VALUTAZIONE E CONFRONTO TRA DIFFERENTI STRATEGIE DI PRECISE POINT POSITIONING

Mattia DE AGOSTINO, Marco PIRAS

Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria per l'Ambiente, il Territorio e le Geotecnologie – DITAG
C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino
Tel. +390110907675, Fax: +390110907699
mattia.deagostino@polito.it, marco.piras@polito.it

Riassunto
La qualità e la congruenza dei prodotti GNSS per il posizionamento di precisione (effemeridi, clock, parametri di rotazione terrestre, ecc) è notevolmente aumentata, in particolare da quando si è definito un sistema di riferimento consistente, caratterizzato da misure unicamente GPS, denominato IGS05. Questo miglioramento ha portato benefici sia per il posizionamento di precisione in post-elaborazione, sia notevoli ricadute sul posizionamento Precise Point Positioning (PPP). Disponendo di prodotti di qualità più elevata è possibile raggiungere precisioni centimetriche anche in PPP. L'obiettivo di questo lavoro è definire una possibile relazione tra precisione e lunghezza della campagna di misura, considerando in particolare due differenti scenari, impiegando un ricevitore con e senza orologio atomico.
L'interesse a questo tema deriva anche dalla sempre più drammatica esigenza di intervenire in tempi rapidi in zone colpite da catastrofi naturali: in tali scenari, infatti, risulta difficoltoso poter effettuare interventi che richiedano una qualsiasi specie di georeferenziazione del dato, come ad esempio un volo di ricognizione con UAV, immagini satellitari finalizzate alla costruzione di cartografia aggiornata per l'invio di soccorsi. Il test è stato condotto prendendo in considerazione due software: Waypoint Grafnav e la procedura automatica CSRS-PPP, del Natural Resource Canada. Lo scopo del lavoro è anche quello di capire se si possono raggiungere precisioni adeguate, anche utilizzando programmi commerciali e semplici da usare. In questo lavoro si tratteranno tutte le possibili combinazioni tra ricevitori utilizzabili, prodotti IGS disponibili e lunghezza delle sessione, al fine di definire una plausibile relazione tra tutti questi fattori.

Abstract
The quality and the congruence of the GNSS products for the positioning of precision (ephemeris, clocks, parameters of terrestrial rotation, etc) are particularly increased, since a new reference system has been defined, using GPS measurements only. This system is called IGS05. This amelioration has carried benefits for the positioning of precision as post-elaboration, in particular for the precise point positioning (PPP). The positioning accuracy increases if better products are used. The purpose of this job is to define a possible relationship between precision and length of the country of measure, considering two different sceneries particularly, using a receiver with and without atomic clock. This topic is particularly interesting because more and more it needs to have a GPS permanent station where a natural disaster was happened. Nowadays the use of UAV, involved for flight of recognition is really frequently. Two different software have been involved: Waypoint Grafnav and the procedure automatic CSRS-PPP, by the Natural Resource Canada. The purpose of the job is to define the capability of these methods.

Introduzione

Nel posizionamento GPS per raggiungere precisioni centimetriche si ricorre solitamente ad un approccio con osservazioni differenziate. Nella maggior parte dei casi si lavora un posizionamento relativo, se possibile, oppure se le condizioni di lavoro lo consentono, si effettua un posizionamento RTK. A volte però, ci si trova ad operare in zone in cui non sono presenti stazioni permanenti GPS nelle vicinanze per effettuare un rilievo in *real time* e la distanza con la stazione GPS più vicina non consente di effettuare un posizionamento relativo. Una valida alternativa è il posizionamento in *Precise Point Positioning* (PPP), che utilizza osservazioni non differenziate, ma richiede la conoscenza dei modelli di bias. Con l'utilizzo dei prodotti forniti dall'IGS (effemeridi precise, clock file, EOP, etc) è possibile definire tutti questi modelli, inoltre non occorre più avere lunghe sessioni di misura, ma in alcuni casi anche poche ore sono sufficienti per ottenere una posizione con precisioni centimetriche. Questa è sicuramente una svolta nel mondo del posizionamento satellitare, in particolare in condizioni in cui la natura degli eventi (es. catastrofi naturali) richiedono brevi tempi di intervento molto rapidi (< 48 ore).

Richiami sul precise point positioning (PPP)

Il posizionamento relativo, come noto, consente di raggiungere precisioni centimetriche (o migliori), sulla stima della baseline tra due ricevitori, mediante particolari combinazioni di osservazioni differenziate. Questa operazione, permette di rimuovere o ridurre tutti gli errori comuni presenti nei due ricevitori. Nel posizionamento PPP, gli errori comuni non possono essere eliminati, ma solamente modellati: tale soluzione è affetta ad esempio dai fenomeni geofisici, come il moto delle placche tettoniche e le maree terrestri. Inoltre le osservazioni sono affette anche dagli effetti di troposfera e ionosfera.

A questi effetti/errori, legati alla natura che ci circonda, si aggiungono poi altri errori insiti nel tipo di misura effettuata, legati sia al satellite quali l'errore di orologio, la variazione del centro di fase, il ritardo di gruppo differenziale, la relatività, sia al ricevitore, come ad esempio l'errore di orologio e la variazione del centro di fase. La soluzione di PPP, essendo un metodo non differenziato, richiede quindi che i singoli contributi di errore vengano stimati (Witchayangkoon, 2000). Ipotizzando di disporre di un ricevitore doppia frequenza GPS, è possibile considerare come osservazioni, la combinazione *iono-free*, in maniera da ridurre l'effetto legato alla ionosfera.

Le relazioni sono:

$$P_{IF} = \frac{f_1^2 P_1 - f_2^2 P_2}{f_1^2 - f_2^2} = \rho + cdt + d_{trop} + dm_{IF} + \delta\varepsilon_r + cdt_s + \varepsilon(P_{IF}) \quad [1]$$

$$\Phi_{IF} = \frac{f_1^2 \Phi_1 - f_2^2 \Phi_2}{f_1^2 - f_2^2} = \rho + cdt + d_{trop} + \frac{cf_1 N_1 - cf_2 N_2}{f_1^2 - f_2^2} + \delta m_{IF} + \delta\varepsilon_r + cdt_s + \varepsilon(\Phi_{IF}) \quad [2]$$

dove:

P_i: misura di codice su L_i in metri;
Φ_i: misura di fase su L_i in metri;
ρ = distanza geometrica reale in metri;
dt = errore dell'orologio del ricevitore;
dt_s = errore dell'orologio del satellite;
$\delta\varepsilon_r$ = errore di effemeridi;
d_{trop} = ritardo troposferico in metri;
N_i = ambiguità di fase su L_i in cicli;
dm_i = effetto di multipath misurato sul codice L_i in metri;
δm_i = effetto di multipath misurato sulla fase Φ_i in metri;
$\varepsilon(.)$ = noise.

Le componenti relative all'errore di orologio del satellite e all'errore di effemeridi possono essere rimossi dall'equazioni se si usano effemeridi precise e prodotti di orologio (file .clk). Rimangono da stimare le componenti di errore di orologio del ricevitore e il ritardo troposferico.

Prodotti IGS per il Precise Point Positioning

L'International GNSS Service (IGS) produce una serie di prodotti utili sia per il posizionamento statico di precisione, sia per il precise point positioning. Effemeridi precise per tutti i satelliti disponibili, parametri di orientamento terrestre (EOP) e le correzione degli errori di orologio dei satelliti sono i principali prodotti impiegati per il PPP.

Il servizio IGS si basa su una rete globale di stazioni permanenti GNSS, in grado trasmettere e comunicare i dati ad un centro di controllo, al fine di collezionare i dati grezzi e creare i diversi prodotti.

IGS Products		Availability	Interval	Accuracy
GPS Satellites	Ephemerides			
	Predicted	Real Time	15 min	50 cm
	Rapid	1-2 days	15 min	10 cm
	Final	10-12 days	15 min	5 cm
	Clocks			
	Predicted	Real Time	15 min	150 ns.
	Rapid	1-2 days	15 min	0.5 ns.
	Final	10-12 days	15 min	0.3 ns.
IGS Station Positions	Weekly Solutions	< 4 weeks	7 days	3-5 mm
Earth Orientation	Pole			
	Rapid	1-2 days	1 day	0.2mas
	Final	10-12 days	1 day	0.1mas
	Pole Rates			
	Rapid	1-2 days	1 day	0.4 mas/day
	Final	10-12 days	1 day	0.2 mas/day
	UT1–UTC			
	Rapid	1-2 days	1 day	0.20ms
	Final	10-12 days	1 day	0.05ms
	Length of Day			
	Rapid	1-2 days	1 day	0.06ms/day
	Final	10-12 days	1 day	0.03ms/day
Tropospheric Zenith Delay		< 4 weeks	2 hours	0.4cm

Figura 1: prodotti IGS disponibili

Effemeridi e errori di orologio del satellite

Le orbite finali, intese come combinazione di effemeridi, possono essere ottenute in differenti modi. Nello specifico, le orbite IGS sono prodotte mediante una combinazione pesata delle effemeridi trasmesse dalle singole stazioni permanenti della rete IGS al centro di controllo. Mediante il confronto e la combinazione delle effemeridi di un paio di settimane, si ottengono le orbite finali con precisione centimetrica (σ = 1-5 cm) in ognuna delle coordinate. Normalmente, una soluzione "rapida" può essere ricavata utilizzando 15-20 stazioni, calcolando la soluzione alla fine della giornata. Questa soluzione è disponibile circa 20 ore dopo aver raccolto tutte le osservazioni e la precisione raggiungibile è di circa 20-50 cm.

