eseguita sia sul DSM direttamente estratto dalle immagini che sul DEM ottenuto filtrando il DSM originale con il software RASCOR sviluppato dal Prof. Karsten Jacobsen (università di Hannover).

IMMAGINE	TIPO	SZ	*BIAS*	SZ =f(α=inclinazione)
Castelgandolfo	DSM	2.88*	-0.06	2.71+0.41*tan α
	DEM	2.29*	0.30	2.26+0.17*tan α
	DSM	4.67**	-0.58	3.95+1.64*tan α
	DEM	4.06**	-0.34	3.27+1.91*tan α

*Tabella 9: accuratezza del modello delle altezze valutato tramite DSM/ DEM di riferimento [m] (*riferito ad un'area rurale, **riferito ad un area urbana) (Jacobsen 2006)*

Le zone aperte selezionate non sono completamente piane perché contengono edifici sparsi e gruppi di alberi, ciononostante l'accuratezza ottenuta è dell'ordine della deviazione standard delle altezze.
Nelle aree urbane le discrepanze tra i due DSM sono elevate; in queste aree l'effetto *smoothing* sul DSM di cartosat-1 è molto evidente (Figura 10); al contrario dopo il filtraggio i profili sono simili e l'effetto *smoothing* scompare (Figura 11).

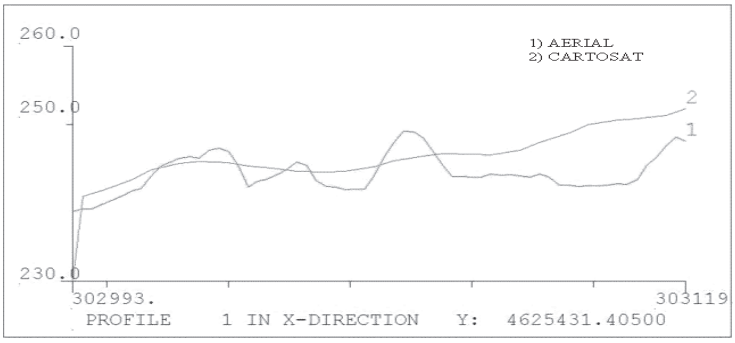


Figura 10: profili dei DSM Cartosat-1 e aereo in area urbana

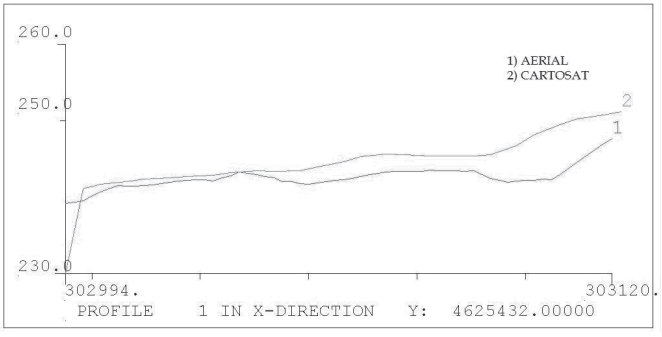


Figura 11: profili dei DEM Cartosat-1 e aereo in area urbana

Infine è stato calcolato, sia per le aree urbane che per quelle rurali, la differenza tra i due DSM: il DSM di Cartosat-1 generato con RPCDDEM ed i SISAR RPC e il DSM aereo generato con ERDAS (Figura 12).

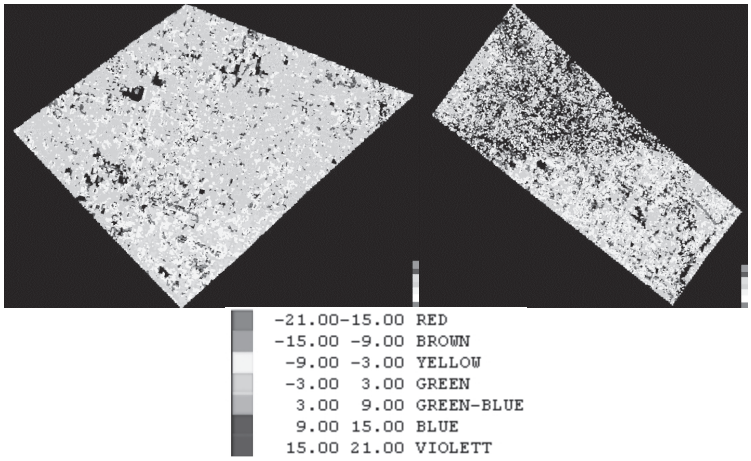


Figura 12: DSM differenza per le aree rurali (sinistra) e quelle urbane (destra)

Conclusioni

I risultati ottenuti per l'orientamento delle immagini Cartosat-1 hanno evidenziato un'accuratezza dell'ordine del GSD in planimetria e di circa 2-3 m in altimetria.

Per la stereocoppia di Castelgandolfo è stato estratto il DSM usando il software RPCDEM e i SISAR RPC. Il DSM ottenuto è stato confrontato con il DSM estratto da foto aeree ed i risultati mostrano una deviazione standard delle altezze dell'ordine di 2.88m per le aree aperte e di 4.67m per le aree urbane. Questo ultimo valore è imputabile all'effetto *smoothing* nel DSM Cartosat-1, causato dalla bassa risoluzione delle immagini satellitari rispetto a quelle aeree.

Bibliografia

Bianconi M., Crespi M., Fratarcangeli F., Giannone F., Pieralice F. (2008) "A New Strategy for Rational Polynomial Coefficients Generation" EARSel, Workshop Remote Sensing - New Challenges of High Resolution, Bochum

Crespi M., Fratarcangeli F., Giannone F., Colosimo G.,Pieralice F., Jacobsen K (2008) "Geometric Potential Of Cartosat-1 Stereo Imagery", presentato al XXI congresso ISPRS, 3-11 luglio 2008, Pechino (Cina)

Giannone F. (2006) "A rigorous model for High Resolution Satellite Imagery Orientation" Tesi di dottorato, Area di Geodesia e Geomatica Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, Sapienza Università di Roma. Disponibile sul sito
http://w3.uniroma1.it/geodgeom/personale.htm#DottoriRicerca

Jacobsen K., 2006: ISPRS-ISRO Cartosat-1 Scientific Assessment JPtogramme (C-SAP) Technical report - test areas Mausanne and Warsaw, ISPRS Com IV, Goa 2006, IAPRS Vol. 36 Part 4, pp. 1052-1056.

ANALISI DELLE POTENZIALITÀ RADIOMETRICHE E GEOMETRICHE DI IMMAGINI QUICKBIRD E WORLDVIEW-1

Mattia CRESPI (*), Laura DE VENDICTIS (**), Fabiana NIFOSÌ (*),
Vincenzo VACCA (*), Fabio VOLPE (**)

(*) DITS – Area di Geodesia e Geomatica, Università degli Studi di Roma "La Sapienza",
via Eudossiana 18 – 00184 Roma tel. +39 06 44585097, fax. 06 44585515, e-mail: mattia.crespi@uniroma1.it
(**) Eurimage S.p.A, via Edoardo D'Onofrio 212 - 00155 Roma, tel. +39 06 406941, fax. +39 06 40694232,
e-mail: (volpe, l.devendictis)@eurimage.com

Riassunto
Lo scopo della sperimentazione è quello di valutare la qualità radiometrica e geometrica dei prodotti acquisiti dalle due piattaforme satellitari QuickBird e WorldView-1, che attualmente offrono la più alta risoluzione spaziale disponibile sul mercato.
Per ogni satellite sono stati analizzati due prodotti ottenuti dalla stessa acquisizione tramite un diverso livello di processamento: Basic e Standard Ortho-Ready.
La qualità radiometrica delle immagini è stata valutata tramite la stima del livello di rumore (*noise*) e della funzione di trasferimento della modulazione (*Modulation Transfer Function* - MTF), che fornisce indicazioni sulla risoluzione delle immagini.
La seconda parte della ricerca è stata finalizzata a valutare le potenzialità geometriche dei 2 satelliti tramite test di orientamento condotti utilizzando sia il modello rigoroso, sia il modello delle funzioni polinomiali razionali (RPC), disponibili nei 2 software commerciali OrthoEngine 10.1 (PCI Geomatica) ed ERDAS Immagine 9.2.

Abstract
The purpose of the experimentation is to assess the radiometric and geometric quality of the products acquired by QuickBird and WorldView-1 satellites, that actually offer the highest spatial resolution.
For each satellite we analyzed two products obtained from the same acquisition by two different processing level: Basic and Standard Ortho-Ready.
The radiometric quality of the images was evaluated estimating the noise level and the Modulation Transfer Function (MTF), that indicates the image sharpness.
The aim of the second part of the research was to assess the geometric potential of the 2 satellites through orientation tests carried out using both, the strict model and the rational polynomial coefficients model (RPC), available in OrthoEngine 10.1 (PCI Geomatics) and ERDAS Image 9.2 commercial software.

Dati della sperimentazione
QuickBird e WorldView-1 attualmente offrono la più alta risoluzione nel settore commerciale pari, rispettivamente, a 61 cm e a 50 cm per il pancromatico. WorldView-1, lanciato a settembre nel 2007, è inoltre equipaggiato con strumenti che offrono un notevole incremento dell'accuratezza di posizionamento.
Per ogni satellite sono stati analizzati due prodotti, ottenuti da un'unica acquisizione, tramite un diverso livello di processamento: Basic e Standard Ortho-Ready. Le immagini di tipo Basic sono

sottoposte ad una correzione esclusivamente radiometrica; le immagini di tipo Standard Ortho-Ready sono corrette sia radiometricamente che geometricamente, e sono quindi rilasciate in un sistema di proiezione cartografica.
La scena QuickBird utilizzata per la sperimentazione (16x17 km^2) è state acquisita il 5 aprile 2005 con un angolo di off-nadir di 2.1° (Fig.1), l'immagine WorldView-1 (17x15 km^2) è stata acquisita l'8 febbraio 2008 con angolo di off-nadir di 6.5° (Fig. 2).

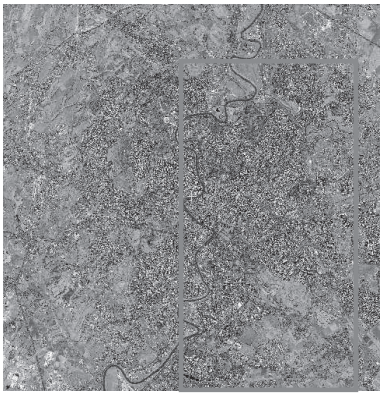


Figura 1 – Immagine QuickBird

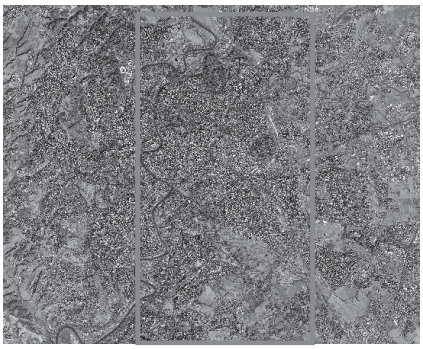


Figura 2 – Immagine WorldView-1

Come è possibile notare dalle figure, l'ampiezza della zona di sovrapposizione delle due immagini, entrambe relative alla città di Roma, ha consentito di utilizzare per l'orientamento le coordinate degli stessi 33 Ground Control Point (GCP) (accuratezza 3D: 0.05 - 0.10 m), acquisite tramite un rilievo GPS RTK, eseguito appoggiandosi a RESNAP-GPS, la rete permanente della Regione Lazio (w3.uniroma1.it/resnap-gps). I GCP sono concentrati in un'area di ampiezza 8x13 km^2 evidenziata dal rettangolo rosso.

Analisi radiometrica
La qualità radiometrica di un'immagine può essere rappresentata da 2 parametri: il rumore (*noise*) e la nitidezza (*sharpness*), esprimibile tramite la funzione di trasferimento della modulazione (*Modulation Transfer Function* - MTF).
Una prima analisi è stata finalizzata a valutare la dipendenza tra il livello di rumore e l'intensità radiometrica delle immagini. E' necessario sottolineare che i sensori montati a bordo dei due satelliti, benché siano progettati per acquisire immagini digitali con una risoluzione radiometrica di 11 bit, in realtà sono caratterizzati da istogrammi di frequenza che presentano i picchi nelle zone di grigio più scuro, senza occupare tutto l'intervallo disponibile.
L'analisi si è basata sul metodo proposto da (Baltsavias et al. 2001) che permette di stimare il livello di rumore tramite l'analisi dello scarto quadratico medio dei *Digital Number* (DN) delle immagini nelle zone non omogenee. Benché il rumore sia particolarmente visibile nelle zone omogenee, dove i pixel relativi allo stesso oggetto sulla superficie dovrebbero avere lo stesso valore di DN, in realtà l'uso delle aree non omogenee, che tra l'altro costituiscono la percentuale maggiore delle immagini, permette un'analisi della variazione di rumore in funzione dell'intensità radiometrica.
Come indicatore del rumore si considera la deviazione standard (SQM) dei valori dei DN relativi ai pixel di una finestra mobile 3x3, fatta scorrere su tutta l'immagine con passo di 3 pixel.
L'intervallo di tutti i toni di grigio è diviso in classi ed il valore di SQM di ogni finestra è assegnato alla relativa classe sulla base del valore della media dei DN della finestra stessa; per ogni classe il rumore viene stimato come media del 5% dei valori di SQM minori, sotto l'ipotesi che la variabilità dei DN di tali finestre sia effettivamente dovuta al rumore e non ad una differenza di *texture*.

I risultati ottenuti hanno evidenziato, per entrambe le piattaforme satellitari, una sostanziale indipendenza del rumore rispetto all'intensità radiometrica nelle classi che interessano la maggior parte dei pixel (oltre l'80%), mentre si nota una lieve correlazione nelle classi estreme (0-320\512-1279) in cui l'intensità aumenta con il livello di grigio (Fig. 3).

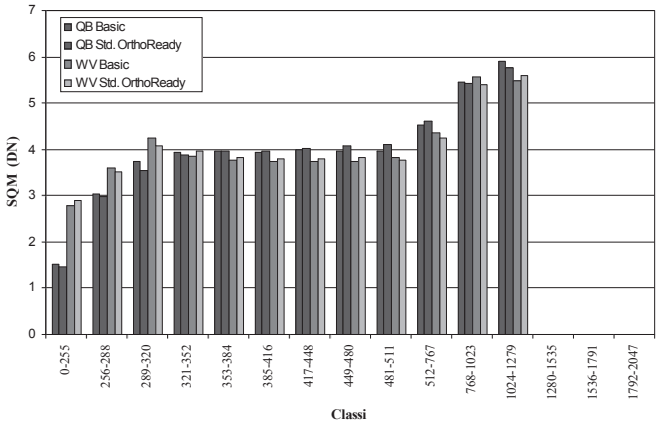


Figura 3 – Stima del rumore

La seconda parte dell'analisi radiometrica ha avuto come scopo la valutazione della funzione di trasferimento della modulazione che caratterizza, nel dominio della frequenza spaziale e lungo una direzione predefinita, la risoluzione spaziale dell'immagine. La funzione di trasferimento può essere ottenuta considerando la risposta (*Edge Spread Function* – ESF) di un sistema ottico ad un impulso rettangolare, assimilabile ad una funzione a gradino.

Negli ultimi anni sono state sviluppate diverse metodologie per la stima della MTF (Choi, 2002, Kohm, 2004), la maggior parte delle quali si basa sull'utilizzo di target naturali o artificiali per ottenere la *Edge Spread Function*. Per questo lavoro ci si è basati sull'"*edge method*" proposto da (Choi, 2002), e recentemente rivisto da (De Vendictis, 2008).

L'obiettivo iniziale della metodologia consiste nell'individuare sulle immagini degli elementi lineari (Fig. 4), approssimativamente orientati in direzione parallela (*along-track*) e ortogonale (*cross-track*) a quella di volo, che rappresentano una linea di bordo tra due regioni uniformi a differente intensità radiometrica.

Si individua, quindi, per ogni pixel della linea di bordo una retta perpendicolare al bordo stesso che viene interpolata, sulla base dei relativi DN, con una *spline* cubica. Per ottenere la *Edge Spread Funcion,* che rappresenta la risposta sintetica del sensore all'impulso in ingresso, le *spline* sono mediate ed interpolate mediante una funzione analitica che ne riduce il rumore (De Vendictis, 2008).

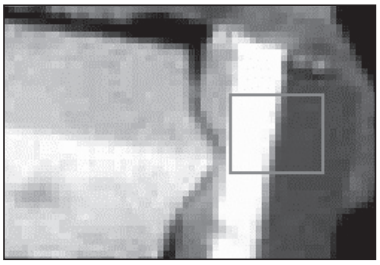


Figura 4 - Target along-track

Tramite la derivata prima della LSF è possibile ottenere la *Line Spread Function* (LSF), la cui trasformata di Fourier, opportunamente scalata nell'asse delle frequenze, fornisce la *Modulation Transfer Function* (MTF) alla frequenza di Nyquist (Fig. 5).

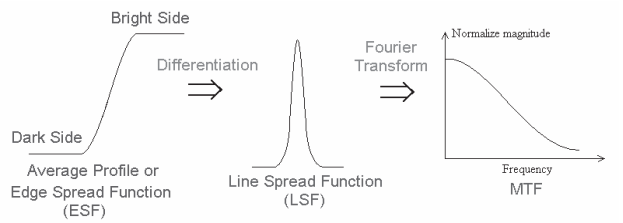


Figura 5 – Metodologia per la stima della MTF

Dalla curva LSF è stato possibile stimare, come ulteriore parametro che fornisce un'indicazione sulla risoluzione delle immagini, il *Full Width at Half Maximum* (FWHM). Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti considerando gli stessi target sulle 4 immagini (Fig. 6).

IMMAGINE	21 edges cross-track		22 edges along-track	
	MTF at Nyquist	FWHM (pixel)	MTF at Nyquist	FWHM (pixel)
QB BASIC	0.25	1.31	0.19	1.52
QB_StdOr	0.23	1.37	0.17	1.60
WV1_BASIC	0.23	1.40	0.17	1.60
WV1_StdOr	0.23	1.40	0.15	1.66

Figura 6 – Stima della MTF e del parametro FWHM

L'analisi della MTF ha evidenziato, per entrambe i satelliti, che la risoluzione delle immagini è migliore in direzione *cross-track*, ovvero ortogonale alla direzione di volo del satellite, rispetto alla direzione *along-track*. Il tipo di processamento delle immagini (Basic e Standard Ortho-Ready) non sembra influenzare sostanzialmente tale valore.

Orientamento stereo

Le quattro immagini sono state orientate utilizzando il modello rigoroso ed il modello delle funzioni polinomiali razionali (RPC) con coefficienti di correzione di ordine 0 e 1 (RPC0, RPC1), implementati nei software commerciali PCI-OrthoEngine v.10.0 ed ERDAS Imagine 9.2.

L'orientamento è stato eseguito utilizzando un numero differente di GCP, incrementando il loro numero a partire da 6 fino ad un massimo di 15, con lo scopo di individuare il minimo numero necessario per ottenere l'assestamento dell'accuratezza, valutata in termini di *Root Mean Square Error* (RMSE) sui residui dei restanti 18 Check Point (CP) non utilizzati nell'orientamento.

Nelle figure 7 e 8 si riportano i risultati ottenuti per le 4 immagini con i 3 modelli di orientamento implementati nel software OrthoEngine.

I valori ottenuti mostrano che per i prodotti QuickBird (Fig. 7) il modello RPC1 ed il modello rigoroso, a differenza del modello RPC0, forniscono entrambi risultati a livello sub-pixel in entrambe le direzioni; il modello rigoroso risulta in ogni caso più accurato.

OrthoEngine - QuickBird Basic						
RMSE Check Points (Pixel)						
N° GCP	Rigoroso		RPC0		RPC1	
	E	N	E	N	E	N
6	0.86	0.53	1.93	0.68	1.20	0.67
9	0.79	0.68	1.83	0.68	0.92	0.58
12	0.71	0.60	1.88	0.69	0.86	0.58
15	0.62	0.61	1.95	0.70	0.91	0.58

OrthoEngine - QuickBird Std. OrthoReady						
RMSE Check Points (Pixel)						
N° GCP	Rigoroso		RPC0		RPC1	
	E	N	E	N	E	N
6	1.44	0.66	1.90	0.67	1.31	0.53
9	0.65	0.80	1.73	0.67	0.95	0.50
12	0.68	0.57	1.79	0.68	0.89	0.49
15	0.65	0.56	1.85	0.69	0.89	0.49

Figura 7 – Accuratezza QuickBird con i modelli di OrthoEngine

Anche per le immagini WorldView-1 i tre modelli forniscono un livello di accuratezza contenuto nel pixel, ma in questo caso il modello rigoroso sembra interpretare meno bene le distorsioni geometriche (Fig. 8). E' interessante sottolineare che i modelli RPC0 e RPC1 applicati alle immagini WorldView-1 forniscono risultati sostanzialmente equivalenti, probabilmente perché, anche grazie alla migliore precisione di posizionamento fornita da innovativi strumenti montati a bordo del satellite, i coefficienti dei polinomi razionali sono stimati a partire da un modello rigoroso più accurato.

OrthoEngine - WorldView-1 Basic						
RMSE Check Points (Pixel)						
N° GCP	Rigoroso		RPC0		RPC1	
	E	N	E	N	E	N
6	0.77	1.38	0.67	0.76	0.83	0.84
9	0.85	1.28	0.68	0.75	0.78	0.81
12	0.72	1.02	0.67	0.78	0.78	0.79
15	0.72	0.85	0.67	0.75	0.77	0.77

OrthoEngine - WorldView-1 Std. OReady						
RMSE Check Points (Pixel)						
N° GCP	Rigoroso		RPC0		RPC1	
	E	N	E	N	E	N
6	1.18	1.12	0.77	0.87	0.83	1.05
9	0.84	1.29	0.77	0.89	0.80	1.02
12	0.81	1.13	0.76	0.89	0.82	1.00
15	0.79	1.02	0.77	0.87	0.81	0.98

Figura 8 – Accuratezza WorldView-1 con i modelli di OrthoEngine

Il software ERDAS non permette di correggere con il modello rigoroso le immagini di tipo Standard Ortho-Ready, già sottoposte ad una correzione geometrica basata sull'utilizzo di un DEM a quota costante pari all'altitudine media dell'area.
I test effettuati sulle immagini QuickBird mostrano che il modello RPC1 fornisce la migliore accuratezza (sub-pixel), accuratezza che risulta superiore per le immagini di tipo Basic (Fig. 9).

ERDAS - QuickBird Basic						
RMSE Check Points (Pixel)						
N° GCP	Rigoroso		RPC0		RPC1	
	E	N	E	N	E	N
6	1.53	0.64	1.69	0.82	0.47	0.42
9	1.54	0.58	1.70	0.83	0.45	0.35
12	1.49	0.59	1.70	0.86	0.45	0.35
15	1.49	0.60	1.74	0.87	0.40	0.35

ERDAS - QuickBird Std. OReady				
RMSE Check Points (Pixel)				
N° GCP	RPC0		RPC1	
	E	N	E	N
6	2.72	1.44	0.76	0.76
9	2.67	1.39	0.78	0.67
12	2.71	1.45	0.80	0.67
15	2.77	1.46	0.77	0.68

Figura 9 – Accuratezza QuickBird con i modelli di ERDAS

Per l'immagine di tipo Basic del satellite WorldView-1 i tre modelli forniscono risultati sostanzialmente equivalenti (accuratezza sub-pixel); limitatamente ai modelli RPC0 e RPC1, su cui è possibile effettuare un confronto, si evidenzia che l'elaborazione della immagine di tipo Basic fornisce anche in questo caso risultati più accurati rispetto a quelli che si ottengono con il tipo Standard Ortho-Ready (Fig. 10).

ERDAS - WorldView-1 Basic						
RMSE Check Points (Pixel)						
N° GCP	Rigoroso		RPC0		RPC1	
	E	N	E	N	E	N
6	0.69	0.83	0.93	0.85	0.78	0.85
9	0.64	0.80	0.93	0.81	0.66	0.82
12	0.66	0.78	0.93	0.84	0.70	0.80
15	0.65	0.77	0.93	0.80	0.70	0.78

ERDAS - WorldView-1 Std. Oready				
RMSE Check Points (Pixel)				
N° GCP	RPC0		RPC1	
	E	N	E	N
6	1.68	1.58	1.48	1.55
9	1.67	1.47	1.21	1.43
12	1.66	1.42	1.25	1.38
15	1.66	1.34	1.22	1.31

Figura 10 – Accuratezza WorldView-1 con i modelli di ERDAS

Si può infine evidenziare che per tutti i test effettuati l'accuratezza generalmente si stabilizza a partire da un numero minimo di GCP compreso tra 6 e 9.

Conclusioni e prospettive future

La sperimentazione ha avuto come scopo la valutazione della qualità radiometrica e geometrica di immagini ad alta risoluzione QuickBird e WorldView-1.

L'analisi radiometrica, condotta tramite la stima del livello di rumore e della MTF, ha evidenziato:

- una sostanziale indipendenza del rumore rispetto all'intensità radiometrica per entrambe le piattaforme satellitari, tranne che ai 2 estremi dell'istogramma di frequenza dell'intensità radiometrica dove si nota una lieve correlazione
- una migliore risoluzione, in termini di MTF, in direzione cross-track rispetto alla direzione along-track per entrambe i satelliti

Le potenzialità geometriche dei 2 satelliti sono state valutate tramite test di orientamento condotti utilizzando sia il modello rigoroso, sia il modello delle funzioni polinomiali razionali (RPC di ordine 0 e 1), disponibili nei 2 software commerciali OrthoEngine 10.1 ed ERDAS Immagine 9.2

Dalle prove effettuate si può evidenziare che:

- il software OrthoEngine fornisce i migliori risultati (accuratezza sub-pixel) per le immagini QuickBird con il modello rigoroso e il modello RPC1, mentre le distorsioni geometriche delle immagini WorldView-1 sono corrette a livello sub-pixel con i modelli RPC0 e RPC1
- con il software ERDAS è possibile ottenere un livello di accuratezza sub-pixel per entrambe le immagini QuickBird solo con il modello RPC1; tutti e i 3 modelli di ERDAS forniscono risultati equivalenti (sub-pixel) per l'immagini WorldView-1 Basic, mentre risultati più scadenti si ottengono dall'immagine Standard Ortho-Ready
- per entrambi i software l'incremento del numero di GCP non migliora significativamente l'accuratezza dei modelli

I test presentati in questo lavoro costituiscono delle prove svolte su un set limitato di immagini sostanzialmente nadirali. Nel prossimo futuro si estenderanno i test ad immagini acquisite con differenti angoli di off-nadir e relative ad aree di diversa morfologia.

Bibliografia

Baiocchi, V., Crespi, M., De Vendictis, L., Giannone, F., 2004. Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione per scopi metrici. Atti della 8° Conferenza Nazionale ASITA, Roma, 14-17 Dicembre 2004 (Italia) (relazione invitata).

Baltsavias, E. P., Pateraki, M., Zhang, L., 2001. Radiometric and Geometric Evaluation of IKONOS Geo Images and Their Use for 3D Building Modeling. Joint ISPRS Workshop on High Resolution Mapping from Space 2001, Hannover, Germany, 19-21 September (on CD-ROM).

Choi, T,. 2002. IKONOS Satellite on Orbit Modulation Transfer Function (MTF) Measurement using Edge and Pulse Method. Master Thesis, South Dakota State University.