L'IGS ha cercato di creare una consistenza tra le effemeridi e i prodotti di orologio IGS. Per quest'ultimo si tiene conto di una soluzione combinata composta da due stime. La prima è una stima pesata, considerando l'orologio stimato da un centro di analisi dei dati invece che quello del satellite senza SA. La seconda stima è effettuata correggendo l'orologio del centro di analisi, prima della combinazione, basandosi sulla differenza delle componenti radiali tra l'orbita definita dal centro di analisi e le orbite IGS combinate.

Il sistema di riferimento: una componente importante

A livello internazionale è definito un sistema di riferimento convenzionale denominato ITRF (International Terrestrial Reference Frame), che è determinato ed aggiornato, mediante l'impiego di osservazioni di differente natura, originate da tecniche spazio-geodetiche quali VLBI, LLR e SLR. Oltre a queste, sono state aggiunte dalla nascita del sistema IRTF ad oggi, l'utilizzo di misure GPS e di Doppler derivanti dal satellite DORIS. Il sistema è periodicamente ridefinito, garantendo la continuità tra i differenti frame, mediante set di parametri di trasformazione e di velocità (14 parametri). Dal 2000, all'ITRF, si è affiancato il sistema IGbYY, poi IGSYY. Questo sistema di riferimento utilizza solamente le osservazioni GNSS delle stazioni permanente della rete IGS. In questo modo, si ottiene un sistema più consistente rispetto all'ITRF, in cui le osservazioni utilizzate sono pesate diversamente in base alla loro natura. Il sistema IGS (oggi IGS05) è ormai di fatto lo standard usato per inquadrare i prodotti forniti dall'IGS, inoltre la maggior parte delle stazioni permanenti GNSS stanno iniziando a migrare verso questo sistema di riferimento, abbandonando di fatto l'ITRF. Esistono differenti procedure per il passaggio tra i due sistemi di riferimento, in particolare la procedura più rigorosa risulta quella proposta da Boucher-Altamimi (2000). La definizione corretta del sistema di riferimento è molto importante, in particolare in ambito nazionale, dove la realizzazione del sistema nazionale è l'ETRF89 (Betti et al., 2007).

Descrizione dei test effettuati

Questo lavoro ha una duplice finalità: analizzare le potenzialità del posizionamento PPP e individuare la strategia migliore da usare in condizioni di emergenza.
I fattori coinvolti in questa analisi sono:
- tipo di ricevitore (geodetico);
- tipo di orologio usato dal ricevitore (atomico, interno);
- effemeridi usate (precise / rapide)
- lunghezza delle osservazioni (1, 2, 3, 6, 12 e 24 h);
- altri prodotti IGS disponibili (ad esempio file .clk, riguardanti gli errori degli orologi dei satellite).

Le osservazioni GNSS analizzate sono relative alla stazione permanente "VERC" sita presso la II Facoltà del Politecnico di Torino a Vercelli. Il ricevitore è un Topcon Odissey, allestito con frequenza esterna al rubidio. Di tale stazione sono disponibili le coordinate in IGS05, calcolate semestralmente utilizzando la rete test piemontese di stazioni permanenti, gestita dal Politecnico di Torino. Della stazione VERC si dispongono sia dati con orologio atomico sia senza orologio atomico (rilevati prima della sua istallazione). Nella tabella che segue è riportato lo schema riassuntivo delle prove effettuate.

Tipo di misura	Prodotti Usati	Lungh. Sessioni	Data
Doppia Freq. – con AC	*IGS - SP3 e Clk (precise)*	*1,2, 3, 6, 12, 24 h*	*07/05/2008*
Doppia Freq. – senza AC	*IGS - SP3 e Clk (precise)*	*1,2, 3, 6, 12, 24 h*	*20/05/2007*
Doppia Freq. – con AC	*IGS - SP3 e Clk (rapide)*	*1,2, 3, 6, 12, 24 h*	*07/05/2008*
Doppia Freq. – senza AC	*IGS - SP3 e Clk (rapide)*	*1,2, 3, 6, 12, 24 h*	*20/05/2007*
Doppia Freq. – con AC	*Procedura CSRS*	*1,2, 3, 6, 12 h*	*07/05/2008*
Doppia Freq. – senza AC	*Procedura CSRS*	*1,2, 3, 6, 12 h*	*20/05/2007*

Tabella 2: schema prove eseguite

I dati sono stati elaborati seguendo due procedure diverse: la prima ha previsto l'utilizzo del software commerciale Waypoint Grafnav v8.10, che utilizza un approccio non differenziato e combinato. La seconda elaborazione, invece, è stata svolta considerando un servizio on-line di

trattamento dati della Natural Research Canada, chiamato CSNR-PPP. Grazie ai tempi brevi di analisi e invio dei risultati, i servizi on line stanno sempre più divenendo una realtà operativa. Gli stessi dati e le stesse sessioni, sono state trattate in entrambe le procedure e i risultati sono stati poi comparati.

Risultati

I risultati ottenuti, in merito a tutte le prove fatte e alle combinazioni svolte, sono molte, quindi di seguito verranno riportate solamente i report delle analisi più significative, dove le righe R sono quelle relative alle soluzioni ottenute con prodotti *rapidi*, mentre P quelle con prodotti *precisi*.

1) test doppia frequenza con orologio atomico

- Analisi con Waypoint Grafnav

L'analisi è stata svolta, confrontando la soluzione PPP con la soluzione statica, definita tenendo conto della variazione del DATUM. Il confronto può essere sinteticamente descritto dalle seguenti tabelle, riguardanti le differenze tra le coordinate registrate e il relativo valore di scarto quadratico medio.

	1ora			3 ore			6 ore			12 ore		
	ΔE [m]	ΔN [m]	Δh [m]	ΔE [m]	ΔN [m]	Δh [m]	ΔE [m]	ΔN [m]	Δh [m]	ΔE [m]	ΔN [m]	Δh [m]
R	-0.023	0.018	-0.053	-0.004	0.001	-0.032	-0.005	0.003	-0.008	-0.039	0.003	-0.010
P	-0.063	-0.008	0.008	-0.022	-0.003	-0.026	-0.016	-0.009	-0.020	-0.029	-0.013	-0.025
	1ora			3 ore			6 ore			12 ore		
	σE [m]	σN [m]	σh [m]	σE [m]	σN [m]	σh [m]	σE [m]	σN [m]	σh [m]	σE [m]	σN [m]	σh [m]
R	0.072	0.032	0.054	0.019	0.010	0.022	0.014	0.008	0.014	0.171	0.104	0.189
P	0.016	0.004	0.009	0.016	0.001	0.004	0.006	0.001	0.007	0.003	0.001	0.004

Tabella 3: Risultati prove PPP - con orologio atomico

- Analisi con CSRS-PPP, del Natural Resource Canada

Questo servizio on line è attivo dal 2003. Iscrivendosi gratuitamente, è possibile accedere ad una serie di servizi tra cui quello del PPP. L'utilizzo è molto semplice. Si inseriscono i dati in formato RINEX, il tipo di antenna ed inizia l'elaborazione. Dopo pochi minuti i report dell'elaborazione sono disponibili. I risultati ottenuti della nostra prova sono riportati di seguito.

1ora			3 ore			6 ore			12 ore		
ΔE [m]	***ΔN [m]***	***Δh [m]***	***ΔE [m]***	***ΔN [m]***	***Δh [m]***	***ΔE [m]***	***ΔN [m]***	***Δh [m]***	***ΔE [m]***	***ΔN [m]***	***Δh [m]***
0.041	0.004	-0.059	0.019	0.031	0.021	0.021	0.022	0.006	0.029	0.021	0.017
σE [m]	***σN [m]***	***σh [m]***	***σE [m]***	***σN [m]***	***σh [m]***	***σE [m]***	***σN [m]***	***σh [m]***	***σE [m]***	***σN [m]***	***σh [m]***
0.028	0.011	0.026	0.009	0.004	0.005	0.004	0.001	0.006	0.002	0.001	0.004

Tabella 4: Risultati prove PPP – procedura CSRS

I risultati ottenuti con la procedura CSRS sono abbastanza in linea con quelli ottenuti con Grafnav, in particolar modo con quelli definiti con i prodotti precisi.