De Vendictis, L., 2007. Quality assessment and enhancement of High Resolution Satellite Imagery for DSM extraction. PhD Thesis, Area di Geodesia e Geomatica Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, Sapienza Università di Roma.

Giannone, F., 2006. A rigorous model for High Resolution Satellite Imagery Orientation. PhD Thesis, Area di Geodesia e Geomatica Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, Sapienza Università di Roma.

Kohm, K., 2004. Modulation Transfer Function Measurement Method and Results for The OrbView-3 high resolution imaging satellite. IAPRS, Vol. 35, B1, pp. 7-12.

Leica, 2008. Manuale di ERDAS Software, v. 9.2.

PCI, 2006. Manual of Orthoengine Software, v.10. PCI Geomatics Enterprises Inc., Richmond Hill.

UN MODELLO RIGOROSO PER L'ORIENTAMENTO DI STEREOCOPPIE: APPLICAZIONI CON IKONOS, EROS-A E QUICKBIRD

M. CRESPI, F. FRATARCANGELI, F. GIANNONE, F. PIERALICE

DITS – Area di Geodesia e Geomatica – Sapienza Università di Roma– via Eudossiana 18 – Rome, Italy - <mattia.crespi,francesca.fratarcangeli,francesca.giannone,francesca.pieralice>@uniroma1.it

Riassunto

Dal 2003, il gruppo di ricerca del DITS (Dipartimento di Idraulica, Trasporti e Strade - Area di Geodesia e Geomatica) sta sviluppando il software scientifico SISAR (Software Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione) per l'orientamento di immagini satellitari. Attualmente il *software* è in grado di gestire le immagini acquisite dalle piattaforme QuickBird, IKONOS, EROS-A e Cartosat-1, utilizzando sia il modello rigoroso che il modello RPC (*Rational Polynomial Coefficient*).

Nel presente lavoro saranno descritti i risultati ottenuti applicando il modello rigoroso implementato in SISAR per l'orientamento di stereocoppie QuickBird, IKONOS ed EROS-A. Tale modello è in grado di gestire sia stereocoppie *along-track*, cioè coppie di immagini acquisite durante lo stesso passaggio orbitale, che stereocoppie *across-track*, cioè coppie di immagini acquisite durante differenti passaggi orbitali.

Il modello di SISAR è stato testato su tre stereocoppie: una stereocoppia *along-track* QuickBird relativa alla zona di Augusta (Sicilia); una stereocoppia *along-track* IKONOS relativa alla zona di Bagnoli (Napoli); una coppia di immagini EROS-A relative alla zona di Roma acquisite a distanza di 1 anno.

I risultati di SISAR sono stati confrontati con quelli ottenuti con il *software* OrthoEngine 10.0 (PCI Geomatica) in cui è implementato il modello rigoroso sviluppato da Therry Toutin.

Abstract

Since 2003, the research group of DITS (Department of Hydraulic, Transportation and Street-Geodesy and Geomatic Area) has developed and implemented the scientific software SISAR (Software Immagini Satellitari Alta Risoluzione) for the satellite imagery orientation. At the moment this software is able to treat the images acquired by several platforms (QuickBird, IKONOS, EROS-A, EROS-B and Cartosat-1), using the rigorous model and RPC model (Rational Polynomial Coefficient).

In this paper the attention is focused on the orientation of QuickBird, IKONOS and EROS-A stereopairs using the rigorous model. This model is able to manage along-track stereopairs acquired in the same orbital passage and also across-track stereopairs, that are a couple of images acquired during different orbital passage.

The SISAR model is tested on three stereopairs: a QuickBird along-track stereopair of Augusta (Sicily), an IKONOS along-track stereopair of Bagnoli (Naples) and a couple of EROS-A images of Rome acquired with a temporal delay of one year.

SISAR results are compared with the corresponding ones obtained by the software OrthoEngine 10.0 (PCI Geomatica), where Thierry Toutin's rigorous is implemented.

Introduzione

Le stereocoppie di immagini satellitari ad alta risoluzione trovano applicazione in molti campi, prima tra tutti la generazione di Modelli Digitali del Terreno o delle Superfici (DTM/DSM) e l'estrazione di caratteristiche 3D in ambito urbano.

Affinché le immagini satellitari possano essere utilizzate per scopi metrici e cartografici, è di fondamentale importanza rimuovere le distorsioni da cui sono affette le immagini grezze, che devono subire quindi un processo di orientamento (definizione, stima e valutazione del modello di correzione) e di ortorettificazione (generazione di una nuova immagine corretta).

I modelli di orientamento per le immagini satellitari si dividono in due gruppi principali: i modelli fisicamente basati e i modelli analitici (detti anche modelli neri). Appartiene alla prima categoria il modello rigoroso, che prevede la ricostruzione della geometria della presa e del segmento orbitale al momento dell'acquisizione. Fa parte invece della seconda categoria il modello RPF (Funzioni Polinomiali Razionali) dove il rapporto tra coordinate terreno e coordinate immagine è stabilito da funzioni puramente analitiche; i coefficienti dei polinomi possono essere stimati sulla base di un set di punti di controllo a terra o possono essere forniti insieme all'immagine nel file RPC.

Nel presente lavoro l'attenzione è stata rivolta al modello rigoroso per l'orientamento delle immagini satellitari ad alta risoluzione implementato in SISAR e alla sua applicazione con stereocoppie acquisite dai satelliti QuickBird, IKONOS and EROS-A.

Il modello orienta sia stereocoppie *along-track*, cioè coppie di immagini acquisite durante lo stesso passaggio orbitale con un intervallo temporale di pochi secondi, che stereocoppie *across-track*, cioè coppie di immagini acquisite durante differenti passaggi orbitali.

In particolare, lo studio delle informazioni geometriche estraibili da una stereocoppia acquisita in differenti passaggi orbitali e con intervalli temporali piuttosto lunghi risulta essere di notevole interesse in quanto le stereocoppie *along-track* hanno generalmente costi elevati.

È importante ricordare che i prodotti IKONOS sono preventivamente sottoposti ad una proiezione su un ellissoide di riferimento, mentre le immagini grezze EROS-A e QuickBird non subiscono alcuna correzione geometrica; per questa ragione il modello rigoroso per le immagini IKONOS è diverso da quello sviluppato per EROS-A e QuickBird.

Il modello rigoroso per le immagini QuickBird ed EROS-A

Il modello è basato, secondo il classico approccio fotogrammetrico, sulla ricostruzione delle equazioni di collinearità. La posizione del satellite è descritta attraverso i parametri kepleriani che permettono di ricostruire il segmento orbitale percorso dal satellite al momento della presa; i tre angoli che rappresentano l'assetto del satellite sono modellizzati attraverso funzioni del secondo ordine dipendenti dal tempo; inoltre si tiene conto anche degli effetti della rifrazione atmosferica. Altri parametri di orientamento sono la distanza focale e due parametri di autocalibrazione che tengono conto di eventuali distorsioni indotte dal sensore (Crespi et al., 2008).

I valori approssimati di tutti questi parametri vengono inizialmente ricavati dai file di metadata che corredano l'immagine, in seguito attraverso una stima ai minimi quadrati ne vengono stimate delle correzioni, utilizzando un set di punti di controllo, cioè punti di cui sono note le coordinate immagine e le coordinate a terra (Ground Control Points).

Si vuole sottolineare che non tutti i parametri sopra descritti sono stimabili; infatti non è possibile stimare alcuni parametri kepleriani poiché l'arco orbitale connesso al periodo dell'acquisizione di una immagine è estremamente corto rispetto alla lunghezza totale dell'orbita, mentre altri parametri non sono stimabili perché strettamente correlati tra loro e con i parametri di assetto del sensore (Giannone, 2006). Per riuscire ad individuare quali siano i parametri realmente stimabili, è stata implementata in SISAR una procedura basata sulla *Singular Value Decomposition* (SVD) e sulla *QR Decomposition* (Golub, 1993), che permette di selezionare nel processo di stima ai minimi di quadrati solamente i parametri realmente stimabili. Inoltre viene effettuato anche un test di significatività del tipo t-Student, in modo tale che solo i parametri realmente stimabili e significativi entrino a far parte della stima definitiva.

Il modello rigoroso per le immagini IKONOS

Le immagini IKONOS sono soggette ad un pre-processamento che prevede la proiezione dell'immagine su un ellissoide "gonfiato" ad una quota di riferimento ed una georeferenziazione in un sistema cartografico. In questo caso è possibile definire delle equazioni di collinearità [1] che stabiliscano un legame tra le coordinate terreno dei punti (X_T, Y_T, Z_T) e le rispettive coordinate lette sull'immagine (X_I, Y_I, Z_I), entrambe espresse nel sistema di riferimento ECEF (Crespi et al., 2007).

$$\begin{vmatrix} X_I - X_S \\ Y_I - Y_S \\ Z_I - Z_S \end{vmatrix} = \lambda R \begin{vmatrix} X_T - X_S \\ Y_T - Y_S \\ Z_T - Z_S \end{vmatrix} \qquad [1]$$

I termini X_S, Y_S, Z_S rappresentano le coordinate del satellite espresse nel sistema di riferimento ECEF, λ è un fattore di scala ed R una matrice di rotazione infinitesima [2], i cui termini *a, b, c* rappresentano i parametri di assetto del satellite.

$$R = I + \delta R \qquad \delta R = \begin{bmatrix} 0 & a & b \\ -a & 0 & c \\ -b & -c & 0 \end{bmatrix}$$

[2]

Si suppone che *a, b, c* possano essere modellizzati con funzioni del secondo ordine dipendenti dal tempo [3]. a_0, b_0, c_0, a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2 sono i parametri che vengono stimati con un sistema ai minimi quadrati per definire il modello di orientamento dell'immagine.

$$a = a_0 + a_1 \cdot Js + a_2 \cdot Js^2$$

$$b = b_0 + b_1 \cdot Js + b_2 \cdot Js^2$$

$$c = c_0 + c_1 \cdot Js + c_2 \cdot Js^2$$

[3]

Orientamento della stereocoppia

Le due immagini che costituiscono la stereocoppia devono essere orientate separatamente, stimando così i parametri del modello singolarmente per ognuna di esse. Tali parametri sono utilizzati per poter stimare le coordinate a terra di un certo numero di *Tie Point* (TP), cioè dei punti di legame. I punti di legame, di cui sono note soltanto le coordinate immagine, devono essere chiaramente individuabili su entrambe le immagini. Le coordinate a terra di questi punti possono essere calcolate valutando il punto di intersezione tra i due raggi omologhi relativi alle due immagini della stereocoppia (figura 1).

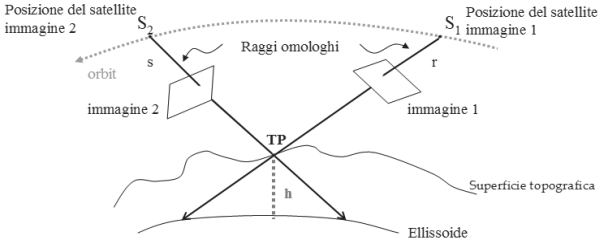


Figura 1 - Calcolo delle coordinate dei TP attraverso l'intersezione dei raggi omologhi

Le coordinate dei TP così calcolate saranno poi utilizzate insieme agli altri GCP per l'orientamento della stereocoppia, nel quale tutti parametri del modello relativi alle due immagini sono stimati simultaneamente.

Risultati

Il set di dati utilizzato per testare il modello è costituito da tre stereocoppie con diverse caratteristiche (Tabella 2): una stereocoppia QuickBird *along-track* della zona di Augusta (Sicilia), una stereocoppia IKONOS *along-track* della zona di Bagnoli e una stereocoppia EROS-A composta da due immagini della zona di Roma acquisite con un intervallo temporale di circa un anno.

ID Image	GSD [m]	Off-nadir angle (°) Start	Off-nadir angle (°) End	Scene coverage (Km*Km)	GPs
QuickBird					
Augusta (*P001)	0.77	29.2		20x19	39
Augusta (*P002)	0.75	28.2		20x19	
IKONOS					
Bagnoli1	1.00	25.6		9x13	25
Bagnoli2	1.00	27.1		9x13	
EROS A					
ITA1-e1038452 (Rome)	1.80	9.1	9.4	13x10	49
ITA1-e1090724 (Rome)	2.60	31.0	40.1	17x12	

Tabella 2 – Caratteristiche delle immagini utilizzate nei test

Si intende richiamare l'attenzione su alcune delle problematiche incontrate lavorando sulla stereocoppia EROS-A del tipo *across-track*; infatti le due immagini, acquisite ad una anno di distanza, sono molto diverse dal punto di vista delle condizioni di illuminazione e della copertura del suolo, inoltre le due immagini hanno anche un diverso valore di risoluzione spaziale (rispettivamente 1.8 m e 2.6 m). Tutti questi fattori possono rendere piuttosto difficile il riconoscimento di particolari corrispondenti sulle due immagini e quindi rendere complicata la scelta e la collimazione dei punti di controllo. In figura 3 è mostrato un esempio: un particolare chiaramente visibile su una delle due immagini è praticamente irriconoscibile sull'altra.

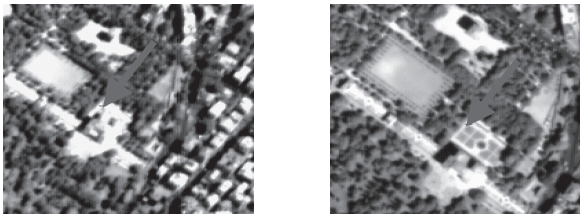


Figura 3 – Un particolare delle due immagini EROS-A a confronto (*ITA1-e1038452 gsd= 1.8 m a sinistra e ITA1-e1090724 gsd= 2.6 m a destra)*

Le coordinate a terra dei punti di controllo sono state acquisite attraverso rilievi GPS. In particolare per le immagini di Augusta è stato effettuato un rilievo in modalità RTK con ricevitore Leica System 1200. I punti di Bagnoli sono stati acquisiti con ricevitori TOPCON Legacy in modalità *post processing*. I punti di controllo su Roma sono stati acquisiti con ricevitore Trimble 5700 utilizzando come *master station* la stazione permanente M0SE collocata presso l'Università di Roma "Sapienza". L'accuratezza orizzontale delle coordinate dei punti di controllo è di circa 10 cm, mentre quella verticale è di circa 20 cm.

I risultati ottenuti con il software SISAR sono stati messi a confronto con quelli ottenuti utilizzando il *software* commerciale PCI Geomatica 10.0 (modulo OrthoEngine), nel quale è implementato il modello rigoroso sviluppato da Toutin. Sono stati riportati i risultati delle prove effettuate sulle diverse stereocoppie in termini di RMSE dei residui sui *Check Point* (CP) nelle diverse componenti; tale indice statistico è utile a valutare l'accuratezza estraibile dall'immagine. Ogni stereocoppia è stata orientata con entrambe i software più volte incrementando il numero dei punti utilizzati come *Ground Control Point* (GCP); nei seguenti grafici è mostrato l'andamento dei risultati al variare delle prove.

Per quanto riguarda la stereocoppia QuickBird (figura 4) il modello implementato in SISAR permette di ottenere una migliore accuratezza, sia nelle componenti planimetriche che in altimetria.

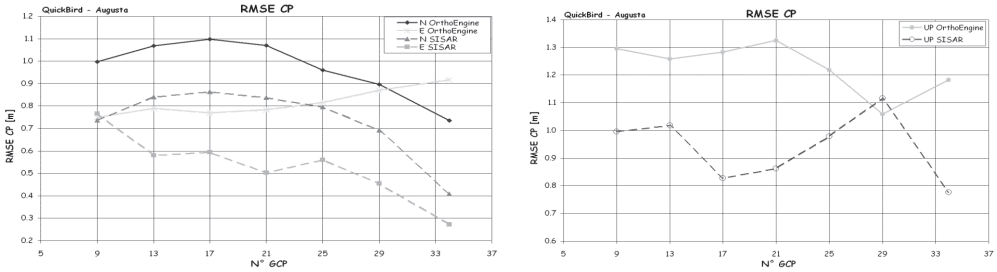


Figura 4 – RMSE sui CP relativi alla stereocoppia Quickbird, componenti planimetriche (sinistra) e componente altimetrica (destra)

I risultati ottenuti sulle immagini IKONOS sono soddisfacenti (figura 5); in particolare si può notare che nella componente Nord il trend è molto simile per entrambe i software e che SISAR permette di ottenere una migliore accuratezza, mentre è il contrario per componente Est, dove il valore di RMSE si assesta attorno al metro. Anche per la componente altimetrica il trend per i due software è molto simile, ma con OrthoEngine si ottengono dei risultati migliori.

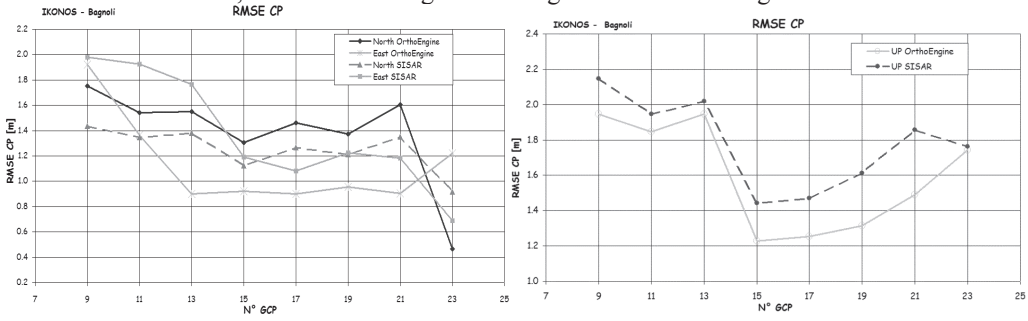


Figura 5 - RMSE sui CP relativi alla stereocoppia IKONOS, componenti planimetriche (sinistra) e componente altimetrica (destra)

Molto interessanti sono i risultati ottenuti sulla stereocoppia EROS-A (figura 6), dove sono ottime le prestazioni di SISAR, soprattutto nella componente Nord, per la quale si hanno valori di RMSE di circa 2.8 m contro i 4.0 m di OrthoEngine. Anche il altimetria i risultati ottenuti con SISAR sono molto buoni con accuratezze migliori rispetto ad OrthoEngine.

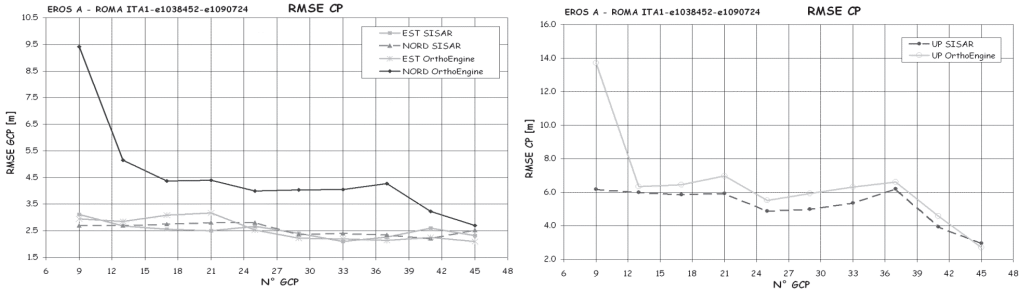


Figura 6 - RMSE sui CP relativi alla stereocoppia EROS-A, componenti planimetriche (sinistra) e componente altimetrica (destra)

La tabella 7 riassume i risultati ottenuti nelle diverse prove riportando per ciascuna stereocoppia e per ciascuna componente il valore di RMSE attorno al quale si assestano i risultati.

	ACCURACY (RMSE of CP)					
	OrthoEngine			SISAR		
	East [m]	North [m]	Up [m]	East [m]	North [m]	Up [m]
EROS A	2.53	4.00	5.52	2.67	2.81	4.89
QuickBird	0.77	1.10	1.28	0.59	0.86	0.83
IKONOS	0.90	1.46	1.25	0.98	1.34	1.41

Tabella 7 – Tabella riassuntiva delle prove effettuate

Conclusioni

Il modello rigoroso implementato nel software scientifico SISAR è stato applicato su tre stereocoppie acquisite dai satelliti ad alta risoluzione QuickBird, IKONOS ed EROS-A; le stesse immagini sono state orientate utilizzando anche il modello rigoroso implementato nel software commerciale OrthoEngine (PCI Geomatica 10.0) e i risultati ottenuti con i due software sono stati confrontati.

I risultati, in termini di RMSE dei residui sui CP, hanno rivelato le buone potenzialità del software SISAR, le cui prestazioni sono certamente al livello del software commerciale OrthoEngine 10.

L'accuratezza raggiungibile con la stereocoppia QuickBird è al di sotto del metro, compatibile con prodotti cartografici alla scala 1:5000. Accuratezze minori si possono ottenere con le immagini IKONOS ed EROS-A, ma cmq dell'ordine della risoluzione spaziale delle immagini.

Tra le prospettive future si intende estendere il modello all'orientamento di blocchi di immagini e all'orientamento di immagini acquisite da altre piattaforme (come Prism ed EROS-B).

Bibliografia

Crespi M., Fratarcangeli F., Giannone F., Pieralice F., 2007. Orientamento di immagini satellitari Ikonos: implementazione di un modello originale nel software scientifico SISAR. 11° Conferenza Nazionale Asita, Torino (Italy)

Crespi M., Fratarcangeli F., Giannone F., Pieralice F., 2008 Orientation of QuickBird, IKONOS and EROS-A stereopairs by an original rigorous model. International Calibration and Orientation Workshop, EuroCOW 2008. Castelldefels (Spain)

Giannone F., 2006. A rigorous model for High Resolution Satellite Imagery Orientation. PhD Thesis, Area di Geodesia e Geomatica Dipartimento di Idraulica Trasporti e Strade, Sapienza Università di Roma.

Golub G. H., Van Loan C. F., 1993. *Matrix Computation*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.

MODELLO RPC PER L'ORIENTAMENTO DI STEREOCOPPIE SATELLITARI NEL SOFTWARE SISAR

M. CRESPI, F. FRATARCANGELI, F. GIANNONE, F. PIERALICE

DITS – Area di Geodesia e Geomatica – Sapienza Università di Roma– via Eudossiana 18 – Rome, Italy - <mattia.crespi,francesca.fratarcangeli,francesca.giannone,francesca.pieralice>@uniroma1.it

Riassunto

Il modello di orientamento RPC, universalmente accettato e validato, costituisce un'ottima alternativa al modello di orientamento del sensore per immagini satellitari ad alta risoluzione. La sua ampia diffusione nei diversi settori è dovuta principalmente alla non necessaria conoscenza, per il suo utilizzo, di informazioni sul sensore, sull'asseto e sulle effemeridi del satellite.

I coefficienti RPC sono forniti, insieme alle immagini, dalle società che gestiscono alcune piattaforme satellitari (come QuickBird, Ikonos, Cartosat-1) e generati sulla base di un opportuno modello rigoroso.

Il gruppo di ricerca dell'Area di Geodesia e Geomatica, dell'Università di Roma, ha sviluppato ed implementato un software scientifico (SISAR - Software Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione) per l'orientamento d'immagini satellitari acquisite dalle piattaforme QuickBird, Ikonos, Cartosat-1 ed EROS-A; all'interno è presente un modulo per l'orientamento delle stereocoppie con il modello RPC. Il software SISAR è in grado, inoltre, di generare autonomamente gli RPC a partire dal proprio modello rigoroso.

Il modulo è stato testato su diverse stereocoppie: quattro acquisite da Cartosat-1, tre acquisite rispettivamente da QuickBird, Ikonos e EROS-A. I risultati ottenuti, in termini di RMSE sui Check Point (CP), su tutte e tre le componenti (Est, Nord e quota) sono stati confrontati con i rispettivi risultati ottenuti con il software commerciale ERDAS v. 9.1 e il software scientifico RPCDEM, sviluppato dal Prof. K. Jacobsen dell'Università di Hannover.

Abstract

The Rational Polynomial Coefficient (RPC) model, universally accepted and validated, is an alternative sensor orientation model for high-resolution satellite imagery (HRSI).

Its widespread use in different sectors is due to the not necessary knowledge of camera model information, ephemeris and satellite attitude.

The RPC coefficients are supplied, together the imageries, by the societies to release them.

The research group of Geodesy and Geomatics Area of "Sapienza" University of Rome is developing and implementing a specific software (SISAR- Software per Immagini Satellitari ad Alta Risoluzione) for the orientation of imageries, acquired by QuickBird, Ikonos, Cartosat-1 and EROS-A satellite; the model may be used to orientate stereo pairs using RPC model and it is able to generate the own RPC starting from own rigorous model autonomously.

The model was been tested on different stereo pairs: four acquired by Cartosat-1, three acquired by Quickbird, Ikonos, EROS-A respectively. The results obtained, in term of RMSE on Check Points, on the three components (East, North, Height), are compared with the corresponding one obtained by the commercial software Erdas 9.1 and the scientific software RPCDEM, developed by Prof. Jacobsen (University of Hannover).

Introduzione

La messa in orbita di satelliti ad alta risoluzione (Ikonos, QuickBird, ecc.) ha consentito un rapido sviluppo di mappe digitali, la produzione e l'aggiornamento di cartografia a media scala. Tali satelliti non garantiscono solo un'elevata risoluzione geometrica e dati multispettrali ma sono in grado di acquisire in modalità stereo consentendo la generazione di modelli digitali del terreno e della superficie (DTM e DSM) e le estrazioni di caratteristiche 3D (city modeling).

Uno dei modelli più utilizzati per l'orientamento di stereocoppie satellitari è il modello rigoroso che consente la ricostruzione della geometria della presa, attraverso la conoscenza della modalità d'acquisizione, del tipo di sensore, della posizione e dell'assetto del satellite. La scrittura di tale modello, diverso da sensore a sensore, risulta di non facile realizzazione poiché spesso poche sono le informazioni necessarie a disposizione.

Il modello basato sulle Funzioni Polinomiali Razionali (RPF) con i Coefficienti Polinomiali Razionali (RPC) costituisce un'ottima soluzione al problema essendo un modello generico che non tiene conto del processo fisico-geometrico di generazione dell'immagine ed è valido per qualsiasi piattaforma satellitare. I coefficienti RPC sono forniti dalle stesse società che mettono a disposizione le immagini e generati a partire dal proprio modello rigoroso.

Modello RPC

Il modello RPC descrive la relazione analitica esistente fra lo spazio immagine (I,J) e lo spazio oggetto (latitudine φ, longitudine λ e quota ellissoidica h) attraverso semplici rapporti di polinomi (fino al terzo ordine):

$$I = \frac{P_1(\varphi,\lambda,h)}{P_2(\varphi,\lambda,h)} = \frac{a_0 + a_1\lambda + a_2\varphi + a_3 h + a_4\lambda\varphi + \ldots + a_{17}\lambda^3 + a_{18}\varphi^3 + a_{19}h^3}{1 + b_1\lambda + b_2\varphi + b_3 h + b_4\lambda\varphi + \ldots + b_{17}\lambda^3 + b_{18}\varphi^3 + b_{19}h^3} \quad [1]$$

$$J = \frac{P_3(\varphi,\lambda,h)}{P_4(\varphi,\lambda,h)} = \frac{c_0 + c_1\lambda + c_2\varphi + c_3 h + c_4\lambda\varphi + \ldots + c_{17}\lambda^3 + c_{18}\varphi^3 + c_{19}h^3}{1 + d_1\lambda + d_2\varphi + d_3 h + d_4\lambda\varphi + \ldots + d_{17}\lambda^3 + d_{18}\varphi^3 + d_{19}h^3} \quad [2]$$

dove a_j, b_j, c_j, d_j sono gli RPC.

Sia le coordinate a terra (φ, λ, h) che le coordinate immagine (I,J) sono normalizzate utilizzando parametri della normalizzazione inseriti nel file degli RPC.

La generica formula utilizzata per la normalizzazione è:

$$T_n = \frac{T - T_{offset}}{T_{scale}} \quad [3]$$

dove T_n è la coordinata normalizzata, T_{offset} e T_{scale} sono i parametri di normalizzazione (forniti dal metadata file) e T rappresenta la coordinata a terra o la coordinata immagine (T= I, J, φ, λ, h).

L'accuratezza ottenibile dall'applicazione del modello è dell'ordine delle decine di metri raffinabile con l'introduzione nelle equazioni [1] e [2] di un polinomio del primo ordine che descrive una trasformazione affine:

$$I = A_0 + A_1 I + A_2 J + \frac{a_0 + a_1\lambda + a_2\varphi + a_3 h + a_4\lambda\varphi + \ldots + a_{17}\lambda^3 + a_{18}\varphi^3 + a_{19}h^3}{1 + b_1\lambda + b_2\varphi + b_3 h + b_4\lambda\varphi + \ldots + b_{17}\lambda^3 + b_{18}\varphi^3 + b_{19}h^3} \quad [4]$$

$$J = B_0 + B_1 I + B_2 J + \frac{c_0 + c_1\lambda + c_2\varphi + c_3 h + c_4\lambda\varphi + \ldots + c_{17}\lambda^3 + c_{18}\varphi^3 + c_{19}h^3}{1 + d_1\lambda + d_2\varphi + d_3 h + d_4\lambda\varphi + \ldots + d_{17}\lambda^3 + d_{18}\varphi^3 + d_{19}h^3} \quad [5]$$

A_i, e B_i rappresentano i coefficienti della trasformazione affine determinabili sulla base di alcuni Ground Control Point (GCP) (Bianconi et al., 2007, Fraser et al. , 2003).

Nel caso di stereocoppie satellitari il valore di quota, essenziale per la generazione di modelli digitali del terreno, è determinabile come intersezione di raggi omologhi. Esso è calcolato, insieme alle coordinate planimetriche, con un processo di stima a minimi quadrati una volta che sono stati determinati i 12 parametri dell'affine (6 per ogni immagine). I due modelli utilizzati, rispettivamente per il calcolo dei coefficienti dell'affine [6] e delle coordinate a terra dei CP [7] sono:

$$\begin{vmatrix} R_1 \\ \vdots \\ R_j \\ \vdots \\ R_n \end{vmatrix} \begin{vmatrix} A_0^1 \\ A_1^1 \\ A_2^1 \\ B_0^1 \\ B_1^1 \\ B_2^1 \\ A_0^2 \\ A_1^2 \\ A_2^2 \\ B_0^2 \\ B_1^2 \\ B_2^2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} P_1 \\ \vdots \\ P_j \\ \vdots \\ P_n \end{vmatrix} = 0 \qquad R_j = \begin{vmatrix} 1 & I_j^1 & J_j^1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & I_j^1 & J_j^1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & I_j^2 & J_j^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & I_j^2 & J_j^2 \end{vmatrix} \quad P_j = \begin{vmatrix} P_1^1(\varphi,\lambda,h)/P_2^1(\varphi,\lambda,h) \\ P_3^1(\varphi,\lambda,h)/P_4^1(\varphi,\lambda,h) \\ P_1^2(\varphi,\lambda,h)/P_2^2(\varphi,\lambda,h) \\ P_3^2(\varphi,\lambda,h)/P_4^2(\varphi,\lambda,h) \end{vmatrix} \qquad [6]$$

dove l'apice 1 o 2 indica la prima o la seconda immagine, mentre il pedice indica il j-esimo GCP. Gli A_i^j , B_i^j sono i coefficienti dell'affine relativi alla prima e alla seconda immagine, I_i^j, J_i^j sono le coordinate immagine del medesimo punto individuabile su tutte e due le immagini, gli P_j rappresentano i rapporti di polinomi espressi nelle equazioni [1] e [2]. Il numero minimo di GCP necessari per risolvere il sistema è di 3.

Il calcolo delle coordinate a terra è eseguito un numero di volte pari al numero di punti da calcolare, il sistema è costituito sempre da 3 incognite e 4 osservazioni.

$$\begin{vmatrix} I^1 \\ J^1 \\ I^2 \\ J^2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \partial[4]/\partial\lambda & \partial[4]/\partial\varphi & \partial[4]/\partial h \\ \partial[4]/\partial\lambda & \partial[4]/\partial\varphi & \partial[4]/\partial h \\ \partial[5]/\partial\lambda & \partial[5]/\partial\varphi & \partial[5]/\partial h \\ \partial[5]/\partial\lambda & \partial[5]/\partial\varphi & \partial[5]/\partial h \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \lambda \\ \varphi \\ h \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} P_1^1(\varphi,\lambda,h)/P_2^1(\varphi,\lambda,h) \\ P_3(\varphi,\lambda,h)/P_4^1(\varphi,\lambda,h) \\ P_1^2(\varphi,\lambda,h)/P_2^2(\varphi,\lambda,h) \\ P_3^2(\varphi,\lambda,h)/P_4^2(\varphi,\lambda,h) \end{vmatrix} \qquad [7]$$

gli apici 1 o 2 indicano la prima o la seconda immagine (Fraser et al., 2005, Croitoru et al., 2004, Tao et al., 2002, Grodecki et al., 2003).

I valori approssimati delle coordinate a terra, utilizzati nell'equazione [7], sono calcolati attraverso una DLT (Direct Linear Transformation) utilizzando un set di Ground Control Point (GCP).

Direct Linear Transformation

La DLT descrive la relazione esistente tra il piano immagine e lo spazio oggetto. Tale trasformazione non richiede informazioni sull'orientamento dell'immagine e la formula che la rappresenta è la seguente:

$$I = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1}$$
$$J = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \qquad [8]$$

dove L_i sono i coefficienti della DLT e X,Y,Z sono le coordinate a terra dei GCP nel sistema locale con origine nel centro dell'immagine.

Dai coefficienti della DLT (11 per ogni immagine), calcolati usando un numero minimo di GCP pari a 6, si ricavano le coordinate approssimate di tutti i CP, in seguito inserite nell'equazione [7].

Risultati

Il modello è stato testato su 13 stereocoppie acquisite da diverse piattaforme satellitari utilizzando 3 software diversi: il software commerciale Erdas v.9.1, e i due software scientifici SISAR (sviluppato dal gruppo di ricerca dell'Università di Roma) e RPCDEM (sviluppato dal Prof.

Jacobsen dell'Università di Hannover). Per le immagini EROS-A i risultati ottenuti con il software SISAR usando il modello RPC sono confrontati con quelli ottenuti con il modello rigoroso di OrthoEngine.
Nel presente articolo sono riportati solo alcuni dei risultati ottenuti. Le caratteristiche delle immagini presentate nell'articolo sono riportate nella tabella seguente (Tabella 1):

Sensore	Area	GSD[m]	Angolo di off-nadir medio[°]	n° GCP
QuickBird	Augusta (*P001)	0.77	29.2	39
	Augusta (*P002)	0.75	28.2	
Ikonos	Bagnoli1	1.00	25.6	25
	Bagnoli2	1.00	27.1	
Cartosat-1	Mausanne (BandA)	2.50	26.0	32
	Mausanne (BandF)	2.50	26.0	
Cartosat-1	CastelGandolfo (BandA)	2.50	26.0	25
	CastelGandolfo (BandF)	2.50	26.0	
EROS-A	Roma (ITA-e1038452)	1.80	9.2	49
	Roma (ITA-e1090724)	2.60	35.0	

Tabella 1-Data set

I punti a terra, uniformemente distribuiti sulle diverse immagini, sono stati acquisiti con rilievi GPS con le seguenti precisioni: 0.1 m in planimetria e 0.2 m in quota.
Per le piattaforme satellitari di QuickBird, Ikonos e Cartosat-1 sono disponibili le stereocoppie acquisite in modalità along-track con intervallo di tempo di qualche minuto e i rispettivi RPC. Nel caso del satellite EROS-A le due immagini utilizzate non sono una stereocoppia reale ma due immagini di diversa dimensione e risoluzione spaziale, acquisite con circa un anno di differenza e completamente sovrapposte; inoltre la società che le rilascia non fornisce gli RPC. Gli RPC usati per le immagini EROS sono stati generati autonomamente dal software SISAR e di conseguenza confrontati con i risultati ottenuti con il modello rigoroso di OrthoEngine, non avendo ne Erdas, ne RPCDEM il modulo per il loro utilizzo.
Nei grafici di sinistra sono riportati i residui sui CP in planimetria (Nord N, Est E), in quelli di destra i rispettivi residui in quota Z.
Per le stereocoppie di Augusta e di Cartosat-1 (Figura 2, 4, 5) il software SISAR restituisce in planimetria accuratezze confrontabili con il GSD con un lieve peggioramento nel caso della stereocoppia di Bagnoli (Figura 3). I medesimi risultati sono ottenuti con il software commerciale Erdas, alte accuratezze mostra invece il software RPCDEM nel caso delle immagini QuickBird e accuratezze non rilevabili nel caso delle immagini Ikonos dovute probabilmente a errori informatici nel software che è ancora in fase di test.
In altimetria, le accuratezze ottenute con il software SISAR sono confrontabili con quelle ottenute con il software Erdas e dell'ordine di 1 m per l'immagine di Augusta, di circa 2 m per le immagini di Ikonos e di CastelGandolfo e di circa 4 m per l'immagine di Mausanne.
Per la coppia di immagini acquisite da EROS-A, gli RPC generati dal software SISAR a partire dal modello rigoroso in esso implementato, utilizzati per l'orientamento stereo restituiscono risultati confrontabili con quelli ottenuti con il modello rigoroso di OrthoEngine in planimetria, con accuratezze più elevate in quota (Figura 6).

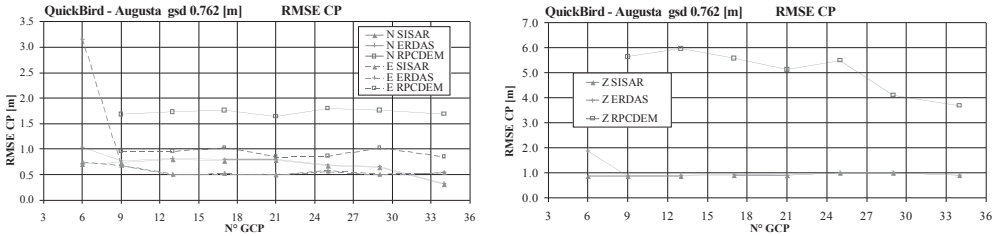


Figura 2 – Stereocoppia QuickBird-Augusta. Confronto delle accuratezze ottenute nei software Erdas, SISAR e RPCDEM con gli RPC forniti dal metadata, in planimetria (a sinistra) e in quota (a destra)

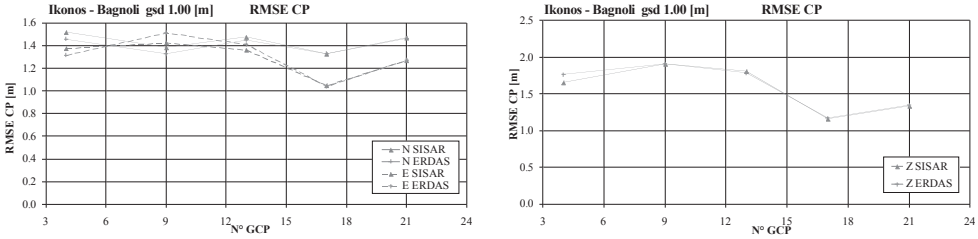


Figura 3 – Stereocoppia Ikonos-Bagnoli. Confronto delle accuratezze ottenute nei software Erdas, SISAR con gli RPC forniti dal metadata, in planimetria (a sinistra) e in quota (a destra)

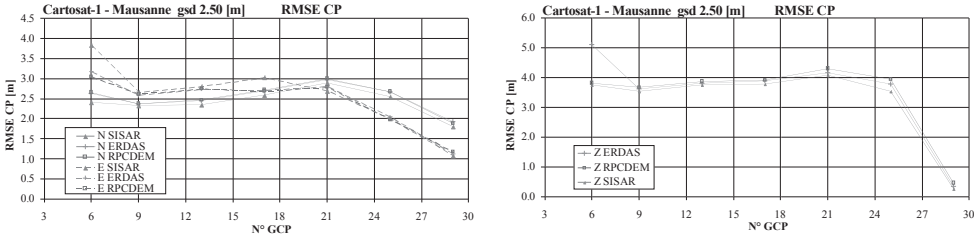


Figura 4 – Stereocoppia Cartosat-1-Mausanne. Confronto delle accuratezze ottenute nei software Erdas, SISAR e RPCDEM con gli RPC forniti dal metadata, in planimetria (a sinistra) e in quota (a destra)

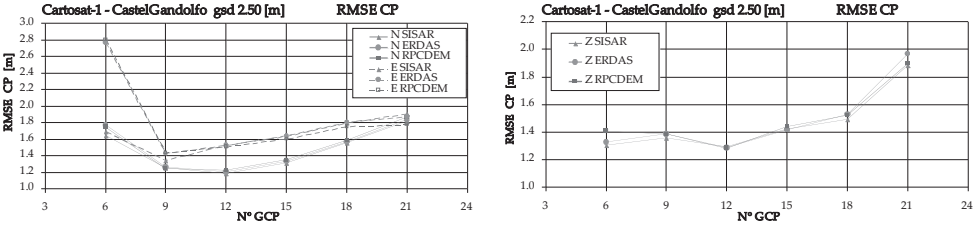


Figura 5 – Stereocoppia Cartosat-1-CastelGandolfo. Confronto delle accuratezze ottenute nei software Erdas, SISAR e RPCDEM con gli RPC forniti dal metadata, in planimetria (a sinistra) e in quota (a destra)

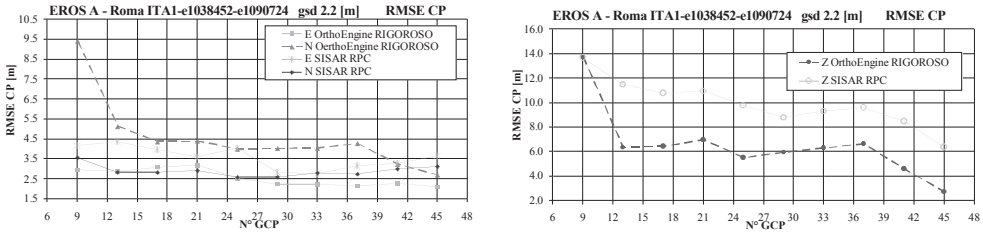


Figura 6 - Coppia di immagini EROS-A-Roma. Confronto delle accuratezze ottenute nel software SISAR con gli RPC generati da SISAR e con il modello rigoroso di OrthoEngine, in planimetria (a sinistra) e in quota (a destra)

Conclusioni

I satelliti ad alta risoluzione oggi in orbita oltre ad offrire alte risoluzioni geometriche consentono una modalità di acquisizione stereo necessaria per la generazione di modelli digitali del terreno e della superficie (DTM e DSM) e per estrazioni di caratteristiche 3D (city modeling).

Il modello di orientamento delle stereocoppie, basato sulle Funzioni Polinomiali Razionali (RPF) con i Coefficienti Polinomiali Razionali (RPC), costituisce un'ottima alternativa al modello del sensore poiché generico e di facile utilizzo.

Tale modello, implementato all'interno del software scientifico SISAR, restituisce risultati, per tutte le stereocoppie testate, con esiti uguali o leggermente migliori a quelli forniti dai software analizzati, ottenendo in planimetria accuratezze dell'ordine del GSD e buone accuratezze in quota (tra 1-4 m).

Per la coppia di immagini acquisite da EROS-A, gli RPC generati dal software SISAR a partire dal modello rigoroso in esso implementato, utilizzati per l'orientamento stereo restituiscono risultati confrontabili con quelli ottenuti con il modello rigoroso di OrthoEngine in planimetria, con accuratezze più elevate in quota.

Bibliografia

Bianconi, M.,Crespi, M., Fratarcangeli, F., Giannone, F., Pieralice, F. (2007) Generazione ed utilizzo di RPC per l'orientamento di immagini satellitari ad alta risoluzione. Atti XI Conferenza Asita, Centro Congressi Lingotto, Torino 6-9 novembre 2007.

Croitoru, A., Tao, V., Hu, Y., Xu, J., 2004. The rational function model: a unified 2d and 3d spatial data generation scheme, ASPRS Annual Conference Proceedings May 2004 * Denver, Colorado.

Fraser, C. S., H. B. Hanley (2003). Bias compensation in rational functions for Ikonos satellite imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 69(1): 53-57.

Fraser, C.S., Dial, G., Grodecki, J., 2005. Sensor orientation via RPCs. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 60 (2006): 182–194.

Grodecki, J. and Dial, G., 2003. Block adjustment of high-resolution satellite images described by rational polynomials. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 69(1): 59–68.

Tao, V., Hu, Y., 2002. 3-D reconstruction algorithms with the rational function model, PE&RS, 68(7), pp. 705-714.

INTEGRAZIONE DI DATI CARTOGRAFICI E DA REMOTO A SUPPORTO DI STUDI AMBIENTALI DELLA CITTÀ DI NAPOLI

T. CRETA, G. FONTINOVO, D. GUGLIETTA, E. MERCURI,
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: creta@iia.cnr.it; fontinovo@iia.cnr.it, guglietta@iia.cnr.it; mercuri@iia.cnr.it; merola@iia.cnr.it
e alessia.allegrini@iia.cnr.it.

ABSTRACT
La città di Napoli, situata lungo la linea di costa a circa 200 km a sud di Roma, rientra tra i principali agglomerati urbani dell'Italia Meridionale. Il processo di urbanizzazione, talvolta incontrollato, ha determinato in alcuni casi cambiamenti nell'uso del territorio discostandosi totalmente dall'originale impianto urbanistico.
Individuare, mappare e monitorare i cambiamenti nelle aree urbane sono strumenti importanti per comprendere le interazioni tra la copertura del suolo e gli agenti di disturbo.
La città vanta una storia millenaria, "raccontata" dai tanti e diversi monumenti ed edifici presenti. Sviluppatasi attorno ad un centro storico protetto da una cinta muraria, Napoli è tra le più importanti aree portuali del Mezzogiorno ed oggi costretta ad affrontare problemi di pianificazione urbana dovuti ad una crescita incontrollata e disordinata.
Il lavoro in questione consiste nella costruzione di un GIS per l'archiviazione, la gestione ed elaborazione di dati ambientali concernenti la città di Napoli.
L'analisi dei processi di urbanizzazione e di cambiamento nella copertura del suolo è stata effettuata su immagini iperspettrali del sensore MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectometer), uno scanner elettro-ottico modulare aviotrasportato costituito da 4 spettrometri che riprendono contemporaneamente, con un angolo istantaneo di vista 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.
I risultati ottenuti sono stati riportati in un GIS finalizzato a fornire un supporto nei processi di pianificazione urbana relativi all'area oggetto di analisi. In particolare si è proceduto alla costruzione del database cartografico, alla modellazione 3d, alla geocodifica di banche dati, e all'elaborazione di carte tematiche concernenti aspetti ambientali.

ABSTRACT
The city of Naples, located along the coastline at about 200 km south of Rome, is one of the main urban areas of Southern Italy. The process of urbanization, sometimes uncontrolled, has led in some cases to changes in the use of the land, totally departing from the original urban plan.
Identifying, mapping and monitoring these changes in urban areas are important tools for understanding the interactions between land cover and agents of disorder. The city boasts a thousand-year history, "told" by many different monuments and buildings. Evolved around a historic centre protected by walls, Naples is among the most important port areas of the South and is now forced to deal with problems of urban planning due to uncontrolled growth and disorder. The

work in question consists in building a GIS for archiving, processing and managing the environmental data concerning the city of Naples.
The analysis of the processes of urbanization and change in the cover of the ground has been carried out on iperspettrali images MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectometer), airborne hyperspectral sensors is a modular instrument composed of 4 spectrometers which simultaneously collect radiation coming from the Earth's surface, with an instantaneous angle of sight 2 mrad, in the wavelengths of visible (the 20 bands between 0,43-0,83 μm), near infrared, NIR, (8 bands between 1,15-1,55 μm), of the medium infrared, MIR, (64 bands between 2,0-2,5 μm) and of the thermal infrared, TIR, (10 bands between 8,2-12,7 μm) for a total of 102 bands.
The results were reported in the GIS, aiming to provide support in urban planning processes related to the subject of analysis. In particular, we have worked on the construction of a cartographic database, of 3d modeling, to geocoding databases, and to the development of thematic maps on environmental aspects.

INTRODUZIONE

La città di Napoli, posta al centro del Mediterraneo, è uno dei maggiori centri urbani dell'Italia meridionale, ricopre una superficie di circa 120 Km^2 e conta circa 1.000.000 di abitanti.
La costante espansione urbana non permette di distinguerne con precisione i contorni urbani. Tale fenomeno, in parte incontrollato, è la principale causa del cambiamento dell'uso del suolo e della relativa progettazione territoriale. La disomogeneità del territorio partenopeo è essenzialmente dovuta alle caratteristiche morfologiche dell'area, alla particolarità dell'ambiente fisico e alla pianificazione storico-urbanistica del territorio susseguitasi nel corso degli anni. Lo studio in questione è incentrato sull'analisi del rapporto tra la crescente e rapida urbanizzazione e la variazione dell'uso del suolo nell'area urbana, dal quale si evince che, nella maggior parte dei casi, la copertura vegetativa diminuisce con l'aumentare della densità abitativa.
In questo lavoro sono stati utilizzati i dati telerilevati relativi agli anni 1995 e 2004 e le ortofoto, confrontati con la cartografia storica della città di Napoli per definire e quantificare le modificazioni che hanno interessato il territorio in suddetto intervallo di tempo.

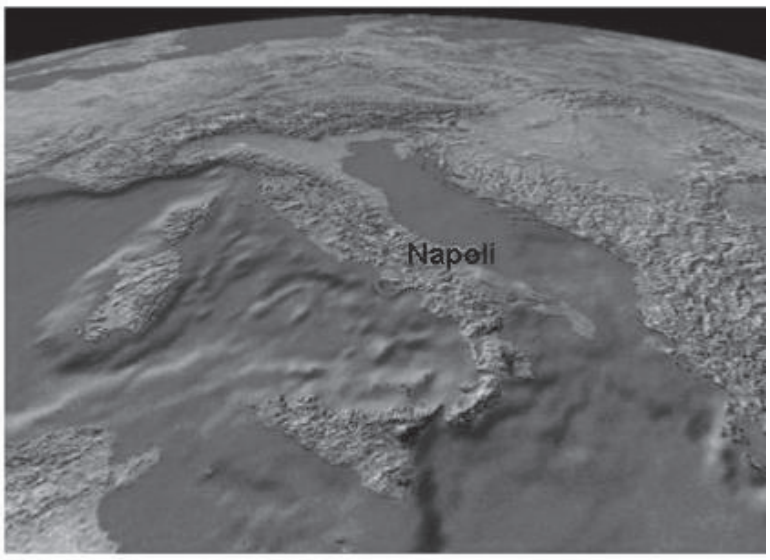


Figura 1 – Inquadramento geografico della città di Napoli

CARTOGRAFIA STORICA E DATI DA REMOTO

La cartografia storica risulta essere di notevole utilità per la conoscenza del territorio e, in particolare, per l'analisi temporale delle modificazioni antropiche e naturali. Nel caso in questione la comparazione di tale cartografia con le moderne carte topografiche, le immagini satellitari e le immagini iperspettrali MIVIS permette un'analisi delle trasformazioni che hanno interessato la città di Napoli.

Il lavoro è basato sulla ricerca della cartografia storica, sull'organizzazione di tale cartografia su supporto informatico e sulla georeferenziazione delle mappe storiche attraverso ortofoto digitali. La georeferenziazione consiste nell'identificazione di punti noti sulla cartografia attuale o su dati telerilevati (foto aeree ed immagini satellitari) o sul terreno, che vengono utilizzati per l'assegnazione delle coordinate geografiche.

Lo studio è proceduto attraverso l'interpretazione delle foto aeree e della cartografia storica e l'elaborazione di dati iperspettrali differenti.

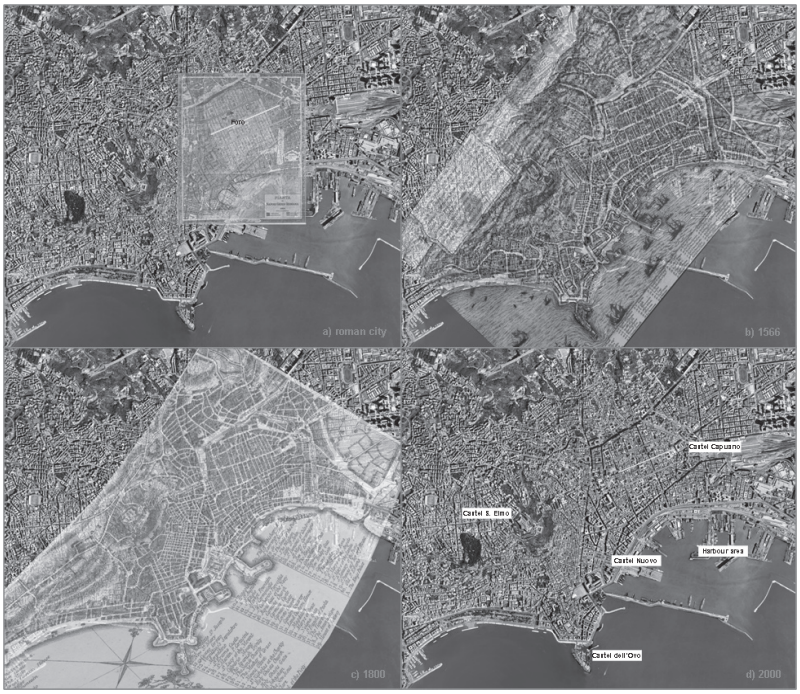


Figura 2 – Cartografia storica e foto aeree di Napoli

Le elaborazione dei dati iperspettrali effettuate sulle immagini MIVIS sono state le seguenti:

1. Analisi Termica usando il canale #93 (8,385 μm) del sensore MIVIS;
2. Calcolo dell'Indice di Vegetazione (NDVI) nelle bande #19 (0,80 μm) e #13 (0,68 μm).

IL GIS COME STRUMENTO DI SUPPORTO PER LA GESTIONE DEL TERRITORIO

Un GIS risulta essere un efficace strumento di supporto per la gestione del territorio in quanto è in grado di fornire una banca dati georiferita, facilmente accessibile e modificabile. È, inoltre, fornito di vari strumenti per eseguire in maniera informatizzata analisi ed elaborazioni di diversa natura (ambientale, storica, statistica, ecologica, socioeconomica, ecc.).

La caratteristica fondamentale di un GIS è la sua capacità di georeferenziare i dati: stabiliti i sistemi di riferimento, ad ogni elemento vengono attribuite le proprie coordinate spaziali reali.
Le informazioni vengono archiviate utilizzando modelli della realtà, che si fondano su rappresentazioni spaziali (2d e/o 3d) alle quali sono associati dati descrittivi.
I GIS trovano applicazione in attività di progettazione, acquisizione e trattamento di dati satellitari, in cui si ha a disposizione una ingente quantità di dati da gestire in tempo reale in modo da agevolare i processi decisionali per un miglioramento della pianificazione degli interventi.