2) test doppia frequenza senza orologio atomico

- Analisi con Waypoint Grafnav

Come nel caso precedente, anche per questo set di dati sono state aggiornate le coordinate, in maniera da poter esser confrontate con l'ultimo ricalcalo a disposizione.

	1ora			3 ore			6 ore			12 ore		
	ΔE [m]	ΔN [m]	Δh [m]	ΔE [m]	ΔN [m]	Δh [m]	ΔE [m]	ΔN [m]	Δh [m]	ΔE [m]	ΔN [m]	Δh [m]
R	-0.142	-0.023	-0.128	-0.055	-0.015	0.014	-0.020	-0.015	-0.009	0.017	-0.031	-0.093
P	-0.067	-0.009	-0.073	-0.020	-0.012	0.016	-0.018	-0.010	-0.006	-0.010	-0.006	-0.041
	1ora			3 ore			6 ore			12 ore		
	σE [m]	σN [m]	σh [m]	σE [m]	σN [m]	σh [m]	σE [m]	σN [m]	σh [m]	σE [m]	σN [m]	σh [m]
R	0.138	0.096	0.136	0.163	0.098	0.163	0.073	0.054	0.088	0.256	0.307	0.449
P	0.012	0.010	0.013	0.007	0.003	0.012	0.005	0.002	0.013	0.006	0.002	0.015

Tabella 5: Risultati prove PPP – procedura CSRS

- *Analisi con CSRS-PPP, del Natural Resource Canada*

Con la stessa procedura descritta prima, è stata trattata la seconda serie di dati a disposizione.

1ora			3 ore			12 ore		
ΔE [m]	***ΔN [m]***	***Δh [m]***	***ΔE [m]***	***ΔN [m]***	***Δh [m]***	***ΔE [m]***	***ΔN [m]***	***Δh [m]***
-0.115	0.010	-0.035	0.007	-0.006	-0.041	-0.001	-0.010	0.010
σE [m]	***σN [m]***	***σh [m]***	***σE [m]***	***σN [m]***	***σh [m]***	***σE [m]***	***σN [m]***	***σh [m]***
0.042	0.021	0.050	0.012	0.005	0.017	0.003	0.001	0.005

Tabella 6: Risultati prove PPP – procedura CSRS

In questo caso la soluzione CSRS si assesta, nei brevi periodi, a metà tra quella definita con prodotti precisi e quella ottenuta con prodotti rapidi. Solo nei lunghi periodi la soluzione risulta simile a quella precisa.

Conclusioni

L'utilizzo dei prodotti rapidi consente di ottenere precisioni centimetriche, anche con poche ore di dati (3-6 ore). Entrambe le procedure sono abbastanza semplici da utilizzare, anche se sicuramente la procedura CSRS risulta maggiormente immediata e rapida. Si evidenzia, come noto, una maggiore precisione nelle componenti planimetriche rispetto all'altimetria. Queste caratteristiche rendono il PPP molto utile in processi in cui è richiesta una soluzione rapida della posizione, come ad esempio in casi di eventi naturali. Il posizionamento PPP può essere sfruttato come base per definire le coordinate di una stazione semi-permanente, al fine di utilizzare sul terreno un posizionamento RTK oppure per la l'utilizzo di flotte UAV per operazione di ricognizione o rilievo fotogrammetrico. L'impiego di brevi sessioni è anche dovuta alla limitata presenza di *cycle slips* all'interno dei dati. L'impiego di un orologio atomico è sicuramente vantaggioso sia associato a prodotti precisi ma in particolar modo anche a prodotti *rapidi*. Si detona un sostanziale decremento della precisione delle soluzioni *rapide* quando si utilizzano lunghe sessioni di dati (> 12 ore). Questo fenomeno potrebbe essere legato sia alla modellizzazione dell'orologio del ricevitore sia ad un fenomeno di sovra-correzione della ionosfera, ma il tutto è ancora in fase di analisi e studio.

Bibliografia

Witchayangkoon B. (2000), Elements of GPS precise point positioning, Ph.D Thesis, The University of Maine.

Natural Resources Canada (2004), On-line Precise Point Positioning: 'How to Use' Document.

Betti B., Biagi L., Passoni D., Tornatore V., Cina A. Pesenti M., Piras M., Barrile V., Meduri G. (2007), "Interoperabilità e integrazione tra reti NRTK interagenti e inserimento nei sistemi geodetici e cartografici ufficiali", ASITA 2007, Torino, Proceeding.

IL NUOVO CODICE GPS L2C: ANALISI DI QUALITÀ DEL SEGNALE E DEL POSIZIONAMENTO

Mattia DE AGOSTINO, Ambrogio M. MANZINO, Marco PIRAS, Chiara PORPORATO

(*) Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie
Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino (Italy), tel. 011-0907675, fax. 011-0907699
(mattia.deagostino, ambrogio.manzino, marco.piras, chiara,porporato)@polito.it

Riassunto
Il lavoro prende le mosse dall'intenzione di valutare quale sia l'attuale situazione dell'ammodernamento GPS, ed in particolare del nuovo codice L2C e quali vantaggi si possano ottenere dall'introduzione di quest'ultimo segnale. A tal fine, è stata compiuta un'analisi sui sei satelliti del Blocco IIR-M che ad oggi già trasmettono il nuovo codice civile in aggiunta al codice P2(Y), focalizzando l'attenzione sulla qualità del segnale trasmesso e sulla variazione di precisione nel posizionamento ad una via.

Abstract
The paper make an analysis of the status of GPS modernisation, and in particular of the new civil code L2C and of what advantages the introduction of this code could provide. To this purpose, an analysis of the six satellites of Block IIR-M that today already transmit the L2C code in addition to code P2(Y) was carried out, paying particular attention on the quality of transmitted signal and on the variation of one-way position accuracy.

Introduzione: la modernizzazione della costellazione GPS

Negli ultimi anni, gli Stati Uniti hanno avviato un programma di ammodernamento della costellazione satellitare GPS, descritto all'interno di (IS-GPS-200, 2004), con l'obiettivo principale di fornire un miglioramento del servizio di posizionamento per l'utenza civile. Questo programma di ammodernamento prevede, nella sua fase iniziale, il lancio di due nuovi blocchi di satelliti GPS: il blocco IIR-M ed il blocco IIF, aventi l'obiettivo di sostituire in maniera graduale i blocchi ora in orbita. A questi satelliti farà seguito, in una seconda fase, un nuovo blocco di satelliti, denominato blocco III, a completare la procedura di modernizzazione della costellazione satellitare americana. Le principali novità introdotte da questa modernizzazione possono essere sintetizzate in quattro punti principali:

- **Codice civile L2C** (blocco IIR-M): si tratta di un nuovo codice, centrato sulla frequenza L2, caratterizzato da una lunghezza del chip dieci volte maggiore rispetto a quella del codice C/A (1.023 μs), e da una minore rumorosità.
- **Messaggio navigazionale CNAV** (blocco IIF): ovvero, un messaggio navigazionale molto più leggero del precedente, ma in grado di trasmettere molte più informazioni, come ad esempio i *bias* tra i diversi codici C/A, P1, P2, L2C.
- **Terza frequenza L5** (blocco IIF): nelle previsioni, dovrebbe trattarsi di una frequenza dedicata esclusivamente a scopi civili, contenente un codice civile dieci volte più lungo del codice C/A. Inoltre, grazie alla presenza di una portante di fase ammodernata rispetto a quelle attuali, si prevede un incremento della potenza del segnale.
- **Codice civile L1C** (blocco III): secondo le previsioni, si tratterà di un nuovo codice civile (il quarto!) che andrà ad integrare, e non sostituire, il già esistente codice C/A.

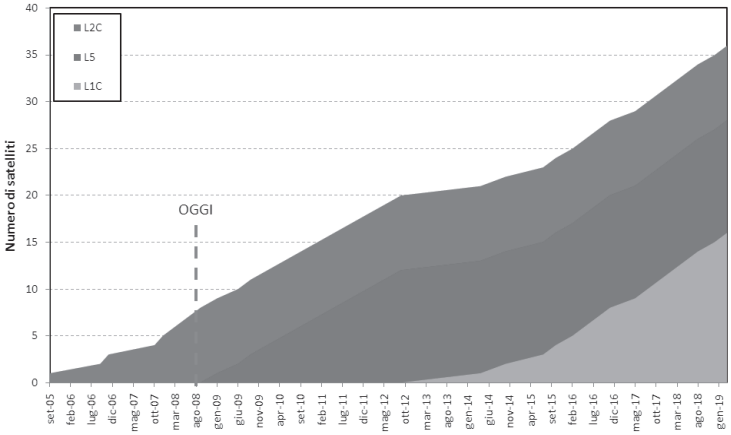


Figura 1 – Previsione sulla disponibilità dei nuovi codici nei prossimi anni

Come risulta dalla Figura 1, allo stato attuale risultano in orbita sei satelliti, facenti parte del "Block IIR-M", in grado di trasmettere il nuovo codice civile L2C. I dettagli relativi a questi satelliti e alle date di lancio e di inizio attività sono riportate nella Tabella seguente (Fonte: United States Naval Observatory (USNO) – dati aggiornati all'11 luglio 2008).