DATABASE CARTOGRAFICO

Il GIS per la città di Napoli è stato costruito utilizzando il programma ArcGis 9.2 (ESRI). I dati telerilevati essendo in un formato (.bsq) non supportato da ArcMap (ArcGis) sono stati convertiti in file .tif e .shp ed estratti utilizzando il programma ENVI 4.3 (RSI). Tutti i dati sono stati inquadrati nel sistema UTM-WGS84 Fuso 33N, in modo da ottenere la corretta sovrapposizione con l'immagini IKONOS.
Il database cartografico è stato costruito utilizzando:

1. Immagini iperspettrali MIVIS (1995 e 2004);
2. Immagine IKONOS (2005);
3. Ortofoto IT2000.

DISCUSSIONI E RISULTATI

La città di Napoli presenta una ben definita separazione tra aree vegetate e aree urbane sia nel 1995 che nel 2004. Le temperature rilevate rispecchiano tale divisione geo-morfologica: le aree ricadenti nella parte antica della città e la zona portuale presentano valori di DN elevati, dovuti all'assenza di vegetazione e all'elevata concentrazione edilizia.

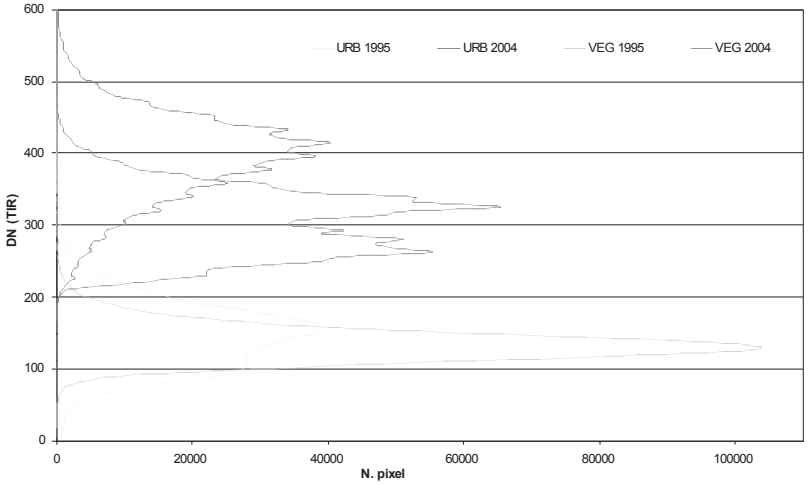


Figura 4 - Andamento del DN (TIR), in funzione del numero di pixel.

La zona industriale, sita a Bagnoli, e i quartieri circostanti mostrano temperature elevate, che descrivono prevalentemente il rapporto tra cemento e vegetazione. Quest'ultima, infatti, presenta in questo caso una distribuzione maggiore rispetto alla zona portuale. Ciò risulta anche dal calcolo

dell'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Nelle analisi effettuate si è tenuto conto delle diverse stagioni in cui sono stati effettuati i voli per l'acquisizione dei dati.

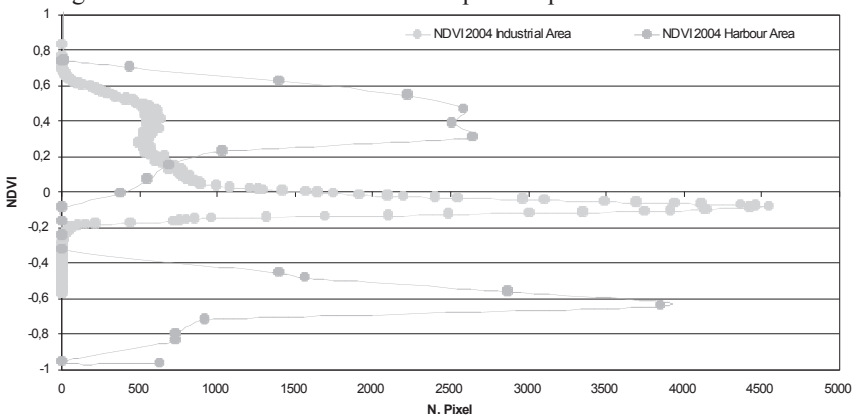


Figura 4 - Andamento dell' NDVI in funzione del numero di pixel

CONCLUSIONI

Napoli è stata caratterizzata negli ultimi decenni da una incontrollata espansione edilizia che ha modificato le caratteristiche urbane e quelle della campagna circostante. Nonostante tali cambiamenti, nella città predominano la bellezza naturale e la ricchezza architettonica che spiccano anche se immerse nel caotico processo espansivo in continua evoluzione. La conduzione di studi ambientali trova un valido e potente strumento operativo nella correlazione tra Telerilevamento e GIS.

Il GIS realizzato può essere definito di tipo "aperto", è possibile, infatti, inserire dati aggiornati e di maggior dettaglio o inerenti ad altre caratteristiche territoriali e ambientali. Ciò è molto importante in quanto permette di disporre di informazioni continuamente aggiornate, considerata la velocità di variazione e alterazione dei territori sia da un punto di vista antropico che da un punto di vista di fenomeni naturali.

BIBLIOGRAFIA

Baiocchi V., Lelo K., *Georeferenziazione di cartografie storiche in ambiente GIS e loro verifica mediante rilievi GPS,* Atti della V Conferenza Nazionale Asita 2001.

Bannari A., Morin D. and Bonn F. (1995), *A review of Vegetation Indices*, Remote Sensing, Vol. 13, pp.95-120.

Bassani C., Cavalli R.M., Palombo A. and Pignatti S. (2002), *La calibrazione dello scanner MIVIS (Multispectral Imaging Visibile and Infrared Spectrometer) nelle campagne di misura realizzate dal CNR nel 2001-2002*, Atti VI Conferenza Nazionale ASITA "Geomatica per l'ambiente, il territorio e il patrimonio culturale", vol. I, p. 337.

Bianchi R., Cavalli R.M., Fiumi L., Marino C.M. and Pignatti S., (1996) *Airborne imaging spectrometry: a new approach to environmental problems*, Proceeding of the XVIII ISPRS Congress, Vienna 9-19 July 1996, vol. I, pp. 128-132.

Bianchi R., Marino C.M. and Pignatti S. (1994), *Airborne Hyperspectral remote sensing in Italy,* Europto, Rome, SPIE V 2318, pp. 29-37.

Bigazzi A., Radicchi L., Tenti P., *La Cartografia storica: Strumento di conoscenza per la pianificazione del territorio aretino,* Atti della V Conferenza Nazionale Asita 2001.

Goward S.N., Markham B., Dye D.G., Dulaney W. and Yang J., (1991) *Normalized Difference Vegetation Index Measurement from Advanced Very High Resolution Radiometer,* Remote Sensing of Environment, 35, pp. 257-277.
Liu R., Zhang Z. (2005), *Land use classification model for urban remote sensing image based on knowledge*, MIPPR: Geospatial Information, Data Mining, and Applications, Proc. of SPIE Vol. 6045, 604513.
Rizzi Zannoni G.A. (1994)., *Atlante Geografico del Regno di Napoli*, Rubbettino.
Sobrino J.A., Jimènez-Munoz J.C., Zarxo-Tejada P.J., Sepulcre-Cantò G. and De Miguel E. (2006), *Land surface temperature derived from airborne hyperspectral scanner thermal infrared data,* Remote Sensing.
Surace, L. (1998), *La georeferenziazione delle informazioni territoriali*, Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, 182-234, Istituto Geografico Militare, Firenze.
Weng Q. (2003), *Fractal Analysis of Satellite-Detected Urban Heat Island Effect*, Photogrammetric Engineering&Remote Sensing. Vol. 69, No. 5, May, pp.555 – 566. of Environment, Vol. 102, Issue 1-2, pp. 99-115.
Zoran L.F.V., Golovanov C., Zoran M.A. (2005), *Environmental Impact Classification Of Urban Land Cover From Satellite Remote Sensing*, Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology V, Proc. of SPIE Vol. 5983,59831G-1

IL CATALOGO DELLE FOTO AEREE DELLA REGIONE ABRUZZO

Lucia D'ALESSANDRO, Antonella DI EMIDIO, Paolo GENOVELLI

Regione Abruzzo – Struttura Speciale di Supporto Sistema Informativo Regionale, Via L. da Vinci, 6 - 67100 (AQ)
E-mail: lucia.dalessandro, antonella.diemidio, paolo.genovelli@regione.abruzzo.it

RIASSUNTO

La Regione Abruzzo ha avviato la creazione del repertorio di tutte le informazioni cartografiche, raster e vettoriali, per lo sviluppo di servizi di consultazione on-line dei dati cartografici. In particolare, per realizzare l'archivio delle foto aeree su base geografica, in maniera tale da consentire la localizzazione immediata della copertura territoriale del fotogramma ricercato su base cartografica, si sono eseguite una serie di fasi di lavoro che hanno permesso il passaggio dal repertorio cartaceo, ad un archivio di fotogrammi digitale, consultabile on-line. La metodologia utilizzata ha previsto l'acquisizione dei fotogrammi tramite scansione, il salvataggio in formato TIFF 600dpi a 8 bit per le foto in bianco/nero, a 24 bit per le foto a colori, la trasformazione in formato ECW, il riordino e la digitalizzazione dei quadri d'unione dei fotogrammi. Le riprese aeree sono state commissionate dalla Regione Abruzzo che risulta proprietaria di alcuni voli, altri sono stati eseguiti da enti pubblici e privati, come l'Istituto Geografico Militare, la Cassa del Mezzogiorno, l'Enel, il Parco Scientifico e Tecnologico d'Abruzzo e riguardano anche zone parziali del territorio regionale. Il lavoro eseguito ha portato al riordino di tutto il patrimonio aerofotogrammetrico della Regione Abruzzo che attualmente comprende complessivamente oltre 45.000 fotogrammi suddivisi in 17 riprese aeree che coprono un arco temporale dal 1954 al 2007. Le scale dei fotogrammi variano da 1:75.000 fino a 1:2.000 per i capoluoghi di provincia e alcuni centri urbani minori. Tutte le foto aeree sono consultabili presso gli uffici della Regione Abruzzo e si possono visualizzare sul sito della cartografia della Regione Abruzzo nella sezione dedicata all'Archivio Foto Aeree.

ABSTRACT

The Regione Abruzzo has started the realization of files of all the cartographic, raster and vectorial information for the development of on-line service of cartographic data.

Especially the aerial photos catalogue provides for a succession of steps that includes the acquisition of the frames through scanning (saved in TIFF, transformation in ECW to allow their visualization on the web) the reorganization and, in some cases, new digitization of the flight plans. The photos files is about geographic theme, allowing the immediate location of the territorial covering by the frame chosen.

The aerial shots have been commissioned by Regione Abruzzo as owner of some flights, others have been executed by public and private institutions like: I.G.M., Cassa del Mezzogiorno, Enel, Parco Scientifico e Tecnologico d'Abruzzo and these concerning also partial areas of the regional territory.

The Abruzzo Region property includes altogether over 45.000 frames divided into 17 aerial shots that regard the years between 1954 and 2008 whit different rangers which go from 1:75.000 up to 1:2.000 for some urban centers.

Introduzione

La Regione Abruzzo ha avviato la realizzazione dell'archivio di tutte le informazioni cartografiche, raster e vettoriali in possesso della Struttura Speciale di Supporto - Sistema Informativo Geografico, al fine di ottenere una migliore gestione del patrimonio regionale e consentire una distribuzione delle informazioni territoriali anche attraverso il web.

All'interno dei servizi on-line si è sviluppato il progetto relativo all'archivio digitale e alla pubblicazione del repertorio aerofotogrammetrico della Regione Abruzzo.

L'organizzazione dell'archivio prevede una serie di fasi che vanno dall'acquisizione dei voli a partire dal 1954 ad oggi, alla trasformazione in formato ecw, fino al riordino dei quadri d'unione dei fotogrammi per la pubblicazione sul web.

Oltre alle riprese aeree commissionate direttamente dalla Regione Abruzzo, il repertorio comprende altri voli eseguiti da enti pubblici e privati, come ad esempio l'Istituto Geografico Militare, la Cassa del Mezzogiorno, l'Enel, il Parco Scientifico e Tecnologico d'Abruzzo, acquisiti con diritto d'uso a scopo di studio e riguardano anche zone parziali del territorio regionale, in diverse epoche a diverse scale che variano da 1:75.000 fino a 1:2.000 per i capoluoghi di provincia e per alcuni centri urbani minori.

Acquisizione delle foto aeree

I fotogrammi cartacei posseduti dalla Regione Abruzzo vengono acquisiti tramite scanner piano con una risoluzione di acquisizione ottica di 600dpi a 8bit per le foto in bianco/nero, a 24 bit per le foto a colori. Ogni fotogramma viene salvato in formato TIFF non compresso sia nel caso di immagini in bianco/nero (dimensioni medie 33 MB), sia nel caso di immagini a colori (dimensioni medie 98 MB). Altra metodologia di acquisizione consiste nella scansione delle diapositive mediante scanner fotogrammetrico Z/I Imaging che consente la scansione a rullo con risoluzione molto alta di 14µm pari a 1800 dpi (dimensioni medie 110 MB). Il fotogramma viene salvato con il nome relativo al numero di fotogramma in cartelle nominate con numero della strisciata.

Nell'acquisizione è posta particolare cura nel rispetto dell'orientamento indicato nei quadri d'unione dei fotogrammi, e nella lettura del "data-strip" cioè della striscia al bordo dell'immagine in cui compaiono l'altimetro che riporta la quota di volo, l'ora e la data della ripresa, la distanza focale, il numero d'ordine del fotogramma.

Trasformazione in formato ECW

Ogni file in formato TIFF viene salvato in formato compresso ECW per permettere una agevole visualizzazione in rete delle immagini.

L'algoritmo ECW (Enhanced Compression Wavelet) è uno standard per la gestione e la pubblicazione on-line di immagini satellitari e foto aeree. La compressione ECW oltre a comprimere al massimo le immagini senza deteriorarne l'aspetto offre il vantaggio di un accesso immediato all'immagine, indipendentemente dalla dimensione del file. La creazione dei file ECW avviene con l'utilizzo del compressore ER Mapper che consente la scelta del fattore di compressione a seconda del tipo di immagine sia essa a singola banda in scala di grigi, immagine a colori o multibanda.

Le dimensioni del formato TIFF originale da 33 MB vengono ridotte a 3-4 MB nel formato ECW utilizzando un rapporto di compressione di 10:1 per immagini in scala di grigi, mentre le dimensioni del formato TIFF originale da 110 MB vengono ridotte a 13-14 MB nel formato ECW utilizzando un rapporto di compressione di 50:1 per immagini a colori, che pur se con perdita di dati riesce comunque a mantenere una qualità apprezzabile.

Creazione del quadro d'unione dei fotogrammi

Un lavoro indispensabile per la fruizione dell'immagine del fotogramma è quello di delimitare la porzione di territorio rappresentata sulla cartografia di riferimento.

La realizzazione dei quadri d'unione è generalmente a carico della ditta esecutrice della ripresa aerea. La Regione Abruzzo è in possesso dei quadri d'unione dei fotogrammi in formato cartaceo, non georiferito, fatta esclusione per le riprese aeree più recenti (Volo R.A. 2001-2002, Volo R.A. 2004-2004, Volo 2006, Volo 2007) che sono state restituite con piani di volo in formato DWG o DXF. Il quadro d'unione dei fotogrammi si ottiene riportando l'effettivo contorno della foto aerea sulla cartografia, evidenziandone la copertura territoriale.
Per la pubblicazione dei fotogrammi on-line sono, in ogni caso, indispensabili file in formato shape quindi si è reso necessario un generale riordino dei dati alfanumerici dei quadri d'unione.
I quadri d'unione in formato digitalizzato riferiti a Volo Cassa del Mezzogiorno, Volo Italia 1994, Volo Regione Abruzzo 82-86, Volo Enel 1974, sono stati realizzati attraverso l'utilizzo dell'applicativo Archi 2.0 di Sister, che prevede la scansione dei piani di volo, la georeferenziazione e la digitazione degli schemi dei singoli fotogrammi.
I quadri d'unione dei fotogrammi del Volo Base IGM 1954, Volo IGM 1975-76, Volo Metanodotto Chieti – San Salvo 1979, Volo Parco Scientifico e Tecnologico 1996, Volo Cassa del Mezzogiorno a Colori e B/N 1974/75, Volo Comunità Montana P-H-F 1978 sono stati acquisiti con scanner, georiferiti secondo il sistema di riferimento Gauss-Boaga - fuso est e utilizzati come base per la digitalizzazione del contorno dei fotogrammi attraverso l'utilizzo dell'applicativo AUTOCAD Map 3D. Ad ogni poligono, di forma quadrata o rettangolare, viene associata una tabella di dati che indicano il NUMERO FOTOGRAMMA, la STRISCIATA, la DATA_RIPRESA, la SERIE, la QUOTA. Viene così composta la strisciata rappresentata da una serie di poligoni sovrapposti e individuata da un layer.
I file DWG creati sono esportati in formato shape per permetterne l'utilizzo con software Gis, associando ad ogni elemento le informazioni comuni a tutto il volo (la Ditta esecutrice, il Depositario, la lunghezza focale della macchina da ripresa, la Scala dei fotogrammi …), dati che verranno visualizzati al momento dell'interrogazione sul web.
Il passaggio dal quadro d'unione dei fotogrammi cartaceo al formato digitale è stato particolarmente elaborato in alcune riprese aeree, per la presenza di indicazioni approssimative circa l'andamento delle strisciate o nel caso in cui veniva segnalato solo l'asse della strisciata del piano di volo, senza l'indicazione dell'ingombro dei singoli fotogrammi.

Pubblicazione sul web – Consultazione del catalogo delle foto aeree
L'accesso al sistema di consultazione on-line delle foto aeree avviene tramite il sito web della Regione Abruzzo all'indirizzo: www.regione.abruzzo.it/cartografia
Dal servizio Carte on-line si accede alla sezione Archivio foto aeree in cui è possibile localizzare la copertura territoriale del singolo fotogramma su base cartografica.

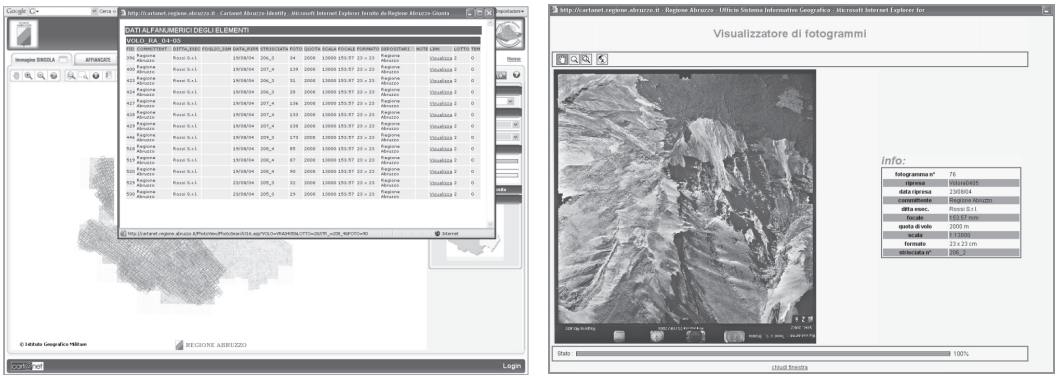


Figura 1: Schermate di tabella interrogazione e visualizzazione fotogrammi

La schermata appare divisa in due aree verticali, a sinistra l'area cartografica dove vengono visualizzati:
- il territorio della Regione Abruzzo rappresentato con il raster scelto;
- il quadro d'unione del volo selezionato;

a destra i menù per:
- la scelta della scala di visualizzazione della mappa;
- la scelta del raster di sfondo;
- la scelta del vettoriale relativo al volo.

La ricerca della zona di interesse può essere effettuata per Comune o per Toponimo. Interrogando il dato vettoriale nella zona di interesse viene visualizzata una nuova finestra con indicazione di tutti i dati relativi al numero strisciata, numero fotogramma, quota di volo, Ditta esecutrice, data della ripresa, e un link ad un nuovo pop-up da cui è possibile visualizzare direttamente il fotogramma in formato ECW.
Per la visualizzazione della cartografia con cartanet e per i fotogrammi è necessario installare un plug-in gratuitamente scaricabile all'indirizzo http://www.ermapper.com.
La possibilità di scaricare i fotogrammi in formato ECW non è per il momento attivata.

Archiviazione
Il materiale aerofotografico acquisito in copia positiva e le coperture aeree fatte eseguire su ordinazione, contribuiscono alla formazione di uno degli archivi più grandi del territorio; all'attività di raccolta si affianca quella di catalogazione che permette il reperimento e la consultazione dei fotogrammi sia presso gli uffici regionali, sia in rete.
Tutte le foto aeree in formato TIFF e ECW sono salvate su DVD e archiviate.
Le foto aeree che compongono il repertorio cartaceo sono complessivamente più di 30.000, tra quelle catalogate l'emulsione è in bianco e nero per 22750 fotogrammi, a colori per 6852.
A queste vanno ad aggiungersi le circa 18.000 immagini digitali dell'ultima ripresa aerea effettuata nel 2007 che coprono l'intero territorio regionale.

Il patrimonio della Regione Abruzzo
Il patrimonio fotografico regionale è costituito da riprese aerofotogrammetriche acquisite come documentazione "storica" eseguite da enti pubblici e privati, come ad esempio l'Istituto Geografico Militare, la Cassa del Mezzogiorno, l'Enel, il Parco Scientifico e Tecnologico d'Abruzzo, che riguardano anche zone parziali del territorio regionale, finalizzate a studi specifici e da una serie di voli commissionati direttamente dalla Regione Abruzzo per la realizzazione di Ortofoto, per aggiornamenti alla Carta Tecnica Regionale, per la delimitazione di aree incendiate e per lo studio delle tipologie forestali.
Tra le riprese aeree acquisite sono da segnalare i fotogrammi eseguiti dall'I.G.M. nel 1954-55, che costituiscono il punto di base per il confronto con qualsiasi altro rilievo eseguito successivamente; il piano di volo copre l'intero territorio regionale a scala 1:33.000, strisciate con orientamento nord-sud. Agli anni dal 1974 al 1979 risalgono una serie di voli effettuati da enti diversi su zone parziali di territorio, ottenute a scopo di studio. Per la realizzazione dei quattro lotti dell'Ortofotocarta regionale a scala 1:10.000 negli anni 1981/84 e 1985/87 è stata eseguita la ripresa aerea a copertura dell'intero territorio regionale a scala 1:33.000, strisciate con orientamento est-ovest. Per la realizzazione del primo e secondo lotto della Carta Tecnica Regionale numerica a scala 1:10.000 è stato utilizzato il Volo I.G.M. 1991, mentre per il terzo lotto è stato utilizzato il Volo Italia 1994 di proprietà del Consorzio Compagnie Aereonautiche di Parma di cui è disponibile in consultazione l'ingrandimento a scala 1:5.000 della quasi totalità del territorio regionale, la ripresa è stata utilizzata anche per la realizzazione sperimentale dell'Ortofotocarta a scala 1:5.000 dell'area del Parco Regionale Velino-Sirente. Nel 1996 il Parco Scientifico e Tecnologico d'Abruzzo ha eseguito un volo sulle zone dei parchi, per studi finalizzati al rilevamento ambientale e al monitoraggio delle caratteristiche naturalistiche, a scala media 1:10.000.

Figura 2:Porto di Pescara - Volo Base IGM 1954

Figura 3: Porto di Pescara - Volo Parco Scientifico e Tecnologico d'Abruzzo 1996

Figura 4: Porto di Pescara - Volo Regione Abruzzo 2006

Le coperture più recenti sono quelle effettuate nel 2001/02 e 2004/05 utilizzate per la realizzazione dell'Ortofoto regionale a scala 1:10.000, con pellicola in bianco e nero, la ripresa del 2006 sui capoluoghi di provincia e centri urbani con pellicola a colori a scala 1:5.000 e l'ultima, realizzata con tecnologia digitale nel 2007, a copertura dell'intero territorio regionale, utilizzata per la realizzazione dell'Ortofoto digitale a colori.
Il catalogo viene continuamente aggiornato, gli oltre 48.000 fotogrammi sono suddivisi in 17 voli, effettuati dal 1954 al 2007.
Di seguito si riporta l'elenco delle riprese aeree che possono essere consultate presso gli uffici del Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica e visualizzate direttamente dal sito web Cartografia on-line.

- VOLO BASE I.G.M. 1954/56
- VOLO I.G.M. 1975/76
- VOLO CASSA DEL MEZZOGIORNO 1974 a colori - Strada Transcollinare Aprutina
- VOLO CASSA DEL MEZZOGIORNO 1974/75 - Strada Transcollinare Aprutina
- VOLO ENEL 1974
- VOLO COMUNITÀ MONTANA 1978 zone P - H - F
- VOLO SNAM PROGETTI 1979 - Metanodotto Chieti - San Salvo
- VOLO REGIONE ABRUZZO 1981-87
- VOLO IGM 1985/86
- VOLO ITALIA ALTA QUOTA 1988/89
- VOLO IGM 1991
- VOLO ITALIA 1994
- VOLO PARCO SCIENTIFICO E TECNOLOGICO D'ABRUZZO 1996
- VOLO REGIONE ABRUZZO 2001/2002
- VOLO REGIONE ABRUZZO 2004 – 2005
- VOLO REGIONE ABRUZZO 2006 a colori
- VOLO REGIONE ABRUZZO 2007 a colori digitale

Conclusioni
La realizzazione del catalogo delle foto aeree fornisce un importante strumento di conoscenza del territorio, che consente la ricostruzione delle trasformazioni storiche di un ampio arco temporale, gli ultimi 50 anni, caratterizzati da grandi variazioni sotto il profilo ambientale e urbanistico.
Il contributo delle immagini che conservano l'aspetto originale dei paesaggi e i diversi interventi umani che vengono a modificare la vegetazione, l'uso del suolo, le città, non può che essere evidente, le foto sono la base della rappresentazione cartografica, dalla cui lettura e interpretazione scaturiscono le carte di base e le carte tematiche. La valorizzazione delle collezioni aerofotografiche è incentivata dal provvedimento di legge D.P.R. 367/2000, n. 289 "*Regolamento recante norme per la semplificazione dei procedimenti relativi a rilevamenti e riprese aeree sul territorio nazionale e sulle acque territoriali*" grazie al quale le foto aeree diventano più accessibili e gestibili.
Il lavoro di catalogazione consente oggi, a tutti gli utenti interessati, la consultazione del materiale fotografico sia presso gli uffici del Sistema Informativo Geografico regionale, sia attraverso il sito web dedicato alla cartografia, mediante il quale è possibile individuare e visualizzare ogni singolo fotogramma.

Riferimenti Bibliografici
ICCD - *Lo Sguardo di Icaro. Le collezioni dell'Aerofototeca Nazionale per la conoscenza del territorio*, a cura di Marcello Guaitoli, Campisano Editore, Roma, 2003
ICCD - Maria Filomena Boemi, *Introduzione all'uso delle fotografie aeree*, Roma 1999
Giunta Regionale - *Repertorio aerofotogrammetrico del Veneto*, Regione del Veneto 2002
IUAV – CIRCE Catalogo delle foto aeree http://circe.iuav.it/circe/patrimonio/foto_aeree.htm

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DELL'ARCHIVIO DI CARTOGRAFIA STORICA DELLA REGIONE ABRUZZO

Lucia D'ALESSANDRO (*), Antonella DI EMIDIO (*),
Roberta MARCELLI (*), Pasquale CASALE (**)

(*) Regione Abruzzo – Struttura Speciale di Supporto Sistema Informativo Regionale, Via L. da Vinci, 6 - 67100 (AQ)
E-mail: lucia.dalessandro, antonella.diemidio, roberta.marcelli@regione.abruzzo.it
(**) Regione Abruzzo – Direzione Parchi Territorio Ambiente Energia, Via L. da Vinci, 6 - 67100 (AQ)
E-mail: pasquale.casale@regione.abruzzo.it

Riassunto
Il settore della Cartografia Storica è di grande attualità non solo per archivisti, bibliotecari e storici in genere, ma soprattutto per i risvolti che la tematica ha nei confronti della pianificazione territoriale. Il materiale cartografico storico della Regione Abruzzo è conservato all'interno degli Archivi di Stato Provinciali, nelle Biblioteche, negli Archivi storici comunali, nei Musei, nelle Università e negli archivi privati e non esiste una catalogazione uniforme; gran parte della documentazione resta del tutto sconosciuta per la difficoltà di reperimento e la dispersione del materiale sul territorio regionale e nazionale. Nell'ambito del progetto per la riorganizzazione della Cartografia Regionale, la Direzione Parchi, Territorio, Ambiente Energia e la Struttura Speciale di Supporto Sistema informativo Regionale, con la costituzione di un gruppo di lavoro congiunto, hanno progettato la possibilità di realizzare una sezione specifica dedicata alla Cartografia Storica. Ha inizio così una fase di ricognizione delle carte antiche, esteso all'intero territorio regionale, che tende alla valorizzazione del materiale considerato patrimonio culturale, come definito dal Codice dei beni Culturali e del Paesaggio approvato con Decreto Legislativo n. 42 del 22 gennaio 2004, che nell'art. 6 sancisce la promozione della conoscenza del patrimonio culturale assicurando le migliori condizioni di utilizzazione e fruizione pubblica del patrimonio stesso. La valorizzazione non può prescindere dall'attività preliminare di censimento e catalogazione del patrimonio cartografico regionale; questo è il lavoro finora svolto e in continua fase di aggiornamento.

Abstract
The historical cartographic field is of great interest not only for archivist, librarians and historians, but above all for the implication in territorial planning. The historical cartographic material of Regione Abruzzo is kept in the Archivi di Stato Provinciali, in Libraries, in historical Archives, in Museums, in Universities and in private archives and there is no uniform cataloguing; most of the documentation remains entirely unknown to the difficulties of discovering and the dispersion of the material on national and regional level. In the context of the project for the reorganization of Regional cartography, the opportunity to achieve a specific section devoted to historical cartography has been identified. So a phase of reconnaissance of the ancient papers begins, extended to the whole territory Regional, which tends to the enhancement of the material considered cultural heritage, as defined by the Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio approved by D. L. n. 42 22nd January, that in art. 6 establishes the promotion of the knowledge of the cultural heritage by ensuring the best conditions of use and use of public assets. The promotion of exploitation cannot take place regardless of the preliminary activities of the regional cartographic heritage, and this is the work done up to now and updating.

Introduzione

Lo studio della cartografia storica dell'Abruzzo si propone di reperire tutto ciò che concerne la produzione di carte antiche dal 1500, anno a cui risalgono le prime mappe identificative del territorio, fino alla seconda metà del 1800.

Nella prima fase di ricerca sono stati effettuati sopralluoghi all'interno dell'Archivio di Stato di Sulmona, Archivio di Stato Biblioteca Provinciale di L'Aquila, Biblioteca Provinciale e Archivio di Stato di Teramo, Diocesi dei Marsi di Avezzano, Biblioteca Nazionale e Biblioteca di Archeologia e Storia dell'arte di Roma.

Dall'indagine sono emersi moltissimi elementi di grande interesse, con caratteristiche di volta in volta specifiche, tali da determinare una suddivisione particolare del materiale reperito, differente per caratteri iconografici, metodologie di realizzazione, tipi di supporto.

Mappe generali

La produzione cartografica esaminata nell'ambito della presente ricerca deriva dal repertorio della Biblioteca Provinciale di L'Aquila, ed è costituita quasi totalmente da stampe ottenute da incisioni su rame, che coprono il periodo dal XVI al XIX secolo.

Figura 1: «Abruzzo Citra et Ultra»[1]

La carta *«Abruzzo Citra et Ultra»* rappresenta una stampa, in bianco e nero, ottenuta da incisione su rame (dimensioni 46 x 37,5 cm), in buono stato di conservazione. E' stata realizzata a Roma nel 1620, ma non è specificato l'autore della carta; comunque, per analogia con altre carte, si potrebbe attribuire al cartografo G. A. Magini. Si tratta di una carta topografica che copre l'intero territorio regionale. Con una rappresentazione planimetrica sono indicati i fiumi ed i confini regionali (con tratto puntinato), con una rappresentazione a volo d'uccello sono indicati i rilievi montuosi, mentre il mare è indicato con un tratteggio puntinato. Sono inoltre riportati i nomi dei centri abitati. L'orientamento della carta è Nord-Sud (Septentrio-Meridies), è presente il bordo di squadratura, su cui è riportata la scala metrica. In basso a sinistra è indicata la scala di rappresentazione della carta (Scala di Miglia Dieci), mentre in alto a destra è rappresentato un cartiglio con decori molto curati, nel quale è riportato il titolo della carta.

Le carte catalogate presso la Biblioteca Provinciale di L'Aquila possono essere raggruppate in tre tipologie fondamentali:

[1] Collocazione Biblioteca Provinciale di L'Aquila, Abr St 11

- Carte topografiche, relative all'intera regione, a colori ed in bianco e nero; le più interessanti sono quelle realizzate nel periodo in cui l'Abruzzo apparteneva al Regno di Napoli;
- Rappresentazioni a volo d'uccello, a colori ed in bianco e nero, di alcuni centri abruzzesi (L'Aquila, Sulmona, Civitella e Ferrazzano);
- Planimetrie delle città di L'Aquila e di Teramo; la planimetria della città di Teramo è l'unico originale presente presso la Biblioteca ed è realizzata a china ed acquerello.

Cartografia demaniale

La ricerca condotta finora ha riguardato una parte dei fondi archivistici, relativa alle 124 buste che costituiscono gli Atti demaniali dell'Archivio di Stato di Teramo (1780-1940), contenenti ordinanze e controversie, in molti casi corredate da tavole disegnate a mano, che riproducono, in maniera schematica, la situazione dei vari comuni, l'evoluzione del paesaggio urbano e rurale e risultano utili per lo studio della storia del territorio. Dopo la prima invasione francese e la breve parentesi della Repubblica partenopea (1799), il Regno di Napoli, di cui l'Abruzzo faceva parte, fu nuovamente occupato da Napoleone, il quale pose sul trono prima il fratello Giuseppe Bonaparte (1806-1808), poi Gioacchino Murat (1808-1815). In questa fase furono attuate numerose riforme tra cui l'abolizione della feudalità (legge del 2 agosto 1806): " *La feudalità con tutte le sue attribuzioni resta abolita. Tutte le giurisdizioni sinora baronali, ed i proventi qualunque che vi siano stati annessi, sono reintegrati alla sovranità, dalla quale saranno inseparabili "*. Il nuovo governo istituì il primo sistema di province, distretti e circondari del Regno con a capo rispettivamente un intendente, un sottintendente e un governatore. Agli Intendenti con il "Real Decreto" del 3 dicembre 1808, fu affidato il compito di determinare i diritti residui degli antichi baroni e l'individuazione dei beni demaniali, molti dei quali erano stati usurpati nel corso dei secoli. L'istituzione della Provincia di Teramo risale al 1684 e comprendeva allora i territori tra il fiume Tronto ed il fiume Pescara.
Le tavole illustrate di seguito sono dettagliate, realizzate sulla base di rilievi; alcune riportano, oltre alla scala metrica, anche le dimensioni effettive dei lotti e sono caratterizzate da grande eterogeneità nella simbologia, nelle tecniche e nelle scale di rappresentazione. I documenti vanno letti come prodotti individuali, espressione del singolo autore, (*agrimensori, tavolari, periti*), senza che si possa far riferimento ad uno standard o a caratteri iconografici comuni.

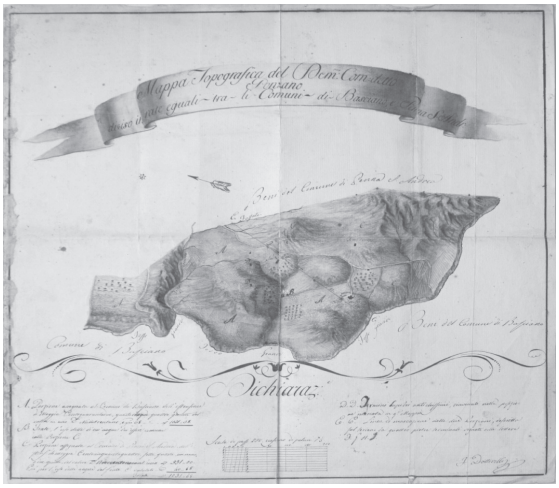


Figura 2- «Mappa Topografica del Demanio Comunale detto Ponzano diviso in rate eguali tra li Comuni di Basciano e Penna S. Andrea»[2]

[2] Collocazione Archivio di Stato di Teramo, Atti Demaniali – Invent. II – 5, Busta 4, fasc. 3, Comune di Basciano (TE), per la pubblicazione Atto di concessione MBAC n. 4 del 27/08/2008 prot. 2584 cl. 28.34.01.08

La *«Mappa Topografica del Demanio Comunale detto Ponzano diviso in rate eguali tra li Comuni di Basciano e Penna S. Andrea»* (Fig. 2), redatta da F. Dottorelli, è un bell'esempio di cartografia demaniale che si colloca nella produzione agrimensoria locale.
Disegnata su carta di dimensioni 47 x 45 cm, riquadrata con bordo nero, la mappa non è datata, ma appartiene ad un fascicolo del 1811 riguardante l'accantonamento dei demani tra il Comune di Basciano e l'ex feudatario Sterlich. La porzione di territorio illustrata è disegnata con acquerello e matite colorate ed è rappresentata in una sorta di inclinazione prospettica, che rende ben evidente l'orografia disegnata a monticelli, i fossi, i terreni coltivati, i filari, gli alberi presenti sul territorio, le strade. L'area rappresentata è compresa tra Fosso Grande, che separa il Demanio di Ponzano dai beni del comune di Basciano, e il Fossato, che delimita la zona verso est dello stesso dai beni del comune di Penna S. Andrea.
All'interno delle aree sono presenti delle lettere che indicano edifici, la fontana ed i confini spiegati nella così detta *Dichiarazione* che occupa la parte inferiore della pagina, separata dalla mappa da un decoro a china, in cui vengono descritte le porzioni assegnate ai comuni, specificando l'estensione in *moggia* ed *i termini lapidei*, pietre posizionate sul terreno a indicare antichi punti di riferimento e confini. La scala grafica è di passi 250, ciascuno di palmi 7 e 1/3, e l'orientamento della carta è nord-est. La tavola è in ottimo stato di conservazione.

Un altro esempio di cartografia demaniale si può osservare nella *«Pianta Topografica della divisione delle Quote Demaniali del Comune di Basciano»* (Fig. 3) redatta dal Perito Agrimensore Domenicantonio di Gennaro del Comune di Mosciano (Te); è una delle tavole di maggiori dimensioni conservate nel fondo archivistico, 83 cm di larghezza e 103,5 cm di altezza, inserita nel fascicolo relativo alla divisione demaniale del Comune di Basciano, eseguita nel 1836 e successivamente annullata come irregolare. La tavola datata 1835 è conservata ripiegata in più parti e mostra disegni, sia in pianta che in prospetto, dell'ingresso al paese e della strada di accesso. Sono rappresentate le varie contrade di cui si componeva il territorio comunale, divise in quote, con vari orientamenti. I lotti sono numerati, *le quote dipinte di colore rossigno*, *i termini di colore verdastro*. All'interno dei lotti sono indicati corsi d'acqua, masserie, case coloniche con strade di accesso, la chiesa di SS. Maria, le fonti. Una zona ampia della carta, descritta *Bosco querciato*, ha sfondo colorato ed è caratterizzata dal disegno di alberi come fosse una retinatura. La tavola comprende anche un *Quadro Dimostrativo*, una tabella in cui sono indicati ordinatamente i numeri delle quote, le corrispondenti *estensioni di Canne*, *estensione di Tombolate*; in alcune sono indicati anche i nomi ed i cognomi degli assegnatari, divise in zone (*Suolo detto Ponzano, Suolo detto Le Vicenne, Suolo detto Pantane, Suolo detto Le Brecciole, Suolo detto le Macchie, Suolo detto la Selva*), toponimi ancora oggi in uso. La scala grafica è di canne 100, ciascuna di palmi dodeci Napoletane, l'orientamento della carta è sud-ovest. Il supporto cartaceo presenta strappi in diversi punti della tavola, in corrispondenza delle piegature; nel complesso lo stato di conservazione è buono.

La *«Pianta di divisione del territorio Fara promiscuo tra Frittoli e Carpineto in 10^ parti per l'uno, e 6^ per l'altro, giusta la decisione del Cav.^e^ D. Giuseppe de Thomasis Commis.^o^ del Re, restando salve le proprietà dé particolari in esse parti comprese»* (Fig. 4), redatta da Ambrogio Mammarella Regio Agrimensore ed Architetto, datata Brittoli, lì 13 novembre MDCCCXI, è realizzata ad inchiostro, acquerello e pastello su carta di dimensioni 60 x 86 cm.
La tavola presenta in alto a sinistra un cartiglio decorato, con indicazione del titolo della tavola e la descrizione dei punti rappresentati sulla carta, l'indicazione di Fossi, Termini, linee di confinazione e Toponimi (*Fontecoverta, Stingone, Cocoli, Contrada, Pontone, S. Bartolomeo, S. Maria delle Macchie*); alcune di queste denominazioni sono ancora presenti nei toponimi attuali (es. I Cocoli a Carpineto della Nora); strade e centri edificati sono disegnati in prospetto e ruotati rispetto all'orientamento della carta. In basso a sinistra, invece, la tavola presenta il goniometro con un nastro contenente la descrizione della scala, e come base un cartiglio con la firma dell'autore e la data. In basso a destra è rappresentata una bella rosa dei venti colorata. La scala è di quattrocento canne di palmi dodici napoletani, l'orientamento della carta è nord-ovest.

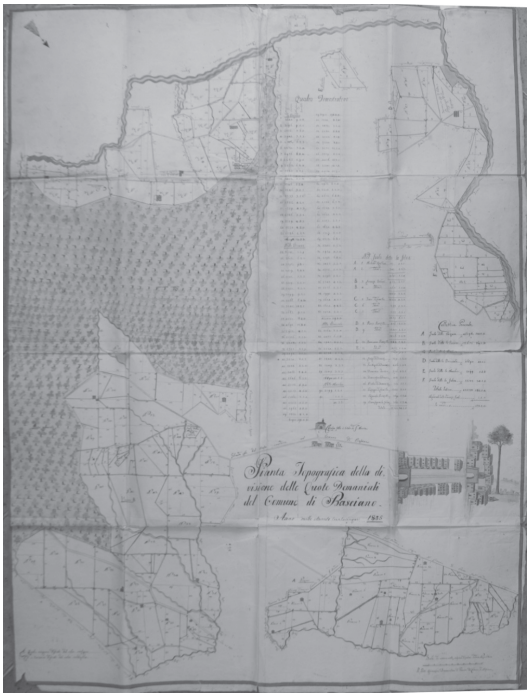


Figura 3 – Pianta Topografica della divisione delle Quote Demaniali del Comune di Basciano[3]

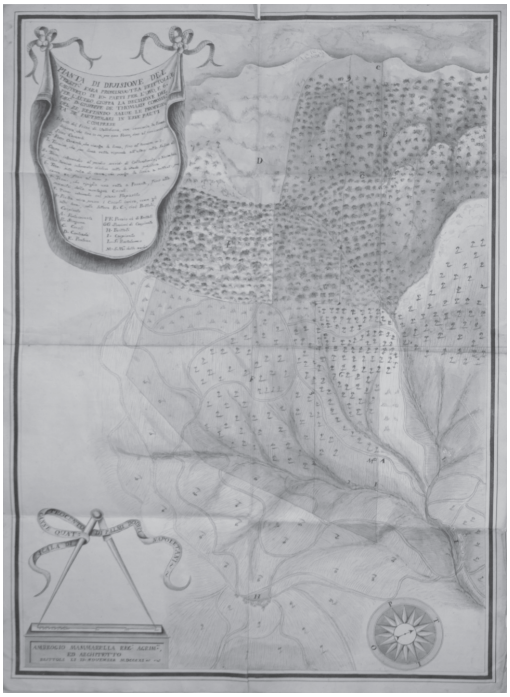


Figura 4 - Pianta di divisione del territorio Fara promiscuo tra Frittoli e Carpineto in 10^ parti per l'uno, e 6^ per l'altro, giusta la decisione del Cav.^e^ D. Giuseppe de Thomasis Commis.^o^ del Re, restando salve le proprietà dé particolari in esse parti comprese[4]

Catalogazione

La documentazione storica e le informazioni finora raccolte nei vari archivi e nelle biblioteche sono organizzate attraverso una struttura di database[5] che consente la catalogazione e, di conseguenza, una migliore gestione del materiale disponibile nelle diverse strutture preposte alla conservazione, al fine di realizzare un vero e proprio repertorio consultabile on-line.
La catalogazione delle carte definisce in dettaglio:

- Titolo: il nome ufficiale della Carta;
- Anno di rilevamento: se presente;
- Anno di realizzazione: se databile;
- Scala di rappresentazione;
- Autore: nomi dei cartografi;
- Contenuto: testo che tende a dare una descrizione della rappresentazione, spesso già presente all'interno della stessa tavole;

[3] Collocazione - Archivio di Stato di Teramo, Atti Demaniali – Invent. II – 5, Busta 4, fasc. 5, Comune di Basciano (TE), per la pubblicazione Atto di concessione MBAC n. 4 del 27/08/2008 prot. 2584 cl. 28.34.01.08.
[4] Collocazione Archivio di Stato di Teramo, Atti Demaniali – Invent. II – 5, Busta 13, fasc. 2, Comune di Brittoli (PE), per la pubblicazione Atto di concessione MBAC n. 4 del 27/08/2008 prot. 2584 cl. 28.34.01.08.
[5] Architettura, Analisi e Sviluppo Banca dati e Applicativi del "Content Management" a cura della Dott. ssa Maria Cristina Di Sebastiano - Struttura Speciale di Supporto Sistema Informativo Regionale

- Metodologie di realizzazione (es. rilievo su terreno attraverso l'utilizzo della tavoletta pretoriana, o altro altri strumenti …);
- Copertura territoriale: intero territorio regionale o parti dello stesso;
- Tecniche di rappresentazione: prospettiva, volo d'uccello e a china, a colori o in bianco e nero);
- Tipo di supporto: (carta, pergamena …);
- Stato di conservazione;
- Luogo di conservazione: quale ente è preposto alla conservazione;
- Immagine di esempio: fotoriproduzione o scansione dell'immagine ad alta risoluzione.

La ricerca del materiale può essere effettuata in vari modi, anche attraverso l'utilizzo di parole chiave, per soggetto, contenuto, luogo, toponimo, anno di edizione.
La visualizzazione e la gestione della banca dati è attualmente riservata ai componenti il gruppo di ricerca e resterà tale fino all'ottenimento di tutti i permessi di divulgazione da parte degli enti preposti alla conservazione del materiale autentico.

Conclusioni

Il lavoro, tuttora in esecuzione, prevede fasi diverse a partire dalla ricognizione generale del materiale, alla catalogazione, per passare ad un vero e proprio lavoro di digitalizzazione del materiale cartografico al fine di creare archivi digitali consultabili on-line, col duplice fine di consentire una maggiore diffusione delle informazioni cartografiche storiche, grazie alla collaborazione tra gli enti preposti alla preservazione dei materiali cartografici originali, e favorire la conservazione di documenti unici.

Bibliografia

Maestri D., Centofanti M., Dentoni Litta A. (1992), *Immagini di un territorio L'Abruzzo nella cartografia storica 1550-1850*, Supplemento al n. 2/1992 di Regione Abruzzo – Collana di studi abruzzesi n.° 12;
Giampaola G. (1964), *Misure agrarie locali nella provincia dell'Aquila*, Arte della Stampa, L'Aquila;
"*Tavole di Ragguaglio dei Pesi e delle Misure già in uso nelle varie provincie del Regno col Sistema metrico decimale*" Approvato con D.R. 20 maggio 1877, n. 3836 – Roma stamperia Reale
Croce B. (1992), *Storia del Regno di Napoli*, Adelphi ed., Milano.

PIANO REGIONALE DI CONSULENZA ALL'IRRIGAZIONE DELLA REGIONE CAMPANIA. GIS, TELERILEVAMENTO ED INFORMATION TECHNOLOGY PER LA CONSULENZA IRRIGUA "REAL-TIME"

A. D'ANTONIO (*), G. D'URSO (**), C. DE MICHELE (***),
F. VUOLO (***), L. MAROTTA (***)

(*) Assessorato all'Agricoltura ed alle Attività Produttive della Regione Campania - Se.S.I.R.C.A.
Via G. Porzio Centro Direzionale Isola A/6 80143 Napoli – tel. 0817967306; fax: 0817967330;
e-mail: a.dantonio@maildip.regione.campania.it
(**) Università degli Studi di Napoli - Dipartimento di Ingegneria Agraria ed Agronomia del Territorio
Via Università, 100 –80055 Portici (NA) – tel. 0812539418 e-mail: durso@unina.it;
(***) ARIESPACE s.r.l. – via Roma, 47 – 80056 Ercolano (NA) – tel. 0817779261; fax: 0817322172;
e-mail: info@ariespace.com

Riassunto

L'Assessorato all'Agricoltura e alle Attività Produttive della Regione Campania, tramite il Se.S.I.R.C.A. è impegnato in iniziative finalizzate ad ottimizzare la gestione dei mezzi tecnici utilizzati dalle aziende agricole allo scopo di migliorarne l'efficienza economica, nel rispetto dell'ambiente e della salubrità dei prodotti agroalimentari. Il raggiungimento di tale obiettivo richiede innanzitutto un uso razionale delle risorse idriche in agricoltura, in linea con la Direttiva Acqua n.60/2000 dell'Unione Europea- Nasce così il "Piano Regionale di Consulenza all'Irrigazione (PRCI), sviluppato dai ricercatori della Facoltà di Agraria dell'Università di Napoli "Federico II" e dallo spin-off accademico ARIESPACE s.r.l.. Il Piano, unico sia in campo italiano che nei Paesi Europei per quanto riguarda gli aspetti tecnici, fa uso di informazioni satellitari, di innovative applicazioni GIS integrate con tecnologie WEB e GMS/UMTS, e consente di svolgere un servizio di assistenza irrigua sia a livello aziendale che a livello territoriale. L'aspetto innovativo dell'approccio utilizzato consiste nell'assimilare i dati satellitari in modelli di bilancio idrico per ottenere una stima dei fabbisogni irrigui delle singole unità parcellari (>1 ha), ricoprendo grandi estensioni territoriali (circa 3.000 kmq) e in tempo reale (a poche ore dall'acquisizione satellitare). Questi dati, insieme all' immagine satellitare dell'azienda, vengono inviati con cadenza settimanale direttamente al conduttore dell'azienda che riceve così un "consiglio irriguo" personalizzato in tempo reale tramite SMS, MMS ed e-mail; questi dati sono poi anche consultabili on-line tramite un sito web dedicato. Inoltre, i gestori territoriali, Regioni e Consorzi di Bonifica, possono accedere tramite un portale internet ad informazioni visualizzate geograficamente (WEBGIS), consentendo così il monitoraggio dei fabbisogni irrigui dell'intero territorio regionale o consortile.

Abstract

Irrigation in Mediterranean regions plais a crucial role in the development of a sustainable agriculture, in the context of a decreasing availability of water resources. The Campania Region Assessor for Agricolture and Productive Activities, through the Research and Development Service (Se.S.I.R.CA) has started an innovative advisory service for irrigation, aiming to improve the water use efficiency not only at farm level, but also at the district scale, with tangible benefit for the economy of primary sector and environmental protection. This initiative, which is perfectly aligned with the recommendations of European Union through the Water Directive n-60/2000, has been

developed in collaboration with the Agricultural Faculty of University of Naples "Federico II" and the academic spin-off company ARIESPACE s.r.l. In this light, the Regional Plan for Irrigation Consultancy (PRCI), has been tailored to strengthen the technical management of water resources at farm and district level, to improve economic efficiency, lessen environment impact and guarantee the quality of agro alimentary products. The project innovation consist in combining satellite data, GIS and Information Technology to provide crop water requirements information from the field scale (>1 ha) to the irrigated basin scale (3000 ha) in real time. Among the service offered to agricultural businessmans, information on the maximal irrigation volumes to be applied and the duration of irrigation is sent via SMS and MMS. A dedicated Web-GIS has been developed to monitor irrigation advice in real time.

Introduzione

Il mondo agricolo risponde sempre più positivamente all'introduzione di nuove tecnologie sia nella filiera produttiva che in ambito gestionale. Oramai, infatti, è stata acquisita la consapevolezza che l'innovazione non è solo un fattore determinante per mantenere una redditività soddisfacente, ma anche il modo migliore per adeguarsi alle nuove indicazioni promosse dalla politica agricola comunitaria, come la riduzione dell'impatto ambientale e l'innalzamento delle qualità delle produzioni agricole, ai fini della tutela della salute dei consumatori.

Queste prospettive hanno trovato una piena e significativa sintesi nella messa a disposizione per le aziende agricole campane di un servizio di consulenza, il Piano Regionale di Consulenza all'Irrigazione. Uno strumento utile e importante, che consente di far uscire l'irrigazione dalla fase di tecnica empirica e convertirla, attraverso le tecnologie più avanzate oggi disponibili, in un sistema ad alta efficienza materiale ed economica. L'obiettivo generale è quello di ridurre il degrado delle risorse idriche sotterranee e superficiali, gli attingimenti dalle falde, il controllo e la gestione del suolo, con particolare riferimento alle pratiche irrigue e colturali. Per il raggiungimento di tale obiettivo, la ricerca scientifica fornisce, oggi, una notevole conoscenza dei diversi processi fisici presenti in un sistema irriguo. In particolare, l'impiego di modelli numerici di simulazione idrologica consente di migliorare l'efficienza dell'irrigazione, attraverso una corretta valutazione dei consumi idrici delle colture e delle modalità di intervento. L'impiego di questi algoritmi è però severamente limitato dalla necessità di reperire i dati di ingresso, specialmente quando le aree di indagine interessano ampie superfici, come nel caso dei comprensori irrigui. In tale contesto, un valido ausilio è costituito dall'acquisizione di immagini satellitari multi spettrali medianti sensori ad alta risoluzione spaziale, unitamente ad alcune tecniche di elaborazione e gestione dei dati. Le osservazioni effettuate dai diversi sensori oggi disponibili, nelle regioni del visibile e dell'infrarosso vicino dello spettro elettromagnetico, consentono di valutare la radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre, attraverso cui è possibile individuare i principali parametri che caratterizzano lo sviluppo delle coperture vegetali (in particolare l'indice di area fogliare e albedo). La conoscenza di questi parametri, unitamente all'acquisizione di dati agrometeorologici, permette la valutazione dell'evapotraspirazione delle colture in condizioni di adeguato rifornimento idrico, attraverso la nota equazione di Penman- Monteith, adottata come standard in ambito F.A.O.