PRN (SVN)	Lanciato il:	Operativo dal:
17 (53)	26 settembre 2005	16 dicembre 2005
31 (52)	25 settembre 2006	12 ottobre 2006
12 (58)	17 novembre 2006	13 dicembre 2006
15 (55)	17 ottobre 2007	31 ottobre 2007
29 (57)	21 dicembre 2007	02 gennaio 2008
7 (48)	15 marzo 2008	24 marzo 2008

Figura 2 – Satelliti del Blocco IIR-M in orbita

La comparsa nell'ultimo biennio di questo nuovo codice ha ovviamente messo in moto l'interesse del mondo scientifico e commerciale che orbita intorno al posizionamento satellitare, e dunque le maggiori case produttrici di ricevitori si sono attrezzate per rendere disponibile ai loro utenti le informazioni di questo codice. Ad oggi, le maggiori case produttrici sono già in grado di riconoscere e salvare nei loro formati proprietari le osservazioni L2C. Inoltre, lo sviluppo di questi ricevitori è stato accompagnato "passo a passo" da alcune importanti comunità scientifiche internazionali, che hanno intrapreso studi relativi all'analisi di qualità del nuovo codice civile disponibile sulla seconda frequenza. Tra questi, vengono qui ricordati gli studi condotti da (Sükeová et al., 2007), da (Simsky et al., 2006) e da (Al-Fanek et al., 2007), che hanno analizzato la qualità del segnale registrato da ricevitori Trimble, Septentrio e NovAtel.
Il grande interesse per questo nuovo codice civile non è solo motivato dall'essere comparso prima rispetto agli altri segnali, ma anche dal fatto che, come viene evidenziato all'interno dello studio preliminare condotto da (Fontana et al., 2001), il codice L2C presenta alcune caratteristiche, legate soprattutto alla maggior velocità ed accuratezza nel riconoscimento del codice, alla flessibilità di impiego, al minor impiego di potenza, che ne faranno, secondo le previsioni, il codice GPS più utilizzato.

Le analisi che seguono hanno lo scopo di verificare le caratteristiche geometriche, di rumorosità, di tracciabilità e di precisione nel posizionamento del codice L2C, tramite lo studio del segnale

acquisito dalla stazione permanente di TOR1 (ricevitore Topcon NET-G3) della rete EUREF e dalla stazione permanente appartenente alla rete test IGS di GANP in Ganovce (Slovak Hydrometeorological Institute), Slovacchia (ricevitore Trimble NetR5).

Analisi del rapporto segnale-rumore (SNR)

Il rapporto segnale rumore (SNR – Signal-to-Noise Ratio) è un indicatore della qualità del segnale trasmesso su ciascuna frequenza da ciascun satellite, e può quindi essere impiegato per valutare l'eventuale miglioramento del segnale sulla banda L2 dovuto all'introduzione del codice L2C. Nelle figure seguenti si riporta il confronto dell'andamento del SNR (di seguito chiamato anche C/N_0) sulle bande L1 ed L2 calcolati utilizzando i dati provenienti dalla stazione di TOR1 relativi alla data del 26 giugno 2008. In particolare di seguito si riportano, a titolo di esempio, due grafici relativi al confronto di tale rapporto sulle due frequenze, per un satellite del blocco IIR-M (il PRN07) in grado di trasmettere il nuovo codice civile sulla banda L2 e per un satellite del vecchio blocco (PRN14) in cui viene trasmesso il codice P(Y).

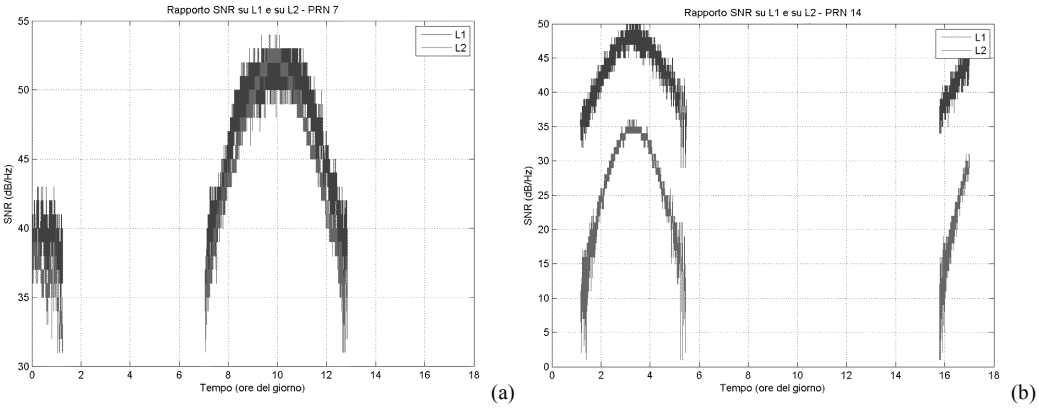


Figura 3 - Rapporto SNR sulle due frequenze per il satellite PRN07 (a) e PRN14 (b)

L'analisi dei grafici riportati evidenzia un sensibile incremento del rapporto SNR per i satelliti del Blocco IIR-M dotati del nuovo codice L2C, quantificabile all'incirca in 4-6 dB/Hz alla massima elevazione del satellite, e di oltre 10-12 dB/Hz per basse elevazioni. Come è possibile notare dal confronto diretto tra le due frequenze, il rapporto SNR sulla banda L2 dei nuovi satelliti risulta essere paragonabile con i valori nella banda L1 (circa 50-55 dB/Hz allo zenith).

Analisi del *multipath* del segnale

Il *multipath* di codice può essere calcolato mediante una combinazione lineare dello *pseudorange* di codice e delle due frequenze, come mostrato di seguito:

$$\begin{aligned} MP_1 &= P_1 - 4.0915 \cdot \Phi_1 + 3.0915 \cdot \Phi_2 \\ MP_2 &= P_2 - 5.0915 \cdot \Phi_1 + 4.0915 \cdot \Phi_2 \end{aligned} \qquad [1]$$

Dove MP_1 ed MP_2 sono i due *multipath* per le due frequenze L1 ed L2, mentre P_i e Φ_i sono le osservabili di *pseudorange* e di fase misurate per la L1 (i = 1) e per la L2 (i = 2). La variabile MP, oltre al *multipath* vero e proprio, contiene anche il rumore di codice e di fase. Un'analisi più approfondita dell'equazione [1] evidenzia la dipendenza del *multipath* (o, meglio, della sua rumorosità) dall'elevazione del satellite (all'interno delle osservabili di codice e di fase). Al fine di produrre un'analisi della variabile meno sensibile al rumore per basse elevazioni, si è introdotto un operatore di media mobile dei dati, adottando una finestra temporale di 15 minuti (900 secondi), ed ottenendo il

grafico riportato nella figura seguente, in cui vengono riportati i valori di *multipath* + *noise* calcolati utilizzando rispettivamente i codici C/A, L2C ed il codice P(Y) sulla seconda frequenza, e relativi ai dati della stazione TOR1 della giornata dell'8 aprile 2008 per il satellite PRN15.

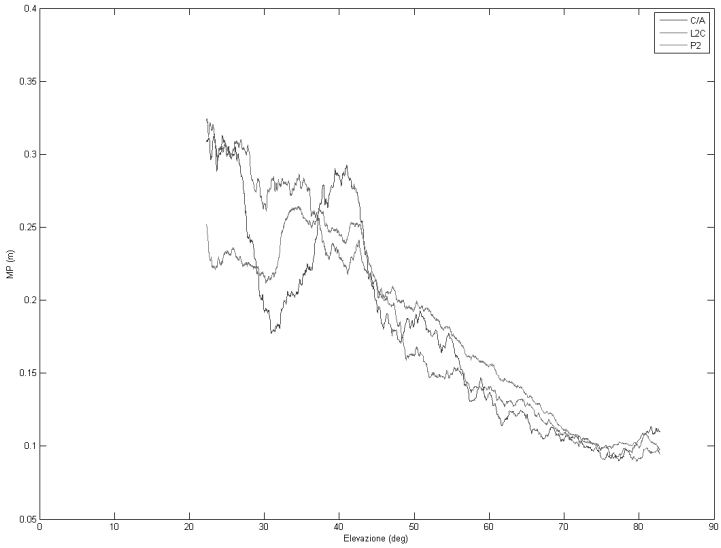


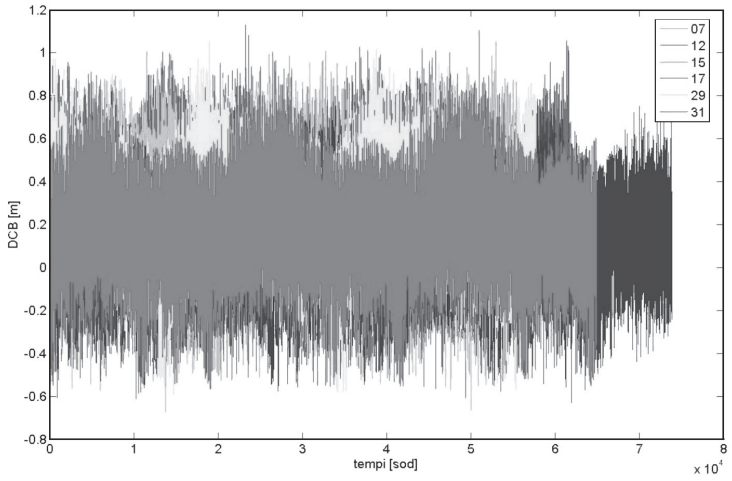
Figura 4 –Multipath (media mobile con una finestra di 15 minuti) rappresentato in funzione dell'elevazione e calcolato impiegando i codici C/A, L2C e P2(Y)