Partendo da tali strumenti scientifici, nella'ambito del Piano Regionale all'Irrigazione della Regione Campania, utilizzando una metodologia sviluppata dai ricercatori della Facoltà di Agraria dell'Università di Napoli "Federico II" e dallo spin-off accademico ARIESPACE s.r.l., è stato messo appunto un servizio per le aziende agricole della Piana del Sele, del Volturno e della Valle Telesina. L'aspetto innovativo dell'approccio utilizzato consiste nell' assimilare i dati satellitari in modelli di bilancio idrico per ottenere una stima dei fabbisogni irrigui della singola unità (>1 ha) fino a grandi estensioni territoriali (circa 3.000 kmq) e in tempo reale (a poche ore dall'acquisizione satellitare).

Metodi

In generale, i consumi d'acqua delle colture dipendono sostanzialmente da tre elementi:

- le condizioni climatiche, individuate da variabili come la temperatura e l'umidità dell'aria, l'irraggiamento solare e la ventosità;
- il grado di sviluppo della coltura e di copertura del suolo;
- l'evoluzione dinamica del tenore di umidità del suolo.

Una diffusa metodologia per valutare i fabbisogni irrigui massimi delle colture si basa sul calcolo del prodotto fra l'evapotraspirazione di riferimento ET_0, che dipende dalle condizioni climatiche, e di un coefficiente colturale K_c che rappresenta una misura del sviluppo vegetativo di una specifica coltura nelle diverse fasi fenologiche. Conoscendo l'apporto di pioggia P_n al netto del quantitativo d'acqua intercettato dall'apparato fogliare, il fabbisogno irriguo massimo *Irr* è quindi definito nel seguente modo:

$$Irr = K_C ET_0 - P_n$$

L'informazione relativa al coefficiente colturale K_c è estremamente variabile, anche all'interno della stessa tipologia colturale, poiché dipende da numerosi fattori, quali data e densità di semina, apporto di sostanze nutrienti, natura dei suoli e pratiche agronomiche.
L'Osservazione della Terra da satellite consente di seguire con l'evoluzione nel tempo delle esigenze idriche sia di vasti comprensori che di singole parcelle monitorando lo sviluppo e le caratteristiche della copertura vegetale in relazione alle variabili legate ai fenomeni di assorbimento e di riflessione della radiazione elettromagnetica. L'applicazione di modelli (Rouse e al., 1974; Clevers, 1989; D'Urso e al., 2001; Gilabert e al., 2002), semplificati in modo opportuno per renderli utilizzabili in ambienti software completamente automatizzati, permette l'elaborazione delle immagini multispettrali satellitari in poche ore dalla loro acquisizione, determinando i parametri vegetazionali necessari per la stima di ET_p (r, LAI, h_c, K_c) attraverso la nota formulazione di Penman-Monteith (FAO, Quaderno n.56, 1998). Nota la distribuzione spaziale di tali parametri e utilizzando i dati agro-meteorologici raccolti dalla Rete Agrometeorologica Regionale, si realizzano le mappe dell'evapotraspirazione potenziale, ET_p.

L'utilizzo di un sistema informativo geografico, in cui convergono tutte le informazioni (immagini satellitari ad alta risoluzione, dati meteorologici raccolti a terra, strati informativi aziendali e consortili), provvede a fornire il supporto alle analisi spaziali e alla determinazione dei fabbisogni irrigui aggregati alla scala temporale e spaziale richiesta. Una descrizione sintetica della metodologia di stima del K_c da satellite è riportata di seguito e schematizzata in Figura 1.

Analisi dei risultati del Piano 2007

Un numero complessivo di 90 aziende ha aderito al Piano di Consulenza all'Irrigazione 2007, per un totale di circa 600 appezzamenti corrispondenti a 1400 ettari di superficie irrigua netta; nel corso della stagione irrigua 2008, le aziende aderenti sono state circa 150, interessando così una superficie di oltre 3000 ha. Le aree monitorate corrispondono ai territori ricadenti nei Consorzi di Bonifica Integrale di Paestum e Destra Sele, Bacino del Volturno, Sannio-Alifano e Valle Telesina. L'elaborazione delle immagini satellitari è stata effettuata nelle 24/48 ore successive all'acquisizione, producendo la mappa del coefficiente colturale K_c con un dettaglio compreso fra i 10 ed i 30 m al suolo.

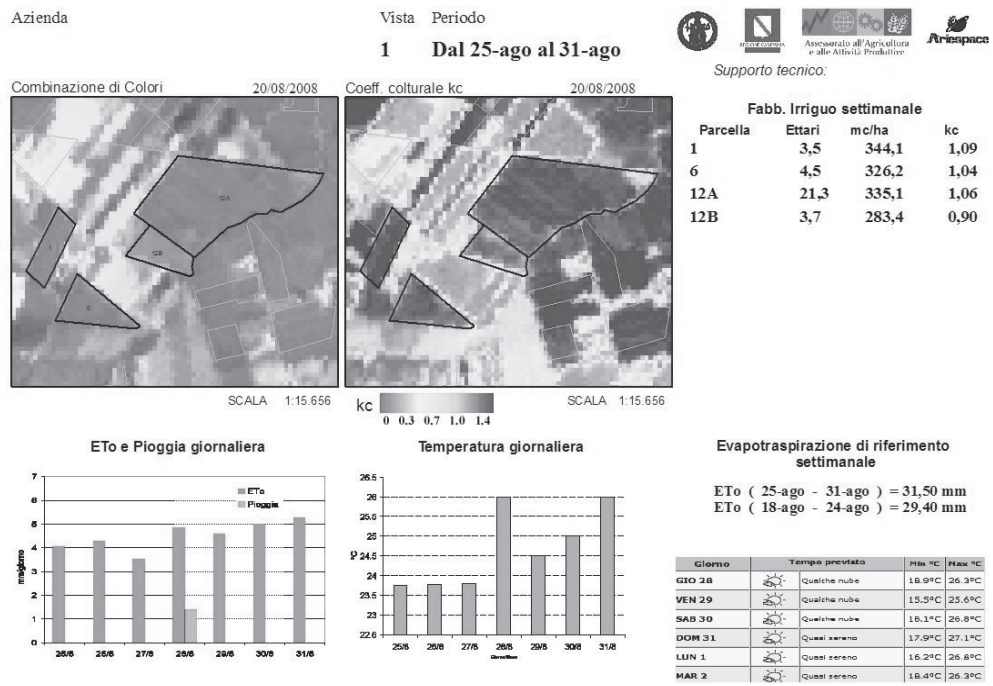


Figura 1 - Foglio Informativo inviato via e-mail ed MMS

Sovrapponendo all'immagine del satellite i limiti geografici delle particelle irrigue registrate nel Piano, viene stimato il fabbisogno irriguo massimo, secondo la metodologia descritta in precedenza e con l'ausilio del Sistema Informativo Territoriale dedicato.
Tale fabbisogno è trasmesso in modo automatico all'utente finale, utilizzando una tecnologia con codice originale sviluppata in ambiente ArcGis®-ESRI. Gli utenti ricevono, con cadenza settimanale un consiglio irriguo personalizzato con un'informazione sintetica di solo testo via SMS. La stessa informazione di testo ricevuta via SMS, accompagnata da un'immagine satellitare (in cui è anche riportato una mappa della distribuzione del coefficiente colturale per le singole parcelle oltre ai dati meteo), è contemporaneamente inviata, via posta elettronica e via MMS. I dati sono inoltre consultabili sul Web (http://*www.consulenzairrigua.it*) accedendo a pagine con accesso riservato per ciascun utente.

Le mappe del coefficiente colturale generate per ciascuna immagine satellitare sono ulteriormente elaborate per identificare le aree effettivamente coltivate (escludendo quindi superfici prive di vegetazione, centri urbani, strade) e gli apprestamenti protetti (serre). Ciò ha permesso di stimare, con cadenza settimanale, i fabbisogni irrigui dei distretti dei quattro consorzi irrigui aderenti. Tali informazioni sono di particolare utilità, sia in fase di gestione, per migliorare l'operatività degli impianti irrigui, che in fase di programmazione degli interventi, per valutare con maggiore accuratezza la domanda irrigua massima per ciascuno dei distretti. Esse sono disponibili e facilmente visualizzabili con l'ausilio di un sistema Web-Gis sviluppato specificamente per il Piano.

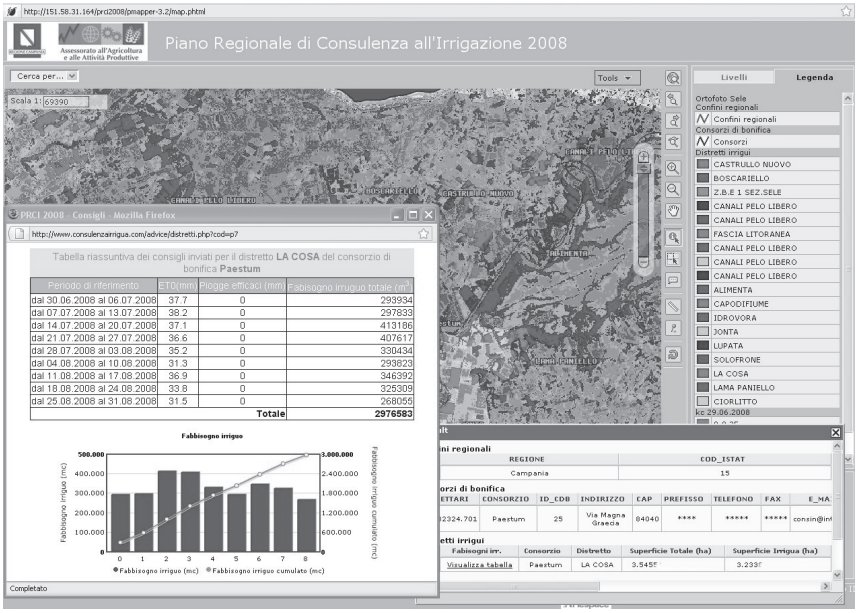


Figura 2 –WebGIS del Piano Regionale di Consulenza all'Irrigazione

Benefici economici legati all'applicazione del piano

I benefici economici derivanti dall'applicazione del Piano sono evidenti, se si considera che l'irrigazione fatta in maniera empirica porta ad un eccesso dei volumi forniti alle colture rispetto a quelli strettamenti necessari a parità di resa produttiva. Il grafico di figura 3 è un esempio aziendale che mostra la differenza tra gli apporti irrigui effettuati dall'agricoltore (volume fornito, in blu) e gli apporti irrigui consigliati dal Piano di Consulenza all'Irrigazione (ETP, in rosso). La somma degli apporti totali di acqua per irrigazione nel periodo monitorato è di 2500 m^3/ha (volume irriguo fornito). Invece, attraverso la metodologia descritta in precedenza, viene valutato un fabbisogno massimo di 1700 m^3/ha (volume irriguo necessario), al lordo delle precipitazioni, la cui valutazione porta ad uniogge che avrebbero aumentato la differenza tra acqua fornita ed acqua necessaria allo sviluppo colturale.

Considerando un costo medio dell'acqua per irrigazione pari a 10,00 cent. di euro/m^3, il risparmio, per il periodo monitorato è di circa 80 euro/ha. Poiché gli apporti di acqua fornita per irrigazione sono mediamente superiore di oltre il 50 % rispetto ai volumi necessari al completo sviluppo colturale, per una coltura con un fabbisogno stagionale di circa 4000 m^3/ha, **il risparmio può essere superiore ai 200 euro/ha**. E' da sottolineare, inoltre, l'ulteriore risparmio che viene conseguito in termini energetici in tutte quelle realtà irrigue, sia aziendali che consortili, ove è richiesto il sollevamento meccanico.

Conclusioni

Le tecnologie satellitari consentono oggi un notevole salto di qualità nel livello d'informazione disponibile per la gestione delle risorse idriche in agricoltura. Le mappe di fabbisogni irrigui, ottenute mediante la metodologia illustrata vengono messe a disposizione degli agricoltori e dei consorzi per aiutarli a gestire l'irrigazione in maniera più razionale.

Grazie alla collaborazione della Facoltà di Agraria dell'Università di Napoli "Federico II", che ha concepito questo sistema, e dello spin-off accademico Ariespace s.r.l., che lo ha implementato come servizio, nuove tecnologie, basate sull'impiego congiunto di telerilevamento, GIS ed "Information Technology", vengono trasferite in maniera diretta ad applicazioni operative, con benefici diretti all'economia del settore primario ed alla salvaguardia dell'ambiente.
Inoltre, integrando fra loro strumenti quali dispositivi di controllo e di telerilevamento, software di simulazione e di gestione di grandi archivi di dati, è oggi pensabile lo sviluppo di "sistemi di supporto alle decisioni" nella gestione di un comprensorio irriguo, in cui i dati satellitari forniscono la distribuzione spaziale e temporale della domanda d'acqua in diversi punti dei comprensori in tempo reale.
L'impiego di questi strumenti, affiancato ad opportune procedure di gestione delle risorse, specialmente nel comparto agricolo, consentirà sempre più in futuro di ridurre i rischi di approvvigionamento idrico.

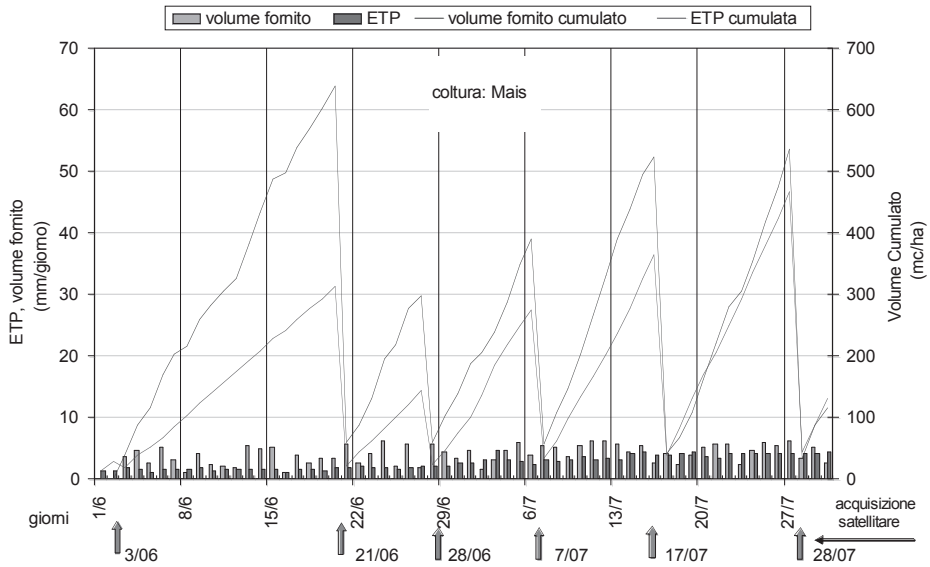


Figura 3 – Confronto tra fabbisogno stimato e fornito

Bibliografia

Piano Regionale di Consulenza all'Irrigazione – Risultati 2007.- Germogli di Economia. Edizioni Il Denaro libri Napoli, 2008.
F. Vuolo, C. De Michele and U. Lazzaro (2006). Succes Stories: analysis and evaluation of Italian case-study of DEMETER in the Destra Sele plain, published by American Inst. Physics, ISBN - 7354-0346-5/06; Vol. 852.
G. D'Urso e M. Menenti. Mapping crop coefficients in irrigated areas from Landsat TM images. Proceed. European Symposium on Satellite Remote Sensing II, SPIE, Int. Soc. Optical Engineering, pages 41-47 Bellingham, U.S.A., 1995.

UN CONTRIBUTO ALLA RICOSTRUZIONE GEOMETRICA DI MODELLI DI EDIFICI DA IMMAGINI DIGITALI

Maria Grazia D'URSO (*), Tiziana TORTI (**)

(*) Università degli Studi di Cassino, DiMSAT ,Via G. Di Biasio, 43 Cassino (Fr) 03043,e-mail: durso@unicas.it
(**) Ingegnere libero professionista,Via Tofaro 18, Sora (Fr) 03039, e-mail: tiziana.torti@alice.it

Sommario

Nell'ambito delle metodologie impiegate nel riconoscimento degli oggetti indipendentemente dalla loro posizione, dimensione ed orientazione, si illustra l'applicazione di una approccio originale (D'Urso, 2003) che consente di calcolare i momenti geometrici di qualsiasi ordine di domini poligonali di forma arbitraria in funzione delle sole coordinate dei vertici. Tali momenti sono infatti largamente impiegati come proprietà globali invarianti di immagini nel riconoscimento di forme nonché nell'analisi e rappresentazione di oggetti. In particolare, l'applicazione proposta riguarda la ricostruzione geometrica in ambiente Matlab di alcuni edifici industriali rappresentati in immagini digitali ad alta risoluzione rilevate da satellite Quickbird in un'area della Campania. I risultati relativi ad alcuni esempi rappresentativi sono illustrati e confrontati con quelli ottenuti con un software commerciale.

Abstract

Within the framework of the methodologies adopted for object recognition independently from their position, dimension and orientation, we illustrate the application of an original approach (D'Urso, 2003) which allows one to compute the geometric moments of arbitrary order for polygonal domains of arbitrary shape solely as function of the coordinates of the vertices. Actually, such moments are largely used as invariant global properties of images both for form recognition and for the analysis and representation of objects. Specifically, the proposed application is concerned with the geometric reconstruction in a Matlab environment of some industrial buildings reported in high-resolution digital images surveyed by a Quickbird satellite in the region Campania. The results referred to some representative examples are illustrated and compared with those obtained by a commercial software.

1. Introduzione

Negli ultimi anni la ricostruzione geometrica 2D e 3D da immagini digitali ha assunto rilevanza sempre più ampia in molti campi di applicazione; in particolare, la ricostruzione 3D degli edifici attraverso l'acquisizione di immagini aeree e satellitari ad alta risoluzione ha rappresentato uno stimolante filone di ricerca nella Fotogrammetria Digitale così come nella Computer Vision.
Molti degli approcci proposti dai diversi studiosi, per la ricostruzione geometrica di modelli di edifici sono basati sull'estrazione di proprietà da immagini (come segmenti di linea, curve, ecc.) e consecutivo raggruppamento delle caratteristiche estratte. La novità nella ricostruzione 3D consiste nel combinare immagini aeree con altre risorse di dati, quali DSM, oppure mappe digitali delle quali si ha un'ampia disponibilità (Haala *et al.*, 1996; Jibrini et al., 2000; Kim et al., 2001).
Tra gli studiosi che hanno orientato le loro ricerche sulla ricostruzione di modelli 3D di edifici figurano Vosselman. e Maas (1999) che hanno presentato una nuova tecnica per la determinazione

automatica di modelli di edificio a partire dai dati acquisiti con laser scanner aereo. L'approccio è basato sull'analisi dei *momenti invarianti* delle nuvole di punti (Gerke *et al.* 2001, Mukundan, Ramakrishnan, 1998, Vosselmann e Suveg, 2004).
Dallo studio di *Vosselman* e *Maas* si evince che l'analisi del rapporto dei momenti di secondo ordine fornisce un veloce ed efficiente strumento per la ricostruzione di forme di edifici semplici per i quali si possono determinare le coordinate del centro, l'orientazione, la lunghezza, la larghezza, l'altezza e la pendenza del tetto a falde; analizzando le differenze tra il modello e le nuvole di punti è possibile individuare le irregolarità.
L'idea principale dell'approccio di *Vosselman* e *Maas* consiste nel racchiudere la forma di un edificio all'interno di un rettangolo e minimizzare la differenza tra l'area della nuvola di punti derivata dall'intersezione tra l'area dell'edificio (*building area*) con il DSM normalizzato (nDSM) coperto nel piano xy, e l'area del modello rettangolare.
In Figura 1 sono riportati i passi delle singole iterazioni. In Figura 1-a, ove è riportato il rettangolo risultante dopo l'analisi dei momenti invarianti sull'intera regione, la linea tratteggiata rappresenta la regione derivata dalla segmentazione locale, e la linea continua rappresenta il rettangolo derivato dall'analisi della regione. Il passo successivo consiste nello studio delle parti contenute nella regione stessa ottenute dalla segmentazione e non appartenenti al rettangolo (Fig. 1-b) e, poi, infine, nello studio delle regioni non-edificio appartenenti al modello rettangolare (Fig.1c).

Figura 1- a) Prima descrizione rettangolare dell'intera regione segmentata; b) Aree non coperte da modello rettangolare;c) Aree che non appartengono all'edificio, ma che appartengono al modello rettangolare; d)Modello rettangolare dopo il primo step di iterazione

La figura 1-d rappresenta le regioni accettate e successivamente descritte dai rettangoli che vengono aggiunti o rimossi rispetto al rettangolo originario. Il processo riparte dalla nuova forma fino a quando le aree rimanenti soddisfino i criteri della minima dimensione.
In questo ambito l'approccio proposto nel presente lavoro è quello di analizzare le forme oggetto/entità cartografiche attraverso l'acquisizione di immagini digitali, interpretate come distribuzione casuale di valori numerici a 2 dimensioni, e di studiarne le forme attraverso il calcolo dei momenti geometrici di ordine zero, primo e secondo, calcolati in funzione delle sole coordinate dei vertici delle forme geometriche acquisite nelle immagini digitali.
Nel paragrafo seguente sono riportate le formule, dimostrate in (D'Urso, 2003), dell'algoritmo numerico utilizzato nell'applicazione illustrata.

2. Algoritmo: formula generale dei momenti geometrici

Il momento m_{pq} di ordine (p+q), con p e q valori interi positivi, è definito come l'integrale esteso alla regione occupata dall'oggetto, supposta piana, del prodotto di x^p e y^q , dove x e y rappresentano le coordinate cartesiane del generico punto dell'oggetto:

$$m_{pq} = \int_{\Omega} x^p y^q \cdot f(x,y) dA \qquad (1)$$

e nel dominio discreto $m_{pq} = \text{S S } x^p y^q \times f(x,y)$ con *f(x,y)* funzione densità di intensità luminosa.

Quando si usano le immagini binarie, f(x,y)=1 se i pixel fanno parte della forma e f(x,y)=0 se sono esterni ad essa. L'ordine dei momenti è ottenuto dalla somma di p e q e per l'analisi delle forme il calcolo dei momenti di secondo e terzo ordine risulta sufficiente. Infatti il momento di ordine zero, m_{00} rappresenta l'area della forma; il momento di primo ordine, di componenti m_{10} e m_{01}, può essere usato per calcolare le coordinate (x_G, y_G) del baricentro (o centroide) delle forma, come segue:

$$x_G = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \quad y_G = \frac{m_{01}}{m_{00}} \qquad (2)$$

ed, infine, i momenti di secondo ordine, analoghi ai momenti di inerzia nella meccanica del continuo, possono essere usati per determinare gli assi principali della forma lungo i quali si hanno il massimo e il minimo momento di inerzia.
Per caratterizzare la forma di un oggetto si fa riferimento ai momenti centrali di ordine (p+q) invarianti rispetto alla posizione e all'orientazione dell'oggetto i quali si ottengono fissando l'origine del riferimento nel baricentro della forma. Tali momenti si esprimono attraverso la seguente formula generale:

$$m_{pq=} \sum_x \sum_y (x - x_G)^p (y - y_G)^q \times f(x, y) \qquad (3a)$$

che, per immagini binarie, diventa:

$$m_{pq=} \sum_x \sum_y (x - x_G)^p (y - y_G)^q \qquad (3b)$$

I momenti centrali invarianti di secondo ordine descrivono un'approssimazione dell'oggetto, definita *image ellipse*, che altro non è che un'ellisse centrata nel baricentro ed avente la stessa orientazione ed eccentricità dell'oggetto (cfr. Figura 2).

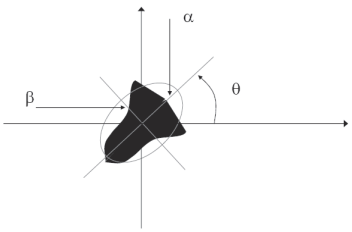


Figura 2- Image Ellipse

I parametri "dell'image ellipse" sono definiti dalle relazioni:

$$\alpha = \left(\frac{2\left[\mu_{20} + \mu_{02} + \sqrt{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2}\right]}{\mu_{00}} \right)^2 ; \quad \theta = \tan^{-1}\left(\frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}} \right); \quad \beta = \left(\frac{2\left[\mu_{20} + \mu_{02} - \sqrt{(\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2}\right]}{\mu_{00}} \right)^2$$

dove á è la dimensione del semiasse maggiore, b è la dimensione del semiasse minore e J è l'angolo di inclinazione dell'asse maggiore rispetto all'asse x.
Si riporta nel seguito la formula generale dimostrata in (D'Urso, 2003) che consente di calcolare il generico momento m_{pq} di un dominio poligonale di n lati.

$$m_{pq} = \frac{1}{(p+q+2)!} \sum_{i=1}^{n} (\mathbf{r}_i \cdot \mathbf{r}_{i+1}^{\perp}) \sum_{j=0}^{p+q} (p+q+j)! j! \sum_{a=r}^{s} \binom{p}{a-1} x_i^{p+1-a} x_{i+1}^{a-1} y_i^{q+1-b} y_{i+1}^{b-1}$$

3. Applicazione/Risultati test

Il caso studio riguarda la ricostruzione geometrica di oggetti/edificio derivanti da dati spaziali di immagini digitali satellitari relative al Comune di Eboli (SA). Le immagini sono state acquisite in data 2 Agosto 2003 dal satellite QuickBird, le cui caratteristiche sono riportate in figura 3; esse hanno una risoluzione al suolo di 2,88 x 2,88 metri e si riferiscono a quattro bande B1=blu, B2=verde, B3=rosso, B4=IR, di cui le prime tre nel visibile e la quarta nell'infrarosso prossimo (Fig. 4). Tali immagini sono relative alla zona industriale; su esse sono stati scelti come edifici campione alcuni capannoni industriali sui quali è stato testato l'algoritmo implementato in Matlab (vedi Fig. 5). In figura 6 si riporta, altresì, uno stralcio con le coordinate U.T.M. dei punti, acquisiti dalle immagini satellitari, con le corrispondenti bande.

Data di lancio	18-ott-01	**Tempo percorrenza orbita**	93.5 minutes
Veicolo di lancio	Boeing Delta II	**Revisit Time**	1-3.5 days, (30° off-nadir)
Luogo di lancio	Vandenberg Air Force Base, California, USA	**Larghezza Banda**	16.5 Km x 16.5 Km at nadir
Altitudine orbita	450 Km	**Esattezza metrica**	23 meter horizontal (CE90%)
Inclinazione orbita	97.2°, sun-synchronous	**Digitalizzazione**	11 bits
Velocità	7.1 Km/sec (25,560 Km/hour)	**Risoluzione**	Pan: 61 cm (nadir) to 72 cm (25° off-nadir) MS: 2.44 m (nadir) to 2.88 m (25° off-nadir)
Equator Crossing Time	10:30 AM (descending node)	**Bande**	Pan: 450-900 nm, Blue: 450-520 nm, Green: 520-600 nm, Red: 630-690 nm, Near IR: 760-900 nm

Figura 3- Caratteristiche del satellite QuickBird

a)B1=blu b)B2=verde c)B3=rosso d)B4=IR e)B1,B2,B3 f) B1,B2,B4

Figura 4- a),b),c),d) Immagini satellitari, in scala di grigio a diverse bande, relative al Comune di Eboli (SA; e), f) combinazione a falsi colori.

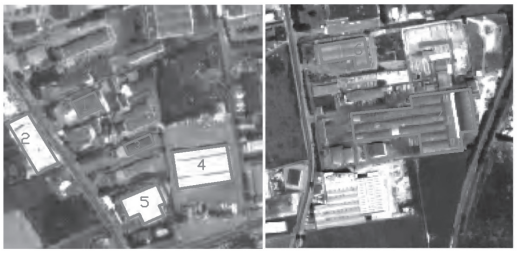
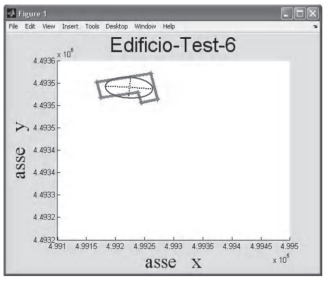


Figura 5 - Edifici campione

X [m]	Y [m]	B1	B2	B3	B4
498852,200	4494376,600	535	811	527	456
498855,000	4494376,600	476	704	475	399
498857,800	4494376,600	502	734	511	433
498860,600	4494376,600	528	802	545	466
498863,400	4494376,600	550	819	561	485
498866,200	4494376,600	556	861	596	513
498869,000	4494376,600	555	865	653	650
498871,800	4494376,600	588	944	718	728
498874,600	4494376,600	617	989	779	792
498877,400	4494376,600	623	1031	809	833
498883,000	4494376,600	597	995	774	817

Figura 6- Coordinate U.T.M. e relative bande

Relativamente ad ognuno degli edifici scelti sono state estratte le coordinate dei vertici; l'algoritmo del calcolo dei momenti geometrici è stato implementato in Matlab 7.4 e i valori ottenuti sono stati confrontati con i valori ottenuti con il software ArcGis-ESRI versione 9.2. Noto il passo di campionamento dell'immagine (risoluzione dei pixel di 2,88m x 2,88 m) e le coordinate reali U.T.M. relative al sistema di riferimento (datum) europeo del 1950 ED50, si procede all'elaborazione automatica del dato attraverso l'algoritmo originale.
In output si ottengono alcune delle proprietà che caratterizzano una forma geometrica, essenziali per il suo riconoscimento che in particolare sono: area, baricentro, asse maggiore dell'ellisse, asse minore dell'ellisse, angolo di inclinazione dell'asse maggiore rispetto all'asse x e perimetro.
Si riportano di seguito i dati di input (Fig.7-c e Fig.8-f) e di output, grafici (fig.7-a,7-b e fig. 9-d,9-e) e risultati numerici (fig.8 e fig.10) ottenuti con il programma Matlab per due dei sette edifici testati. Si mostrano in una tabella riassuntiva (fig. 11-a)i risultati numerici ottenuti per tutti gli altri edifici testati e il confronto con i risultati ottenuti con il programma commerciale ArcGis 9.2 (fig. 11-b).



Dati Input: coordinate U.T.M. dei vertici dell'edificio 6

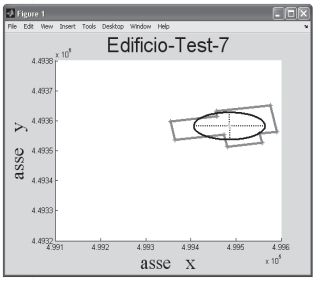
x [m]	y[m]
499.167625000000e+003	4.49355195100000e+006
499.260622000000e+003	4.49357182900000e+006
499.271981000000e+003	4.49351432700000e+006
499.244294000000e+003	4.49350580800000e+006
499.238615000000e+003	4.49352852500000e+006
499.174724000000e+003	4.49351787600000e+006

a) *b)* *c)*

Figura 7- Confronto immagine digitale(a)-elaborazione Matlab(d), dati input(c) per edificio 6

Edificio_Test	Area (mq)	Coordinate del baricentro		Parametri dell'ellisse				Perimetro (m)
		xG(m)	yG(m)	Asse massimo (m)	Asse minimo (m)	Angolo d'orientazione (°)	Area Ellisse (mq)	
Edificio_Test_6	4138,53	499224,2693	4493540,276	81,2735	48,9424	175,432	3124,0951	305,67

Figura 8 - Risultati numerici ottenuti con il programma Matlab per edificio 6



Dati Input: coordinate U.T.M. dei vertici dell'edificio 7

x [m]	y[m]
499.354937000000e+003	4.49359716600000e+006
499.457251000000e+003	4.49361458100000e+006
499.455509000000e+003	4.49363286700000e+006
499.575673000000e+003	4.49365158800000e+006
499.589605000000e+003	4.49356233600000e+006
499.550856000000e+003	4.49355667600000e+006
499.556952000000e+003	4.49352620000000e+006
499.480326000000e+003	4.49351401000000e+006
499.472489000000e+003	4.49355288700000e+006
499.364951000000e+003	4.49353577800000e+006

d) *e)* *f)*

Figura 9- Confronto immagine digitale(d)-elaborazione Matlab(e), dati input(f) per edificio 7

Edificio_Test	Area (mq)	Coordinate del baricentro		Parametri dell'ellisse				Perimetro (m)
		xG(m)	yG(m)	Asse massimo (m)	Asse minimo (m)	Angolo d'orientazione (°)	Area Ellisse (mq)	
Edificio_Test_7	19908,71	499485,2046	4493582,804	157,2586	90,7605	0,6039	11209,8876	692,67

Figura 10- Risultati numerici ottenuti con il programma Matlab per edificio7

Edificio_test	Area (mq)	Coordinate baricentro		Parametri dell'ellisse				Perimetro (m)
		xG(m)	yG(m)	Asse massimo (m)	Asse minimo (m)	Angolo d'orientazione (°)	Area Ellisse(mq)	
Edificio_Test_1	1039,01	498989,7507	4494210,247	37,0723	28,0428	24,8192	816,4571	130,2289
Edificio_Test_2	3439,31	498904,1021	4494142,178	93,0909	37,005	123,499	2705,5591	280,2092
Edificio_Test_3	691,832	498904,1021	4494142,178	45,0885	15,3636	21,6318	544,0625	120,8839
Edificio_Test_4	5084,68	499186,3231	4494099,509	87,7263	579.922	7,3929	3995,668	291,4254
Edificio_Test_5	2692,12	499088,5288	4494037,848	51,4483	38,7897	19,8785	1567,3916	226,8434
Edificio_Test_6	4138,53	499224,2693	4493540,276	81,2735	48,9424	175,432	3124,0951	305,674
Edificio_Test_7	19908,7	499485,2046	44.935.828.038	157,2586	90,7605	0,6039	11209,8876	692,6791

a)

Area (mq)	Edificio Test 1	Edificio Test 2	Edificio Test 3	Edificio Test 4	Edificio Test 5	Edificio Test 6	Edificio Test 7
Matlab 7.4	1039,01	3439,31	691,83	5084,68	2692,12	4138,53	19908,71
ArcGis 9	1033,44	3439,30	692,228	5075,12	2689,91	4144,08	19977,37

Perimetro (m)	Edificio Test 1	Edificio Test 2	Edificio Test 3	Edificio Test 4	Edificio Test 5	Edificio Test 6	Edificio Test 7
Matlab 7.4	130,22	3280,20	120,88	291,42	226,843	305,67	692,87
ArcGis 9	130,66	3436,88	123,622	290,99	226,65	304,26	692,01

b)

Figura 11- Risultati ottenuti con il programma Matlab relativi ai sette edifici testati(a), confronto con i dati ottenuti dal programma commerciale ArcGis (b)

4. Conclusioni

L'approccio basato sull'utilizzo dei momenti invarianti rappresenta una originale applicazione sia per le immagini digitali che per i dati laser terrestri nell'ambito degli algoritmi di classificazione dei dati spaziali.L'algoritmo si basa sull'applicazione di una formulazione unitaria che consente l' implementazione automatica in un codice di calcolo per il computo dei momenti geometrici di ogni ordine. I test numerici eseguiti su immagini digitali ad alta risoluzione, di alcuni edifici campione, hanno fornito risultati soddisfacenti nella ricostruzione geometrica di forme poligonali generiche e nei risultati confrontati con quelli elaborati con software commerciali.
Tale approccio si presta per essere impiegato nel campo 3D per la ricostruzione di qualsiasi entità/oggetto e trova molteplici applicazioni nel campo della cartografia tematica automatica, nei GIS e nelle ricostruzioni di realtà virtuali.

Bibliografia

Crosilla F., Dequal S. (2006), "Laser scanning terrestre", CISM, 123-134.
D'Urso M.G. (2003), "Sul calcolo dei momenti geometrici di figure poligonali", *Atti della VII Conferenza Nazionale ASITA*, Verona.
Gerke M., Heipke C., Straub B.M. (2001), "Building Extraction from aerial imagery using a generic scene model and invariant geometric moments", *Proceeding of the IEEE/ISPRS joint Workshop on Remote Sensing and data Fusion over Urban Areas*, ISBN, 85-89.
Haala N., Brenner C., Anders K. H. (1996), "3D urban GIS from laser altimeter and 2D map data", *ISPRS* ,32: 339-346.

Jibrini H., Paparoditis N., Deseilligny M.P., Maitre H. (2000), "Building reconstruction from very high resolution aerial stereopairs using cadastral ground plans", *Int. Arch. of Photog. And Rem. Sensing, ISPRS, Geo-Information for all, Amsterdam*.

Kim Z. W., Huertas A., Nevatia R., (2001), "Automatic description of building reconstruction from multiple image", *Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2: 272-279.

Liu J., Li D., Tao W., Yan L. (2007), "An automatic method for generating affine moment invariants", *Pattern Recognition Letters*, 28: 2295-2304.

Vosselman G., Maas H.G. (1999). "Two algorithms for extracting building models from raw laser altimetry data", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* 54: 153-163.

Mukundan R., Ramakrishnan K.R. (1998), *Moment Functions in Image Analysis - Theory and Applications*, World Scientific.

Vosselman G., Suveg I. (2004), "Recostruction of 3D building models from aerial images and maps"*, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing,* 58: 202-224.

COORDINAMENTO E COOPERAZIONE CON GLI ENTI LOCALI PER LA REALIZZAZIONE DEL DATA BASE TOPOGRAFICO IN REGIONE LOMBARDIA

Donata DAL PUPPO, Roberto LAFFI (*),
Stefano GELMI, Marco PANEBIANCO (**)
Franco GUZZETTI, Mauro NEGRI, Giuseppe PELAGATTI (***)
Federica LIGUORI (****)

(*) Regione Lombardia, Unità Organizzativa Infrastruttura per l'Informazione Territoriale,
donata_dal_puppo@regione.lombardia.it
(**) Lombardia Informatica S.p.A., (***) Politecnico di Milano, D.E.I., (****) consulente

Abstract
Regione Lombardia promuove, tramite bandi di finanziamento, la realizzazione da parte degli Enti locali e di loro aggregazioni del Data Base Topografico (DBT) secondo regole standard regionali. A tale scopo sono state definite Specifiche Tecniche regionali conformi alle Specifiche nazionali IntesaGIS. Per supportare tali produzioni Regione ha allestito un insieme di servizi, in particolare ha realizzato procedure automatiche per la verifica di conformità dei DBT prodotti. Il Data Base Topografico regionale sarà inizialmente costituito da un sottoinsieme dei contenuti dei DBT locali individuato sulla base del fabbisogno informativo di processi applicativi che già attualmente si avvalgono della base geografica di riferimento del SIT regionale. È stato perciò avviato lo studio degli algoritmi necessari alle operazioni di armonizzazione tra i vari DBT locali sul continuo territoriale e di integrazioni con informazioni già disponibili nel SIT. Questa fase costituisce la premessa per la successiva definizione di flussi informativi che consentano di riportare sistematicamente a livello regionale gli aggiornamenti applicati sui DBT locali.

Regione Lombardia is promoting, with calls for fund, the implementation of Data Base of Topographical data (DBT) realized by local municipalities following standard regional rules, that is a regional Technical Specification compliant with the national standards for DBT. Regione started a set of support services, mainly a group of automatic procedure for the data quality control. At regional level a subset of local DBTs content will be selected, on the basis of the information needs of processes that actually use a geographical reference base of the regional SIT. A set of algorithms is under development for the harmonization among DBTs of contiguous territory and for the integration of information actually present in the regional SIT. This phase is needed for sharing the DBTs and for defining services to support the sharing of subsequent updates of local DBTs.

Introduzione

La legge regionale per il Governo del territorio *(LR 12/2005)* ha promosso lo sviluppo di sistemi informativi territoriali in grado di raccogliere e condividere, tra tutti i soggetti che partecipano al processo di pianificazione, le informazioni necessarie per una corretta programmazione degli interventi ed il governo del territorio. In quest'ottica, la disponibilità di una cartografia di base moderna ed aggiornata, ovvero di una base geografica di riferimento condivisa, rappresenta il punto di partenza indispensabile.

A tale scopo la Regione ha emanato dei bandi di finanziamento per la realizzazione del Data Base Topografico (DBT) in collaborazione con gli enti locali secondo modalità standard definite a livello regionale; tali bandi hanno introdotto l'incentivo a costituire aggregazioni di comuni sufficientemente ampie, tali da garantire il raggiungimento di obiettivi di economicità ed efficienza nella gestione del progetto e hanno istituito un meccanismo premiale per i proponenti in grado di contribuire maggiormente alle spese di realizzazione. Nel 2006/2007 sono state finanziate 13 aggregazioni, che rappresentano oltre 800 comuni, con un investimento complessivo superiore ai 17 M€. Nel 2008 è stato emanato un nuovo Bando di finanziamento per la produzione del Data base topografico, che si concluderà in autunno.

Le Specifiche Tecniche regionali

La produzione del DBT è normata da specifiche tecniche regionali di produzione approvate formalmente con atto deliberativo della Giunta Regionale, che costituiscono lo standard per tutte le produzioni di DBT sul territorio regionale; esse sono conformi con quanto attualmente definito a livello nazionale *(IntesaGIS e Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali istituito dal Codice dell'Amministrazione Digitale)*; il prodotto definito da tali specifiche risponde all'esigenza di disporre di informazioni geografiche di base multiscala, dalle quali, tra l'altro, ottenere anche la nuova cartografia tecnica regionale alla scala 1:10.000 omogenea su tutto il territorio.

La versione aggiornata delle Specifiche tecniche è stata approvata con DGR n. 8/6650 del 20 febbraio 2008, pubblicata sul BURL –1° supplemento straordinario del 22 aprile 2008; essa riguarda: "Specifiche Tecniche aerofotogrammetriche per la realizzazione del Data base topografici alla scala 1:1.000 e 1:2000 e alle scale 1:5.000 e 1:10.000" "Specifiche di contenuto e schema fisico di consegna del Data base topografico", gli allegati tecnici alle specifiche di contenuto e schema fisico di consegna del Data base topografico sono composti da: A) schema fisico degli shape file di consegna; B) Elenco dei domini enumerati; C) Caratteristiche degli shape file del disegno; D) Grado di priorità del disegno; E) Elenco delle vestizioni.

Inoltre sono state approvate le"Specifiche Tecniche per l'aggiornamento di cartografie numeriche ed il loro adeguamento a di DB topografici" .

Sono inoltre disponibili le "Specifiche di rappresentazione dei Data base topografici alle varie scale", che forniscono standard grafici per la produzione di stampe o di layout di rappresentazione del DBT.

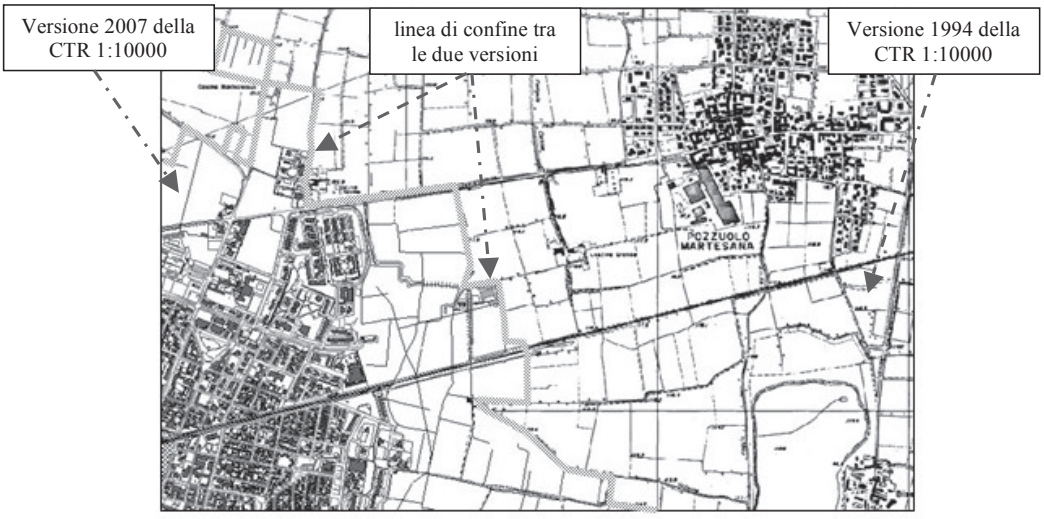


Figura 1 - Stralcio di sezione di CTR con aggiornamenti da produzione DBT

Tra i prodotti che devono essere forniti alla Regione è prevista anche la nuova Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000, che costituisce la base cartografica ufficiale regionale (l.r.29/79), da ottenersi come prodotto del DBT, tramite opportuna rappresentazione grafica dei contenuti previsti per tale scala (v. Figura 1).
E' stato definito anche il nuovo layout di rappresentazione delle sezioni CTR con relativa legenda e "bandella". E' importante sottolineare come il DBT e la relativa CTR derivata saranno in coordinate UTM WGS '84, cosa che innoverà tutto il sistema di riferimento geografico del SIT regionale e degli enti locali.

I servizi di supporto alle produzioni
Dati i molteplici aspetti innovativi dei prodotti richiesti, la Regione ha ritenuto strategico supportare i progetti di realizzazione strutturando alcuni servizi per le Direzioni lavori, i Collaudatori e le Ditte appaltatrici. In particolare sono state organizzate le seguenti iniziative:

- un servizio di supporto tecnico per una corretta interpretazione ed applicazione delle specifiche di produzione; per agevolare le modalità operative è stato allestito uno spazio di collaborazione su web, accessibile a tutti dal "Geoportale" regionale o dall'indirizzo web:www.cartografia.regione.lombardia.it/dbtopo;
- un servizio di formazione per i soggetti coinvolti, costituito dalla realizzazione di corsi rivolti ai soggetti attuatori dei progetti di produzione del DBT ed alle Ditte appaltatrici dei lavori, in cui vengono approfonditi i concetti guida ed illustrati i punti più critici che differenziano la produzione del Data Base Topografico rispetto alle tradizionali produzioni di cartografia numerica;
- un servizio di verifica dei dati, che si avvale soprattutto di procedure informatiche, predisposte ad hoc, in uno specifico ambiente di controllo. La verifica dei dati tramite le procedure di controllo è fondamentale per garantire la qualità della fornitura e si aggiunge al normale collaudo aerofotogrammetrico.
  Le procedure informatiche implementano il controllo di quelle proprietà descritte nelle specifiche che possono essere automatizzate, permettendo un'applicazione estensiva delle stesse sui dati ricevuti. Sono inoltre affiancate da ispezioni visive, al fine di verificare proprietà delle specifiche non automatizzabili o non ancora implementate.

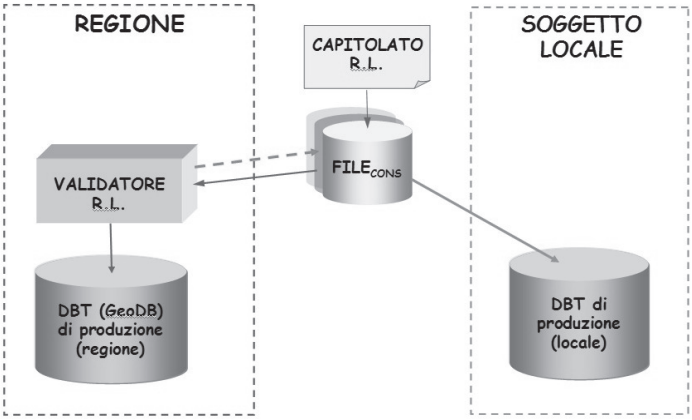


Figura 2 - Processo regionale di validazione del DBT

Per verificare la correttezza e la validità del processo produttivo, si agisce in diversi momenti: un momento iniziale in cui viene sottoposto a verifica un campione completo per una porzione di territorio, significativa in termini di contenuti, dal cui esito l'Ente responsabile e la Ditta produttrice possa verificare la corretta comprensione del tipo di

prodotto richiesto e le eventuali anomalie a carattere sistematico presenti nel processo di formazione di tale prodotto; un secondo momento in cui il servizio di verifica è disponibile come supporto al collaudo, in modo da potersi avvalere delle segnalazioni ottenute dall'applicazione dei controlli sistematici; infine un momento finale di verifica da parte della Regione, finalizzato a garantire che la consegna del prodotto ultimato sia rispondente ai requisiti di qualità richiesti.

In una prima fase i controlli vengono eseguiti in un ambiente desktop regionale, presso Lombardia Informatica, in una successiva fase i controlli verranno messi a disposizione sull'Infrastruttura delle Informazioni Territoriali Lombarda – I.I.T. per permetterne l'uso, in remoto, direttamente dai produttori del dato.

Di ogni produzione, superate le verifiche di conformità, viene mantenuta la replica in una struttura regionale, mentre il soggetto locale disporrà del prodotto in funzione della strumentazione di cui si sarà dotato (v. Figura 2).

La diffusione delle nuove produzioni

La diffusione dei DBT locali si avvarrà di strumenti già attualmente disponibili (Geoportale della Regione Lombardia) mentre la Cartografia tecnica regionale a scala 1:10000, aggiornata dalle nuove produzioni, verrà pubblicata tramite servizi di mappa in standard WMS 1.1.1 OGC.

Il Data Base Topografico Regionale

A livello regionale l'utilizzazione principale dei DBT locali si baserà, in prima battuta, su una selezione dei contenuti funzionale ai processi applicativi regionali che già attualmente utilizzano la base vettoriale di riferimento del SIT regionale, denominata CT10.

Il problema di recupero del patrimonio informativo attualmente presente presso la Regione comporta l'esecuzione di una fase di "armonizzazione e integrazione" che consiste, da un lato, nell'individuazione delle componenti informative disponibili nel DBT , che vengono a costituire la fonte per l'aggiornamento delle analoghe componenti del SIT regionale e, dall'altro, nell'applicazione di una serie di algoritmi che consentano di riconoscere gli oggetti corrispondenti nelle due basi informative, di armonizzarli geometricamente e di integrare nella nuova produzione

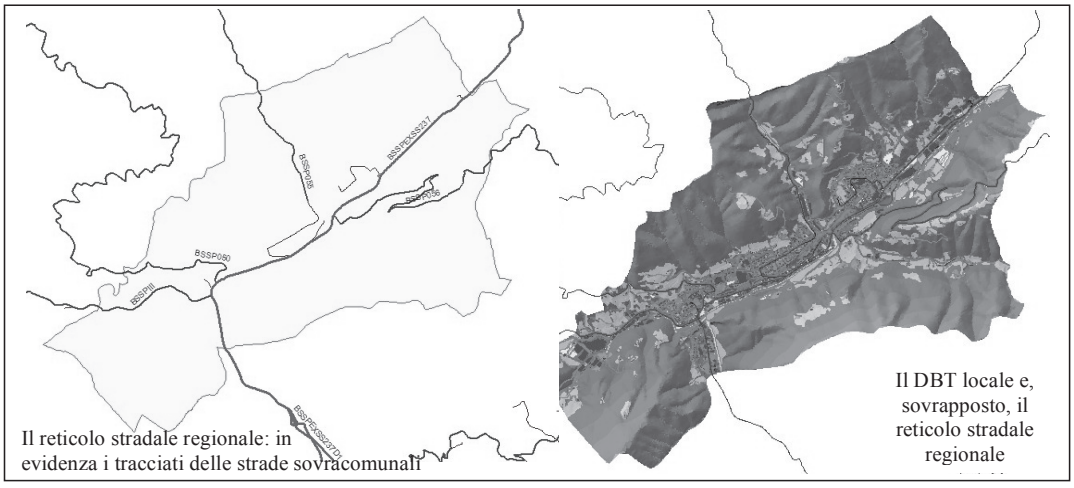


Figura 3 - Confronto tra reticolo stradale CT10 e reticolo stradale del DBT

del DBT, i cui contenuti risultano essere più aggiornati e geometricamente più accurati, le informazioni disponibili nel SIT regionale.

Una delle componenti informative di rilievo è rappresentata dal reticolo stradale (v. Figura).

I passi principali che devono essere realizzati in particolare per il reticolo stradale sono:

- "riconoscimento" sul reticolo stradale del DBT dei "nuovi tracciati" dei percorsi amministrativi per le strade sovra comunali di CT10 e applicazione dei meccanismi di "armonizzazione al contorno" (nel passaggio attraverso il bordo lotto e all'interno del lotto nel passaggio di titolarità da sovra comunale a comunale) tra i tracciati CT10 e il DBT (v. Figura);
- integrazione sui nuovi tracciati dei percorsi amministrativi del corrispondente sistema di riferimento (cippi); questo meccanismo è funzionale alla verifica che i valori delle progressive chilometriche assegnate a tali punti sulla base dei rilievi delle pertinenze effettuati dagli enti gestori corrispondano ai valori dell'ascissa curvilinea calcolata sul reticolo 3D del DBT;
- integrazione tra attributi semanticamente "identici" del DBT rispetto a quelli CT10 (ad esempio la sede su ponte o in galleria) e verifica di vincoli tra attributi a tratti semanticamente tra loro condizionati; ad esempio la classe di larghezza rispetto al numero di corsie;

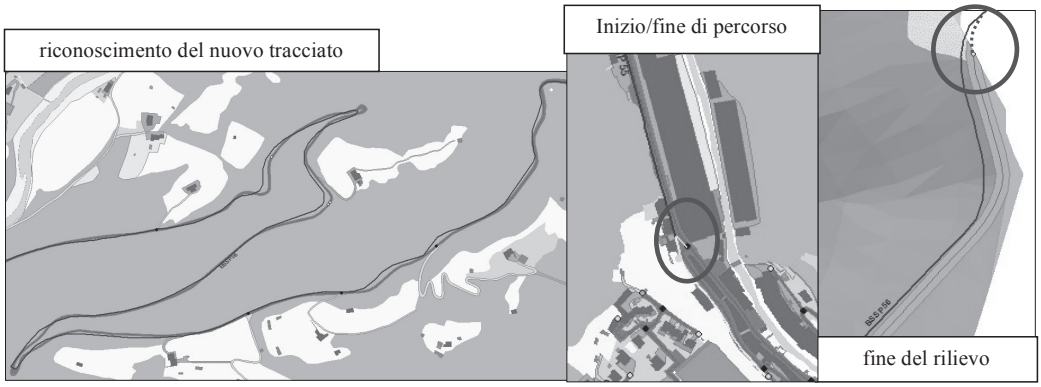


Figura 4 - Casi rilevanti per l'armonizzazione geometrica

Il processo di armonizzazione/integrazione viene supportato da un insieme di algoritmi finalizzati ad evidenziare i casi di conflitto o di indeterminazione che necessitano di un intervento manuale di scelta o di convalida; parte del riconoscimento del tracciato è infatti già operato in sede di produzione del DBT , ma può richiedere una conferma diretta da parte dei gestori dell'informazione tematica (ufficio regionale preposto in materia).
L'esito finale di tale processo porta alla formazione del DBT integrato regionale e consente di costruire progressivamente la nuova base di riferimento regionale in sostituzione della CT10 trasferendo su di essa l'operatività dei processi regionali interessati. Il consolidamento del DBT integrato dovrebbe comportare un riallineamento anche dei DBT locali dovuto alla "certificazione" disciplinare delle componenti informative trattate dal processo di armonizzazione/integrazione, come illustrato dalla Figura.