Come si può vedere dalla figura riportata, il valore di *multipath* relativo al codice L2C (in verde) presenta un decadimento costante verso il basso in funzione dell'elevazione, passando da valori superiori rispetto a quelli calcolabili con i due codici "tradizionali" (C/A e P2) a valori inferiori in corrispondenza della massima elevazione del satellite (a circa 84°).

***Bias* di codice L2C – P2(Y)**

Come mostrato da diversi Autori, ed in particolare da (Simsky et al., 2006), lo pseudorange modulato con la L2C risulta avere una lunghezza differente rispetto allo pseudorange ottenibile con la P2(Y). Questo "ritardo di gruppo" comprende sia una parte dipendente dal satellite sia una parte relativa al ricevitore stesso che acquisisce il segnale. Variazioni, sebbene poco rilevanti, possono sussistere anche tra ricevitori della stessa marca, come mostrato da tutti e tre gli Autori mediante l'impiego di un'unica antenna "splittata" su due ricevitori dello stesso modello. Si tenga inoltre presente che questi *bias* (quelli dipendenti dai satelliti) verranno in futuro trasmessi direttamente all'interno delle nuove effemeridi CNAV, in linea con il programma di modernizzazione della costellazione GPS.
Per quanto concerne il codice L2C, il *Differential Code Bias* rappresenta la differenza, pesata in funzione dell'elevazione, tra il valore di *pseudorange* definito con L2C e quello determinato usando il P2(Y).

Per l'analisi di tali biasessi sono presi in considerazione 72 ore di dati relativi alla stazione TOR1, dal 7/04/2008 al 9/04/2008. I satelliti analizzati sono quelli del Blocco IIR-M, dove è possibile disporre del codice L2C, vale a dire PRN7, PRN12, PRN15, PRN17, PRN29, PRN31.
Sono stati esclusi i satelliti relativamente bassi ($\alpha < 5°$), per evitare che il rumore della troposfera potesse influenzare la stima del DCB. Inoltre, sono stati rimossi i valori di DCB superiori a 1.5 metri, considerando questo valore come soglia ragionevole per filtrare eventuale rumore o outliers. Il risultato che si ottiene per i sei satelliti porta a valori di alcuni decimetri ed a una discreta significatività:



Satellite (PRN)	DCB (m)	RMS (m)
07	0.239	0.165
12	0.434	0.186
15	0.402	0.178
17	0.274	0.162
29	0.416	0.182
31	0.343	0.182

Figura 5 - Andamento e valori del DCB (ritardo del satellite e del ricevitore) per ogni satellite

Posizionamento "ad una via"

Per posizionamento "ad una via" o "posizionamento puntuale di precisione" (PPP), si intende il posizionamento assoluto eseguito senza tecniche differenziali, con l'uso dei dati grezzi di un solo ricevitore (codici, fasi ed eventualmente misure Doppler).

Se si scrivono le equazione di codice e di fase relative ad un ricevitore *r* ed ad un singolo satellite *s*, espresse in unità metriche ed in forma matriciale si ottiene:

$$\begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \Phi_1 \\ \Phi_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & \alpha & 0 & 0 \\ 1 & -1 & \lambda_1 & 0 \\ 1 & -\alpha & 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \rho + Tr + c(dt - dT) \\ I \\ N_1 \\ N_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_{P1} + e_1 \\ m_{P2} + e_2 \\ m_{\Phi 1} + e_3 \\ m_{\Phi 2} + e_4 \end{pmatrix} \qquad [2]$$

Dove il termine ρ indica la distanza ricevitore-satellite, *dt* e *dT* sono gli errori di orologio del satellite e del ricevitore, *Tr* rappresenta il ritardo troposferico, comune a codici e fasi, *I* quello ionosferico, *N* indica il valore dell'ambiguità iniziale, m_P ed m_Φ gli errori di *multipath* di codice e di fase, ε_P ed ε_Φ gli errori accidentali, ed α è il rapporto al quadrato delle due frequenze.

Osservando il sistema così scritto, si nota che vengono isolate delle quantità (le ambiguità di fase N_i) che, in assenza di salti di fase, sono ad ogni epoca costanti. Pertanto, è possibile effettuare il calcolo del vettore degli stati, ad esempio introducendo il sistema all'interno di un filtro di Kalman, in maniera da ottenere un valore filtrato che converge più o meno rapidamente ad un valore costante (non necessariamente ad un numero intero), corrispondente al valore di ambiguità fissata.

Il posizionamento "ad una via" descritto è stato impiegato per stimare il valore dell'ambiguità di fase sia sulla frequenza L1 che sulla frequenza L2, in maniera da valutare l'eventuale effetto che il nuovo codice L2C presenta in termini di velocità di fissaggio dell'ambiguità.

In questo caso, i dati grezzi impiegati sono quelli della stazione GANP della rete test L2C dell'IGS, con campionamento a 30 secondi, relativi alla giornata del 6 gennaio 2008. In particolare, i risultati sono relativi al posizionamento con il satellite 29, che presentava la finestra di osservazione più lunga).

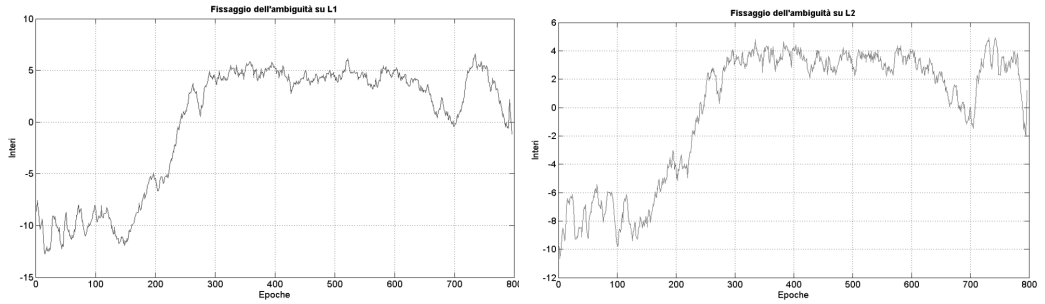


Figura 6 - Ambiguità filtrata (variazione rispetto alla media) su L1 (sinistra) e su L2 (destra)

L'andamento del valore dell'ambiguità riportato nei grafici precedenti mostra un comportamento molto simile nelle due frequenze per quanto concerne il fissaggio dell'ambiguità: dopo circa 300 epoche, infatti, si arriva ad una stabilizzazione del valore finale. Tale risultato è particolarmente interessante, se si pensa alla minore precisione che attualmente ha il codice P(Y) sulla banda L2 per la maggior parte dei satelliti.
Un'analisi più approfondita dei valori ottenuti mostra, inoltre, una rumorosità dei valori sulla L2 (ovvero un'oscillazione rispetto al valore medio) addirittura inferiore rispetto a quella presente sull'L1.

Conclusioni

Le analisi effettuate avevano la finalità di verificare la qualità del codice L2C, attraverso lo studio diretto del segnale ricevuto dai nuovi ricevitori. Particolare attenzione è stata posta alle caratteristiche geometriche, di rumorosità, di tracciabilità e di posizionamento del nuovo codice, in rapporto con il codice P2(Y) già esistente sulla seconda frequenza e con il codice civile C/A presente sulla prima frequenza. L'analisi del rapporto SNR evidenzia una riduzione della rumorosità del segnale, quantificabile all'incirca in 4-6 dB/Hz alla massima elevazione del satellite, e di oltre 10-12 dB/Hz per basse elevazioni, portando tale rapporto, di fatto, a valori confrontabili con quelli del codice C/A (circa 50 dB/Hz allo zenith). Le successive analisi condotte sul *multipath* e sul posizionamento ad una via confermano tale osservazione. Inoltre, lo studio dei *bias* tra i due codici e dell'andamento dell'ambiguità di fase sulle due frequenze hanno consentito di evidenziare la riduzione di variabilità rispetto al valore medio dell'ambiguità di fase anche di due o tre cicli, soprattutto durante le epoche iniziali del posizionamento.
Tutte le osservazioni di cui sopra rappresentano un incoraggiante preludio alla qualità del posizionamento geometrico da effettuarsi utilizzando il codice L2C, non appena vi sarà la presenza del numero necessario di satelliti in una finestra temporale sufficientemente lunga.