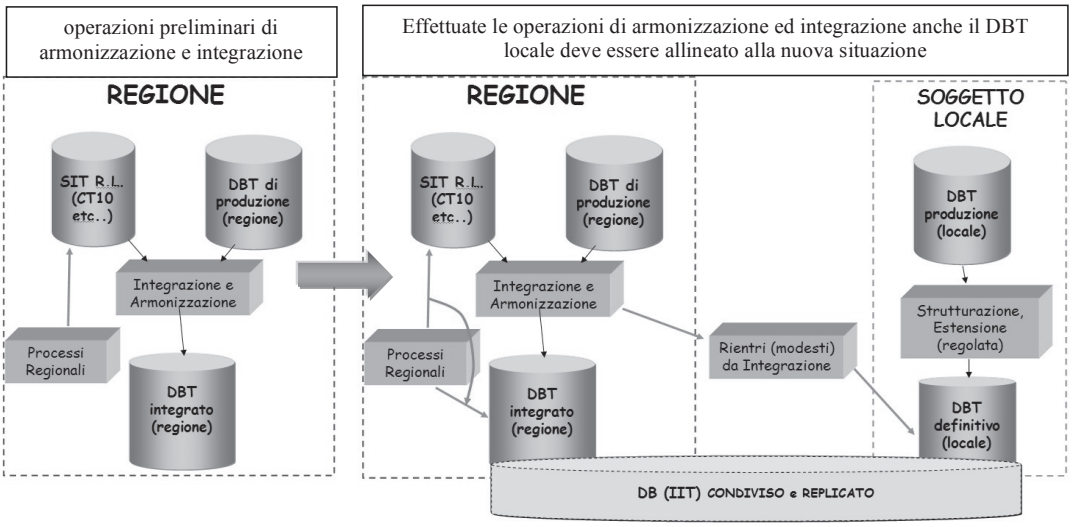


Figura 5 - Processo di armonizzazione/integrazione e costituzione della base di riferimento condivisa

L'aggiornamento del Database Topografico

L'integrazione e armonizzazione costituiscono una premessa necessaria per istituire, nei passi successivi del progetto, adeguati flussi informativi che consentano di aggiornare localmente i contenuti del DBT e di riportare sistematicamente a livello regionale la nuova situazione. A questo scopo la Regione intende mettere a disposizione opportuni "servizi di aggiornamento" che permetteranno di propagare gli aggiornamenti effettuati sui Database locali verso il Database Regionale. I servizi di aggiornamento dovranno essere invocati dalle applicazioni locali che vengono utilizzate per gestire e aggiornare i Database locali. La Regione intende valutare anche la possibilità di realizzare delle applicazioni di aggiornamento minimali da fornire agli enti che non sono provvisti di applicazioni più sofisticate. Anche queste applicazioni minimali utilizzeranno i servizi di aggiornamento per propagare gli aggiornamenti al Database Regionale.

Naturalmente la definizione dettagliata delle modalità di aggiornamento richiederà di studiare e di concordare con gli enti locali e le loro aggregazioni o centri servizi le modalità organizzative per lo svolgimento e la propagazione degli aggiornamenti. Problemi particolarmente delicati da risolvere sono quelli relativi all'aggiornamento di oggetti condivisi da enti diversi, per i quali sono allo studio meccanismi di "transazioni lunghe", che permettano a diversi soggetti di concordare e validare operazioni di aggiornamento condivise.

Riferimenti bibliografici

Regione Lombardia – ST (2008), "Aggiornamento delle Specifiche tecniche in materia di Data base Topografico a supporto del Sistema Informativo Territoriale Integrato", *Bollettino ufficiale, Milano – martedì 22 aprile 2008 – 1° Supplemento Straordinario*

Regione Lombardia – BN (2008), "Bando di finanziamento 2008 per la <<Produzione di basi cartografiche attraverso Data base topografici>> ai sensi della l.r. 12/2005", *Bollettino ufficiale, Milano – martedì 17 giugno 2008 – 1° Supplemento Straordinario*

IntesaGIS (2006), *"Specifiche per la realizzazione dei Data Base Topografici di interesse generale – Il Catalogo degli Oggetti"*, versione 3.3, aprile 2006

UN MODELLO DI DATI SPAZIALI CON INTERFACCIA WEB PER LA PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE: IL CASO DEL COMUNE DI LAURENZANA

Maria DANESE (*)(**), Viviana LANZA (*), Nicola MANZIONE (*)

(*) Università degli Studi della Basilicata, Via dell'Ateneo Lucano, Potenza,
tel. 0971/ 205127, fax 0971/ maria.danese@unibas.it
(**) CNR- Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali,
C/da S. Loia Zona industriale Tito Scalo (PZ)

Riassunto

L'obiettivo del presente lavoro è quello di studiare e costruire la struttura di un Sistema Informativo Geografico avente anche interfaccia web e affiancato da un blog, che supporti il sistema di pianificazione comunale nella realizzazione dei nuovi strumenti di governo del territorio previsti nelle riforme locali e che allo stesso tempo favorisca la partecipazione al processo di piano.

Abstract

The aim of this work is to study and to construct the structure of a Geographic Information System, with a web interface and supported by a blog, that could help the municipal planning system to realise new territorial planning instruments, like defined from local laws, and that, at the same time, could promote participation in the plan process.

1. Introduzione

A seguito del dibattito disciplinare che ha coinvolto tutta l'Italia, sia a livello nazionale che regionale, e della conseguente proliferazione di leggi, la Regione Basilicata ha emanato la LR23/99, in cui uno dei punti più critici è la suddivisione del piano urbanistico comunale in tre strumenti, aventi ciascuno scale d'azione, competenze ed obiettivi diversi.

Il rischio è quello che si creino dei problemi di incoerenza all'interno della pianificazione comunale stessa, con rischio di scarsa trasparenza oltre che uno spreco di risorse nella fase delle indagini preliminari alla redazione degli strumenti.

I GIS possono costituire un valido strumento tramite il quale formare un quadro conoscitivo unico e condivisibile, punto di partenza in cui collocare qualsiasi discussione, decisione, obiettivo che riguardi il governo del territorio e contemporaneamente punto di arrivo in cui possano convergere nuovamente le informazioni derivanti dagli strumenti di pianificazione. In questo modo il Sistema Informativo diventa parte inscindibile dagli strumenti di piano.

Nel caso qui presentato del Comune di Laurenzana, è stato strutturato un Sistema Informativo Geografico, avente anche interfaccia web e affiancato da un blog, che ha supportato la pianificazione sia in fase di redazione del Piano Strutturale Comunale (PSC), sia del Regolamento Urbanistico (RU) e la partecipazione al processo di piano. Esso inoltre è pronto a facilitare la realizzazione del Piano Operativo (PO), anche in una fase successiva.

2. Materiali e Metodi

2.1 Le infrastrutture di dati spaziali per la pianificazione comunale

Il lavoro è basato sulla realizzazione di un SIT che favorisca l'interoperabilità, l'efficienza, la condivisibilità dell'informazione geografica. Questi principi rimandano al concetto di infrastrutture di dati territoriali (IDT), istituzionalizzate in primis nel 1994 in America con l'iniziativa National Spatial Data Infrastructure, cui si è poi ispirata la Comunità Europea adottando nel luglio 2004 e approvando nel giugno 2006 la Direttiva INSPIRE. Secondo questa "I problemi relativi alla disponibilità, alla qualità, all'organizzazione ed all'accessibilità delle informazioni territoriali sono comuni a molte tematiche politiche e categorie di informazioni e si riscontrano a vari livelli dell'amministrazione pubblica. Per risolvere tali problemi sono necessarie misure in materia di scambio, condivisione, accesso e utilizzo di dati territoriali e di servizi relativi ai dati territoriali interoperabili provenienti dai vari livelli dell'amministrazione pubblica e da vari settori. Occorre, pertanto, istituire un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità"(Direttiva 2007/2/CE).
Il concetto di IDT appare dunque essere la naturale e più idonea organizzazione del SIT di un Comune, soprattutto se su di esso si fonda un processo di pianificazione basato su diversi livelli e nel quale devono intervenire diversi attori sociali.
In Italia, a livello generale, è stato redatto un Protocollo d'Intesa Stato-Regioni-Enti locali sui Sistemi Informativi Geografici, nel quale viene proposto il GeoUML, quale linguaggio per la progettazione di database spaziali (Intesa SRE SIT). Esso individua un modello di dati basato sulla definizione di strati informativi prioritari che sono legati tra loro e agli attributi che caratterizzano ciascuno di essi tramite relazioni di cui sono specificati il ruolo e la cardinalità; ogni attributo può essere ulteriormente specificato tramite una tabella di valori possibili. Ulteriore caratteristica del GeoUML è quella di permettere anche la definizione di relazioni geometriche tra gli elementi che costituiscono il singolo strato informativo e o tra gli elementi di più strati informativi.
Più nello specifico, per quel che riguarda il settore urbanistico, l'Emilia Romagna è una delle poche regioni italiane che, nel novembre 2005, ha emanato un documento nel quale formalizza il modello logico del Piano Strutturale (Regione Emilia Romagna).
In Basilicata invece, Regione cui appartiene il Comune di Laurenzana, pur non essendo stato fatto alcun cenno, nella leggi in materia di urbanistica, alle IDT, in occasione della redazione degli Studi per il Documento Preliminare al Piano Strutturale Provinciale è stato redatto un documento relativo alla realizzazione di una infrastruttura di dati spaziali per la pianificazione comunale e provinciale,realizzato in collaborazione tra l'Università degli studi della Basilicata e la Provincia di Potenza.

2.2 Le linee del modello di dati del SIT per il Comune di Laurenzana

Il punto di partenza del modello di dati proposto per il Comune di Laurenzana è stato dunque il modello di dati provinciale, ulteriormente ampliato sulla base delle esigenze locali.
La sua strutturazione è stata facilitata dall'uso del geodatabase di ESRI, che, tramite gli strumenti Case (Computer aided software engeneering) tools in ambiente Microsoft VISIO, permette la facile costruzione di un modello logico molto simile a quello descritto in GeoUML, in quanto caratterizzato da strati informativi di base (feature classes) che possono essere raggruppati in classi logiche (feature dataset) e legati tra loro con le tabelle di attributi (tables) tramite relazioni (relationships). All'interno di un geodatabase è possibile definire inoltre un lessico caratteristico per ogni attributo (domain) e delle regole geometriche che devono essere rispettate (topology rules).
La metodologia seguita nella strutturazione del SIT è quindi consistita nella:
- elaborazione di un modello di dati flessibile, all'interno del quale ciascuno strumento riesce a trovare le informazioni che più sono adatte alle proprie competenze
- creazione di specificità delle informazioni di base e nelle elaborazioni relativamente ai contenuti di ciascuno strumento, pur garantendone la condivisibilità ed in particolare nei seguenti livelli logici:

- Un primo livello logico, denominato Quadro Conoscitivo, contenente la topografia di base, in scala in scala 1:2.000 per l'abitato e in scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale, di limiti amministrativi, edifici,idrografia, Infrastrutture viarie, isoipse e punti quotati, uso del suolo, catastale, dati ISTAT relativi ai censimenti del 1991 e del 2001. Tale cartografia è stata realizzata talvolta in duplice formato vettoriale. Ad esempio dalle infrastrutture viarie in formato poligonale sono state derivate quelle in formato lineare, in modo da poter scegliere la feature classes più opportuna a seconda della scala cui si è interessati;
- Un secondo livello logico relativo al Documento preliminare al PSC, contenente la specificazione degli aspetti paesistici ed ambientali e i vincoli, oltre che la classificazione dei suoli
- Un terzo livello logico relativo al RU e contenente le informazioni riguardanti la gestione, tutela, valorizzazione dell'abitato esistente ed in particolare del centro storico (Fig. 1);
- Un quarto ed un quinto livello logico relativi al Bilancio Urbanistico e al Bilancio Ambientali, ovvero strumenti di bilancio trasversali nella pianificazione comunale.
- Un sesto livello logico nel quale sono contenuti tutti gli strumenti di pianificazione con i quali il RU, il PSC e il PO dovranno confrontarsi, ovvero il Piano Regolatore vigente, i Piani attuativi e la Pianificazione sovraordinata.

Al modello (Fig. 2) potrà essere facilmente aggiunto un ulteriore livello logico in fase di redazione del PO, il quale, facendo uso degli altri dati e già presenti nel geodatabase permetta di effettuare ulteriori analisi ed elaborazioni sul patrimonio-architettonico finalizzate all'individuazione di priorità di intervento nelle politiche di recupero, conservazione e valorizzazione.

STRATO INFORMATIVO: Edifici		
CAMPO	TIPO	DESCRIZIONE
Edificio	Polygon	Rilievo edifici centro storico
Cod_istat	string	Codice Istat del Comune
ID_ED	integer	Identificativo dell'edificio
ID_IS	integer	Identificativo dell'isolato di appartenenza dell'edificio

Figura 1 -Estratto dal modello di dati:strato informativo e attributi ad esso associati relativi al rilievo degli edifici nel centro storico di Laurenzana

Informazioni associate

TABELLA: Tipologia edilizia ed Abaco degli elementi architettonici presenti ed i loro stato di conservazione (CarattGeneral)		
CAMPO	TIPO	DESCRIZIONE
ED_IF	string	Idoneità funzionale
ED_GA	string	Grado di alterazione
ED_RC	string	Rapporto con il contesto
ED_GCU	string	Grado di conservaz.singole unità

TABELLA: Caratteristiche funzionali (CarFunz)		
CAMPO	TIPO	DESCRIZIONE
ED_GOU	string	Grado di occupazione unità
ED_NPFT	integer	Numero dei piani fuori terra
ED_NPSI	Integer	Numero dei piani interrati o seminterrati
ED_NP	integer	Numero totale dei piani
ED_DUSI	string	Dest. d'uso dei piani seminterrati e/o interrati
ED_DUPT	string	Dest. d'uso dei piani terra
ED_ANI	double	Altezze non idonee ai piani terra e agli ultimi piani
ED_PM	string	Presenza di piani mansardati

TABELLA: Grado di alterazione (GradAlt)		
CAMPO	TIPO	DESCRIZIONE
ED_TE	string	Tipologia edilizia
ED_EN	string	Edifici notevoli
ED_ATO	string	Alteraz. tipologia originaria
ED_AMP	string	Alteraz. morfologica prospetti
ED_AEFF	string	Alteraz. Elem. finitura facciate
ED_DTA	string	Descriz. tipo di alterazione

TABELLA: Caratteri tipologici degli elementi costruttivi (CarTopElem)		
CAMPO	TIPO	DESCRIZIONE
ED_VA	string	Vani di accesso ai piani terra
ED_CE	string	Coronamento degli edifici
ED_BA	string	Balconi
ED_VFB	string	Vani finestra e balconi
ED_FF	string	Finitura delle facciate

TABELLA: Grado di alterazione (GradAlt)		
CAMPO	TIPO	DESCRIZIONE
ED_TE	string	Tipologia edilizia
ED_EN	string	Edifici notevoli
ED_ATO	string	Alteraz. tipologia originaria
ED_AMP	string	Alteraz. morfologica prospetti
ED_AEFF	string	Alteraz.elem. finitura facciate
ED_DTA	string	Descriz. del tipo di alterazione

TABELLA: Grado di conservazione (GradCons)		
CAMPO	TIPO	DESCRIZIONE
ED_TS	string	Tipo di struttura
ED_GCES	string	Grado conservaz.elem. struttur.
ED_GCEF	string	Grado di conservazione degli elementi di finitura
ED_UR	string	Unità riparate di recente
ED_STL	string	Stato di attuaz. legge219/81

TABELLA: Rapporto con il contesto (RapCont)		
CAMPO	TIPO	DESCRIZIONE
ED_ALN	string	Affaccio su luoghi notevoli
ED_ISU	string	Importanza della singola unità rispetto al contesto

- trasparenza e garanzia nella partecipazione dei diversi portatori di interessi, anche e soprattutto dei cittadini di Laurenzana, tramite la possibilità di pubblicare e comunicare tramite un WebGIS ed un blog (in corso d'opera) le politiche di piano.

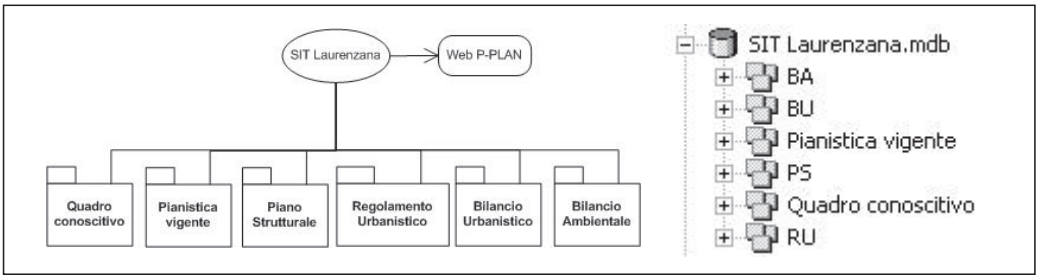


Figura 2 - Schema concettuale dei principali livelli logici del SIT per il Comune di Laurenzana e relativa visualizzazione ad albero in ArcCatalog.

2.3 Gli strumenti web: il progetto WEB P-PLAN

L'esistenza delle nuove tecnologie Web ha infine reso il Sistema Informativo Territoriale un fondamentale strumento di supporto non solo al processo decisionale in fase di redazione del Piano Strutturale Comunale, del Regolamento Urbanistico e del futuro Piano Operativo, ma anche a quello divulgativo e partecipativo.

A questo scopo è stato realizzato un progetto, cui è stato attribuito il nome WEB P-PLAN, che ha previsto la realizzazione di un webGIS affiancato da un blog (Fig. 3) ed in cui il filo conduttore è stato la condivisione delle informazioni territoriali. L'obiettivo è "fare insieme per fare meglio il territorio".

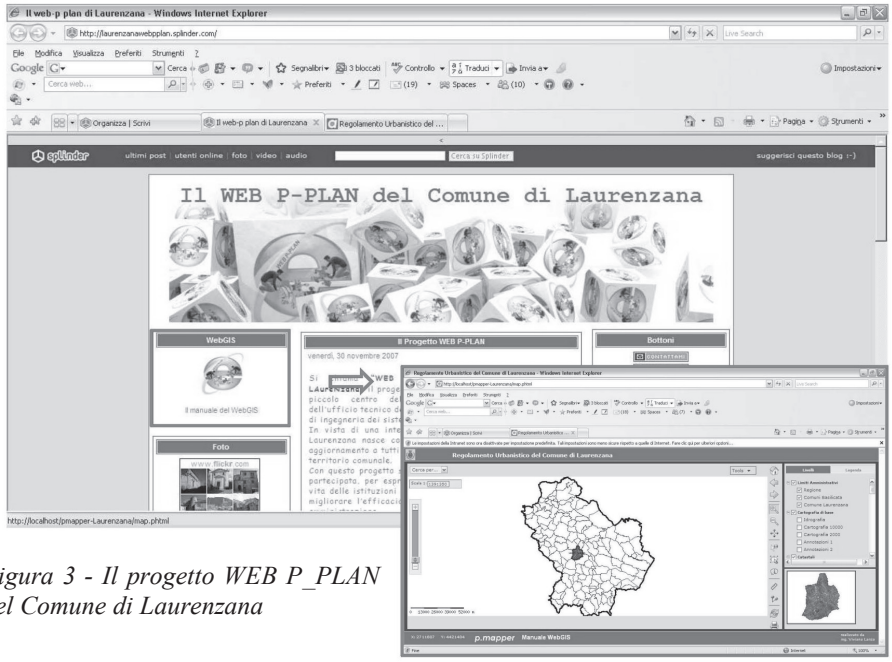


Figura 3 - Il progetto WEB P_PLAN del Comune di Laurenzana

Il nome "WEB P-PLAN (Participated Planning in Laurenzana) scelto e' stato proposto in vista di una interazione con gli utenti, con l'obiettivo di fornire informazione e aggiornamento a cittadini e tecnici sulle politiche di governo del territorio comunale. Le sue funzioni principali sono di descrizione di una data realtà, con lettura quantitativa e qualitativa del territorio, tramite l'analisi di fenomeni demografici nella loro evoluzione, la dislocazione e funzionamento dei servizi, la mappatura del sistema dell'offerta, l'evoluzione dei bisogni e della domanda; e di fornire le informazioni emergenti dalla lettura del territorio, sia al territorio stesso che all'assessorato, il tutto offrendo elementi di riflessione utili alla programmazione e progettazione, e alla valutazione degli interventi e/o dei processi messi in atto.
È un insieme di informazioni istituzionali, news, servizi, strumenti di dialogo che permette all'utente di raggiungere tutti i contenuti e i siti stessi delle realtà operanti sul territorio in pochi clic.
Per dare realmente voce alla complessa e variegata realtà della pianificazione e dell'urbanistica, è stato implementato un blog (che sarà disponibile in rete dal momento dell'adozione del piano), a disposizione di coloro che realmente operano e contano sulla diretta collaborazione dei cittadini (che comunicano grazie al contatto diretto con il gestore del blog). Il gestore, a sua volta, renderà partecipi i vari utenti aggiornandoli con contatti periodici, comunicati mirati e newsletter.
WEB P-PLAN vede, quindi, la partecipazione attiva di cittadini non solo con un dialogo attraverso i forum ma anche con le loro segnalazioni, i loro articoli. Questo importante materiale anima le pagine del blog contribuendo di fatto a costruire e nutrire l'apparato informativo.
In questo contesto l'urbanistica partecipata esprime la sua capacità di ravvicinare la vita delle istituzioni alle esigenze dei cittadini, ma anche di migliorare l'efficacia del piano e la risposta della pubblica amministrazione.
Dal blog si ha accesso al WEBGIS (Fig. 4) con il quale, utilizzando le tecnologie avanzate offerte dagli strumenti GIS, è possibile sovrapporre tutti gli elementi cartografici disponibili (mappe catastali, piano regolatore generale, cartografie tecniche e tematiche) per ottenere una rappresentazione della realtà territoriale in grado di evidenziare immediatamente e costantemente l'evoluzione del territorio e le differenze tra lo stato di fatto e lo stato di diritto.

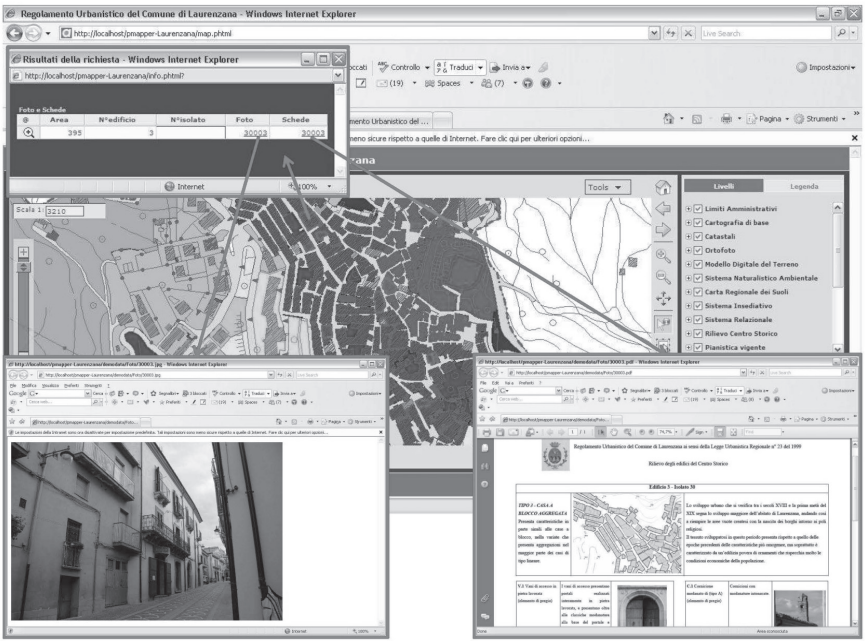


Figura 4 - Una schermata del WEBGIS.

Sfruttando le potenzialità delle applicazioni WebGIS si utilizza Internet non solo come strumento di divulgazione delle scelte di pianificazione, ma come vero e proprio strumento per la partecipazione di attori diversi.
Il vantaggio di utilizzare un sistema WebGIS sta principalmente nella gestione dell'informazione sulle reti (stato, manutenzione, lavori, modifiche del tracciato) e nell'aggiornamento in tempo reale delle stesse.
L'interazione con gli enti pubblici (quali i Comuni) si ha con:

- la trasmissione delle informazioni;
- il controllo in tempo reale dei progetti e dei tempi di esecuzione;
- la segnalazione di osservazioni;
- l'aggiornamento di dati.

In un'ottica di estensione dei servizi ai cittadini, WEB P-PLAN favorisce la trasparenza e la semplificazione nei rapporti con la pubblica amministrazione mettendo a disposizione dei cittadini, attraverso la rete internet, tutte le informazioni "non riservate" utili alla valorizzazione e alla promozione del territorio di propria competenza.

3. Conclusioni

La tecnologia dei Sistemi Informativi Territoriali (GIS) rappresenta lo strumento fondamentale e completo che costituisce la base infrastrutturale per la soluzione delle problematiche delle amministrazioni comunali. Per le pubbliche amministrazioni i Sistemi Informativi Territoriali costituiscono lo strumento multidisciplinare a supporto dei processi decisionali per l'analisi, la modelizzazione e la descrizione dei fenomeni ambientali-territoriali.
La condivisibilità e la flessibilità che il SIT così strutturato possiede hanno supportato l'attività di pianificazione in tutte le sue fasi, acquistando anche un'altra funzione importante, quella di costituire presupposto alla comunicazione ed interoperabilità fra i diversi livelli di pianificazione, coerentemente con i principi di efficacia, equità e trasparenza.
Grazie alle tecnologie GIS e di Web-mapping l'Amministrazione Comunale di Laurenzana può pubblicare su Internet gli elaborati dei piani territoriali, coinvolgendo sempre più i cittadini nelle procedure di gestione del territorio, grazie ad un sistema rivolto ad essi per coinvolgerli nei processi decisionali, ma allo stesso tempo utile ai tecnici professionisti che necessitano dei dati territoriali e ambientali per le loro attività di progettazione e di analisi.
Da un lato, la partecipazione è intesa come coinvolgimento dei cittadini nella discussione degli obiettivi e nella definizione delle scelte progettuali; dall'altro, la comunicazione occupa uno spazio previsto e progettato, sia per la comunicazione interna con gli altri enti competenti per il governo del territorio, sia per quella esterna tramite il web e l'urban blog.

Bibliografia

Intesa Stato Regioni Enti locali Sistemi Informativi Territoriali. Specifiche per la realizzazione dei database topografici di interesse generale. Il modello concettuale GeoUML Specifica formale in UML. http://www.intesagis.it.
Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007 che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (In spire). Gazzetta ufficiale dell'UE. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/it/oj/2007/l_108/l_10820070425it00010014.pdf
Il Piano Strutturale della Provincia di Potenza. Studi e Valutazioni a Integrazione degli Elaborati del Documento Preliminare. Laboratorio di Ingegneria dei Sistemi Urbani e Territoriali, Università degli Studi della Basilicata. Luglio 2006.
Regione Emilia Romagna. Modello dati di base del Piano Strutturale Comunale (PSC). Elaborato per la sperimentazione. Novembre 2005.
www.regione.emilia-romagna.it/.../progetto_strumenti_urb_comunali_digitali/modello_psc.pdf