Bibliografia

Al-Fanek O., Skone S., Lachapelle G., Fenton P. (2007), "Evaluation of L2C Observations and Limitations", *Atti ION GNSS 2007*, Fort Worth (TX), 25-28 Settembre 2007.
Fontana R. D., Cheung W., Novak P. M. e Stansell T. A. (2001), "The New L2 Civil Signal", *Atti ION GNSS 2001*, Salt Lake City, Utah, 11-14 Settembre 2001.
IS-GPS-200 (2004), *Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces*, a cura del Navstar GPS Joint Program Office, Revision D, 7 Dicembre 2004.
Simsky A., Sleewaegen J.M., Nemry P., Van Hees J. (2006), *"Signal performance and measurement noise assessment of the first L2C signal-in-space"*, *Atti dell' ENC 2006*, Manchester, UK, 7-10 Maggio 2006.
Sükeová L., Santos M.C., Langley R.B., Leandro R. F. (2007), *A preliminary report on L2C Data Collection and Analysis using Trimble R7 GPS Receiver*, 20 Gennaio 2007.

ESTRAZIONE DI DSM DA IMMAGINI DEL SATELLITE EROS B ACQUISITE IN STEREOSCOPIA: STUDIO PRELIMINARE NELL'AREA DI BENEVENTO

Stefano DE CORSO, Daniele MAGRÌ

IPT - Informatica per il Territorio, Via Sallustiana, 23 - 00187 Roma - Italia
www.iptsat.com. Email: s.decorso@iptsat.com

Riassunto
Nel presente lavoro vengono illustrati i risultati di una prova preliminare di estrazione automatica del Digital Surface Model (DSM) fatta su una coppia stereoscopica di immagini satellitari Eros B. La prova è stata effettuata su immagini Eros B relative ad un'area periferica della città di Benevento. L'estrazione del DSM è stata fatta mediante il software commerciale PCI Geomatica 10.1.2 dotato del modello orbitale del satellite Eros B. I dati utilizzati per le operazioni di acquisizione dei punti e per la validazione del DSM sono stati ottenuti da cartografia CTR in scala 1:5000. È stato prodotto un DSM con passo griglia 1,4 metri che mostra valori di precisione sulle altezze valutabili intorno ai 2 metri.
Parole chiave: estrazione di DSM e DEM, stereocoppia, Eros B

Keywords: *Dsm extraction, Dem extraction, stereopair, Eros B, Orbital Model.*

Abstract
In this paper the results of a preliminary test of Digital Surface Model (DSM) automatic extraction DSM made on a pair of stereo images satellite Eros B was discussed. The test was carried out on images Eros B for a peripheral area of Benevento. The extraction of DSM was made using a commercial software PCI Geomatics 10.1.2 equipped with a model orbital of the Eros B satellite. The data used for the operations of the acquisition and validation of DSM were obtained by mapping CTR 1:5.000 scale. A DSM with step grid 1.4 metres showing values of accuracy on heights estimated at around 2 metres has been produced.
Keywords: *DSM and DEM extraction, stereopair, Eros B*

Introduzione

Nel recente passato è aumentato il numero di satelliti in grado di acquisire immagini ad altissima risoluzione. La possibilità di acquisire immagini ad alta risoluzione in stereoscopia permette di produrre un Digital Surface Model (DSM) di dettaglio da utilizzare per scopi cartografici. Esistono diversi lavori di bibliografia che dimostrano che è possibile utilizzare immagini satellitari ad alta risoluzione (Spot 5, Ikonos, Aster,…) per la realizzazione di DSM (Ager 2003), *(Crespi et alii 2006), (Baiocchi et alii2004-2005), (Lo Brutto M., Pennacchio D. 2006)*.
La prova preliminare ha lo scopo di testare le potenzialità del satellite Eros B per eventuali produzioni di DSM da stereocoppia. Le caratteristiche del sensore del satellite Eros B e le caratteristiche di risoluzione spaziale delle immagini del suddetto satellite permettono di ipotizzare un possibile utilizzo di queste immagini per la produzione di DSM di dettaglio per scopi cartografici.

Immagini satellitari Eros B

Le immagini acquisite dal satellite Eros B sono immagini pancromatiche ad alta risoluzione spaziale (Fig.2), il GSD (*Ground Sampling Distance*) è di 0,7 m e la larghezza di ripresa è di 7 km al nadir. Il sensore rileva immagini con risoluzione radiometrica a 10 bit all'interno di un intervallo spettrale di 0,5 - 0,9 micron. Il tipo di sensore utilizzato è un PIC-2 (*Panchromatic Imaging Camera*-2), strumento di acquisizione immagini con tecnologia CCD in combinazione con uno schema TDI (*Time Delay Integration*) nel suo piano focale.

Il CCD *pushbroom* rileva 10.000 pixel per linea e un totale di 96 linee per il supporto di osservazione TDI (2 file di CCD in linea).

Area di studio

Il test è stato eseguito su un'area situata nei comuni di Benevento, San Nicola Manfredi e San Giorgio del Sannio. Si tratta di una zona prevalentemente pianeggiante di circa 50 km^2, con un dislivello di circa 20 metri. La zona è caratterizzata da una prevalenza di terreno agricolo (circa il 90%) con un 10 % di territorio occupato da aree urbanizzate, mentre le aree a vegetazione naturale risultano assai ridotte o del tutto assenti.

Metodologia di estrazione del DSM

La metodologia di estrazione del DSM prevede l'utilizzo del modulo *Orthoengine* del Software PCI Geomatica 10.1.2. La procedura è stata eseguita in diverse fasi:

- registrazione delle immagini e generazione del modello dell'orbita;
- orientamento dell'immagine mediante utilizzo di *Ground Control Point* (GCP);
- attribuzione dei punti omologhi o *Tie Point* (TP);
- generazione delle immagini epipolari ed estrazione del DSM;
- correzione e validazione.

Registrazione delle immagini e generazione del modello dell'orbita

Le immagini vengono registrate in formato proprietario di PCI Geomatica all'interno di un file di progetto del modulo *Orthoengine*. Le immagini hanno le seguenti caratteristiche:

- E2043152 - *Ground Sampling Distance* (GSD) = 0,72 m; acquisizione 3:02:2007 13:07:13; *mean point angle* = 21°; *width* = 10.147; *height* = 8.018;
- E2043154 - *Ground Sampling Distance* (GSD) = 0,71 m; d acquisizione 3:02:2007 13:08:02; *mean point angle* = 20,6°; *width* = 10.147; *height* = 7.825.

Durante la registrazione, per ciascuna viene generato il modello orbitale mediante lettura dei parametri di acquisizione e applicazione dell'algoritmo di Toutin che ricostruisce la geometria della presa.

Orientamento dell'immagine mediante utilizzo di Ground Control Point

L'orientamento dell'immagine è ottenuto dalla correzione del modello orbitale mediante l'utilizzo di *Ground Control Point* (GCP). I GCP utilizzati sono stati acquisiti da cartografia tecnica regionale in scala 1:5000 georeferenziata nel sistema di riferimento WGS84 UTM fuso 33.

I *Ground Control Point* sono stati distribuiti in maniera uniforme su tutta la superficie di ogni singola immagine. I parametri di accuratezza posizionale raggiunti (asse xy) nei GCP sono risultati: asse X RMS 2,53 metri; asse Y RMS 1,46 metri.

Attribuzione dei punti omologhi o Tie Point (TP)

Successivamente sono stati attribuiti 191 punti omologhi per la collimazione delle immagini. La procedura di collimazione è stata effettuata utilizzando una procedura che prevede l'attribuzione manuale dei primi *tie point* e successivamente è stato utilizzato il modulo di

riconoscimento automatico dei punti omologhi contenuto in "*Orthoengine*". Questo modulo è in grado di correlare i punti omologhi in maniera automatica utilizzando la corrispondenza radiometrica delle due immagini all'interno di un raggio di influenza. Sono stati attribuiti 11 TP con procedura

manuale e successivamente sono stati estratti 10 TP con procedura di riconoscimento automatico. I TP ottenuti sono stati sottoposti a verifica posizionale e all'occorrenza si è provveduto a correzione manuale. L'errore planimetrico ottenuto su tutti i TP utilizzati è risultato essere inferiore al metro:
191 Tie points: X RMS 0,52 metri Y RMS 0,17 metri

Generazione delle immagini epipolari ed estrazione del DSM

L'estrazione del DSM è stata eseguita mediante generazione di immagini epipolari. Le immagini epipolari sono coppie stereo riproiettate in modo che le immagini di destra e di sinistra abbiano un orientamento comune. L'utilizzo di immagini epipolari permette di valutare la differenza di parallasse per ogni coppia di punti omologhi e di poter applicare l'algoritmo di estrazione della quota. Dopo aver generato le immagini epipolari, sono state effettuate diverse prove di estrazione di DSM sulla stessa coppia. Sono stati prodotti 4 diversi DSM con passo griglia a 0,7 - 1,4 - 2,8 - 5,6 metri. Le percentuali di correlazione ottenute superano il 98% su tutte le prove eseguite, fatta eccezione per la prova effettuata

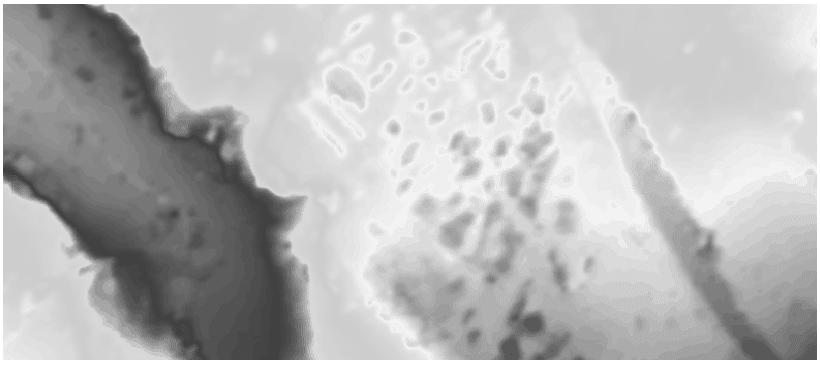


Figura 1 - Dettaglio Dsm – Passo griglia 1,4 metri rappresentato in scala di colori

Figura 2 - OrtoImmagine satellitare Eros B – risoluzione 0,7 metri

a 0,7 metri in cui la percentuale è arrivata all'89%. Si è scelto di utilizzare il DSM estratto con passo griglia di 1,4 metri (Fig. 1), scartando quello ottenuto a 0,7 metri, in quanto questo risente degli scostamenti legati all'accuratezza posizionale ottenuta in fase di orientamento delle immagini. Si è passati alla fase di correzione del DSM (Fig. 4) al fine di ottenere una superficie omogenea. Sono stati individuate circa 70 aree costituite da buche e da picchi per un estensione inferiore al 2% del totale. I processi di correzione hanno tenuto conto dell'estensione degli errori. Per buchi e picchi superiori ai 100 pixel è stata adottata una tecnica di *editing* manuale che ha previsto processi di

ricostruzione di curve di livello e relativa interpolazione. Per aree più piccole sono state utilizzate tecniche di filtraggio e interpolazione dei punti circostanti ritenuti validi.

Analisi dei dati e procedure di validazione

Sui DSM estratti è stata effettuata analisi statistica degli errori per valutare l'accuratezza sui valori delle quote dei diversi DSM estratti. I valori di quota utilizzati per il confronto sono stati estratti da cartografia CTR in scala 1:5000 georeferenziata nel sistema UTM WGS84 fuso 33. Per verificare le accuratezze ottenute sono stati utilizzati 410 punti (Fig.3): 20 GCP, 190 TP e ulteriori 200 punti definiti CP (*Control Point*). La scelta di utilizzare 200 punti aggiuntivi è stata fatta per irrobustire l'accuratezza del dato statistico. I 200 CP sono stati posizionati alla massima distanza possibile rispetto ai GCP e ai TP. Il confronto tra i valori di quota acquisiti da CTR e i valori di quota ottenuti dall'estrazione di DSM da stereocoppia ha messo in evidenza valori di accuratezza posizionale che si attesta intorno a valori di deviazione standard compresi tra 1,5 e 2,5 metri (Tab. 1).

Tabella 1 - Accuratezze posizionali ottenute sull'asse delle Z del DSM passo griglia 1,4 metri suddivise per tipologia di punti.

	Dsm 1,4 mt – Err. Z		
N° punti	20 Gcp	190 Tp	200 Cp
Valore Min	-4,00	- 3,00	-5,50
Valore Max	3,00	8,00	6,23
Med	0,76	1,71	1,17
Sqm	1,64	1,75	1,65

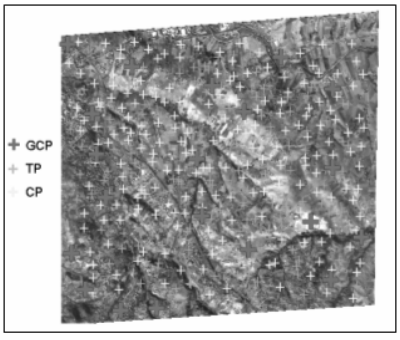


Figura 3 - Distribuzione dei punti utilizzati .

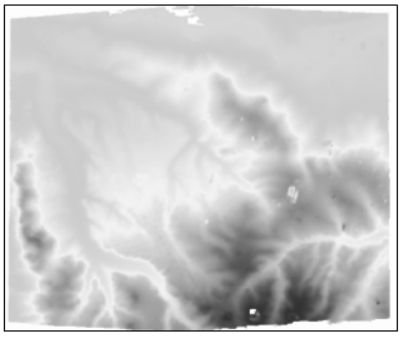


Figura 4 - DSM ottenuto dall'estrazione per le attività di verifica e validazione automatica di stereocoppia.

Tabella 2 - Accuratezze posizionali sull'asse delle Z ottenute su DSM passo griglia 5,6 -2,8 - 1,4 - 07 metri.

	Dsm 5,6 mt	Dsm 2,8 mt	Dsm 1,4 mt	Dsm 0,7 mt
N°pun	410 (GCP-TP-CI	410 (GCP-TP-CI	410 (GCP- TP-C	410 (GCP- TP-C
Min	-7,05	-7,68	-5,50	-11,00
Max	4,82	6,50	8,00	7,02
Med	1,50	-0,83	1,40	-1,20
Sqm	1,88	1,75	1,72	2,61

Conclusioni

In questo articolo sono state descritte le procedure di estrazione di DSM da stereocoppia di immagini acquisite dal satellite Eros B. Sono stati utilizzati circa 410 punti per verificare le accuratezze dei DSM ottenuti. La prova effettuata dimostra che è possibile produrre modelli di superficie del terreno (DSM) da immagini Eros B. I risultati ottenuti dallo studio preliminare evidenziano la possibilità di ottenere DSM con passo griglia di 1-2 metri, con livelli di accuratezza elevati < di 2 metri (Tab. 2). Nel prossimo futuro si intende procedere alla definizione di una prova ad arte che prevede l'estrazione di DSM condotta su un numero significativo di stereocoppie acquisite da immagini Eros B e utilizzo di GCP di alta precisione. L'obiettivo è quello di ottenere una casistica che risulti significativa per una validazione scientifica.

Bibliografia

Ager T.P. (2003) - *Evaluation of the geometric accuracy of Ikonos imagery*. SPIE 2003 AeroSense Conference, 21-25 April 2003, Orlando, Florida.

Baiocchi V., Calcagni L., De Vendictis L., Crespi M., Iannucci G. (2004) - *Estrazione di DEM da stereocoppie Ikonos: metodologia, problemi e valutazione della qualità dei prodotti*. Atti 8° Conferenza Nazionale A.S.I.T.A., Roma, 14-17 Dicembre 2004, 205-210.

Baiocchi V., Crespi M., De Vendictis L., Mazzoni A., Salerni A. (2005) - *DSM estratti da stereocoppie Ikonos ed EROS A: accuratezza media e sua dipendenza dalla morfologia e dalla copertura del suolo*. Atti 9° Conferenza Nazionale A.S.I.T.A., Catania, 15-18 Novembre 2005, 175-180.

Crespi M., Barbato F., De Vendictis L., Poli D., Volpe F., Wang X., (2006) - *Orientation, orthorectification, DSM extraction and 3D city modeling by Cartosat-1 stereo imagery: first results of a test over Rome*. Proceedings of ISPRS International Symposium on Geospatial Databases for Sustainable Development, Goa, India.

Lo Brutto M., Pennacchio D. (2006) - *Impiego di coppie stereoscopiche Ikonos per la produzione di modelli digitali del terreno*. Atti 10° Conferenza Nazionale A.S.I.T.A., Bolzano, 14-17 Novembre 2006.

VERIFICA DIMENSIONALE DI UN'ANTENNA *CHOKE RING* PER IL MONITORAGGIO DEL TERRITORIO

Piero DE FAZIO

ENEA, Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente – C.R. Trisaia s.s. 106 Jonica km. 419,500
75026 Rotondella (MT) – tel. : 0835974711 fax: 0835 974350 e-mail: defazio@trisaia.enea.it

Riassunto
Il lavoro presenta le prove condotte presso il Centro Integrato di Metrologia dell'ENEA all'interno del C.R. Trisaia su un'antenna *choke ring GPS* al fine di verificare le sue eventuali variazioni dimensionali subite in seguito a sollecitazioni termiche ed ambientali protratte nel tempo e riprodotte artificialmente all'interno di camere climatiche. Le caratteristiche dimensionali sono state determinate mediante una macchina di misura a coordinate. La conservazione nel tempo della geometria e delle dimensioni dell'antenna, normalmente utilizzata nelle stazioni permanenti per il monitoraggio ed il controllo del territorio, è fondamentale per l'attenuazione del fenomeno del multipath e quindi per la diminuzione di fonti di errore nella misura.

Abstract
This paper present the results of some test conducted at the ENEA's Metrology Center inside the Trisaia Research Center on a Choke Ring Ground Plane antenna in order to verify its possible geometrical and dimensional variations resulting from environmental stresses (temperature, humidity, etc.), protracted over time and artificially reproduced inside climatic rooms. The dimensional features have been determined by a coordinate-measuring machine. The preservation of the antenna geometry and dimensions over time is essential for the mitigation of the multipath.

Premessa

Notevole è oramai il numero di stazioni permanenti *GPS* diffuse sul territorio ed organizzate in forma di reti regionali, nazionali, europee, mondiali.
Il loro compito principale è essenzialmente quello di produrre, archiviare e distribuire con continuità i dati, sia di codice che di fase, acquisiti nel tempo.
Gli obiettivi, come noto, sono molteplici: il monitoraggio delle deformazioni crostali e più in generale del territorio, il mantenimento del sistema di riferimento, l'uso cartografico, la navigazione terrestre, l'uso catastale, l'uso ingegneristico, ecc.
Componente fondamentale del *sistema* "stazione permanente *GPS*" è l'antenna , il cui scopo è quello di ricevere i segnali dai satelliti e di trasmetterli al ricevitore; essa è progettata in modo tale da minimizzare o, nel migliore dei casi annullare, gli effetti del *multipath*.
Il *multipath* del segnale *GPS* si verifica quando l'antenna del ricevitore è posizionata vicino ad una superficie riflettente, ovvero nella maggioranza dei casi operativi; il segnale non si dirige direttamente sull'antenna bensì colpisce l'oggetto vicino e viene riflesso, dando luogo quindi ad una falsa misurazione che ha come diretta conseguenza sul risultato finale un errore che varia da alcuni centimetri sull'osservabile di fase ad alcuni metri su quella di *pseudorange*, non compatibile con le accuratezze richieste nel caso di misure geodetiche di precisione.

Tre sono essenzialmente i metodi per mitigare od annullare il fenomeno del percorso multiplo del segnale:

- evitare di compiere misure in aree in cui è ragionevole aspettarsi fenomeni di *multipath*. È chiaro che questa è soltanto una soluzione teorica e radicale anche se, durante le applicazioni in campo, è buona norma considerare un angolo di elevazione sull'orizzonte maggiore di 15° così da limitare gli effetti del *multipath*.
- Separare mediante tecniche di processamento i segnali "buoni" da quelli "cattivi".
- Proteggere fisicamente l'antenna GPS dai segnali indiretti attraverso una sorta di ombrello protettivo rovesciato; è proprio questo il caso della *choke ring* in cui la presenza di un piatto orizzontale (*ground plane*) scherma l'antenna vera e propria rispetto ai segnali provenienti dal basso. Il piatto è poi dotato di nervature concentriche, in genere in numero superiore a tre, il cui scopo è quello di neutralizzare gli effetti sulla misura dovuti alle onde riflesse.

Il disegno della *choke ring* è dovuto alla NASA, in particolare al *Jet Propusion Laboratory* e consente di eliminare il segnale riflesso attraverso l'interferenza tra le sue componenti. Come è possibile osservare nello schema grafico successivo l'onda riflessa si può pensare divisa in due componenti:

1) la primaria che si propaga attraverso il piatto orizzontale e che arriva quindi all'antenna senza interessare le nervature;
2) la secondaria prodotta proprio dal campo elettromagnetico dovuto alle stesse scanalature.

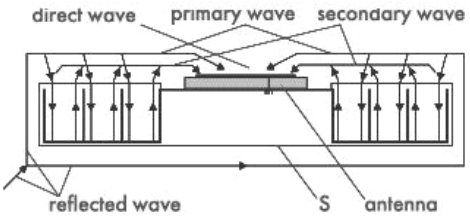


Figura 1 – Propagazione delle onde elettromagnetiche in un'antenna choke ring

L'onda secondaria, a causa del percorso aggiuntivo che deve necessariamente compiere per arrivare all'antenna e che è dovuto alla presenza delle nervature, è caratterizzata da una differenza di fase ($\Delta \varphi$) rispetto alla primaria tale da determinare il loro reciproco annullamento.
È quindi necessario che la geometria dell'intera antenna, sia da un punto di vista dimensionale che morfologico, garantisca che le due componenti dell'onda riflessa abbiano la stessa ampiezza ma $\Delta \varphi = 180°$.
Da quanto esposto appare evidente come una geometria così definita consenta di annullare o comunque di attenuare fortemente soltanto il *multipath* dovuto a quei segnali aventi una frequenza ben determinata; a causa della presenza delle due lunghezze d'onda nel segnale GPS, lo schema di una *choke ring* è quindi calibrato per minimizzare gli effetti della L2 rispetto a quelli dovuti alla L1.
In tale ottica è quindi di rilevante importanza la conoscenza del comportamento nel tempo del materiale di cui è costituita l'antenna ovvero della sua durabilità intesa, in questo caso specifico, come capacità di conservare, sotto l'influenza degli agenti atmosferici ed ambientali previsti durante il normale esercizio, caratteristiche geometriche e dimensionali tali da garantire lo svolgimento delle funzioni richieste durante un periodo di tempo specificato.
Questo lavoro presenta i risultati ottenuti dalla verifica dimensionale dell'antenna a seguito di trattamento accelerato in camera climatica, cioè una macchina in grado di simulare gli effetti di sollecitazioni termiche così da indagare il comportamento del materiale dell'antenna stessa sottoposta a ripetuti cicli di stress termico.

Caratteristiche dell'antenna *Choke Ring*

Le antenne choke ring sono in genere realizzate dalla lavorazione di un unico blocco di alluminio 6061-T6. L'alluminio, come la totalità dei metalli, non è utilizzato allo stato puro ma è legato ad altri componenti a formare delle leghe; in particolare per l'antenna *GPS* oggetto del presente lavoro, una lega a base di magnesio e silicio classificata al numero 61 nel catalogo ASTM e sottoposta a trattamento termico di tempra e rinvenimento.

Nel caso della *choke ring* LEICA AT504 utilizzata nei test descritti, l'antenna effettiva è costituita da un elemento a dipolo Dorne & Margolin ed è dotata di una struttura del tipo *choke ring round plane* opportunamente dimensionata e costituita da 4 anelli concentrici

Verifica Geometrica

La verifica geometrica dell'antenna *Choke Ring* LEICA AT504 è stata condotta presso il laboratorio di Lunghezza del Centro Integrato di Metrologia del Dipartimento *FIM* (Tecnologie Fisiche e Nuovi Materiali) dell'ENEA, situato all'interno del C.R. Trisaia, mediante una Macchina di misura a coordinate (*CMM*). Una *CMM* è uno strumento utilizzato per le più diverse e complesse misurazioni dimensionali e geometriche, in ambiente industriale e non, ed è in grado di operare con accuratezze comprese tra 1 μm e 100 μm.

Mediante un sistema tastatore è possibile determinare sia la posizione di un punto in termini di coordinate spaziali all'interno di un volume di lavoro sia di associare fra loro più punti; l'invio delle coordinate misurate ad un sistema CAD permette la generazione di un modello matematico di forme geometriche che meglio li approssima e, quindi, di ottenere un modello geometrico adeguato ed utilizzabile in altre applicazioni.

È inoltre possibile ricavare, come nel caso dell'antenna *choke ring*, le caratteristiche dimensionali e geometriche per la verifica della conformità dei componenti misurati alle rispettive specifiche di progetto.

Recuperato il diagramma dimensionale dell'antenna LEICA *AT504* e le dimensioni *standard* relative, si è deciso di indagare solo quelle caratteristiche dimensionali ritenute più significative ai fini dello smorzamento dell'effetto di *multipath* e riportate nello schema grafico seguente: il diametro totale del disco (*F*) , l'altezza della nervatura più esterna rispetto alla superficie interna del piatto (*B*) , la distanza tra le singole nervature misurate radialmente (*H1, H2, H3, H4*), l'altezza dell'antenna rispetto alla superficie di appoggio (*A*).

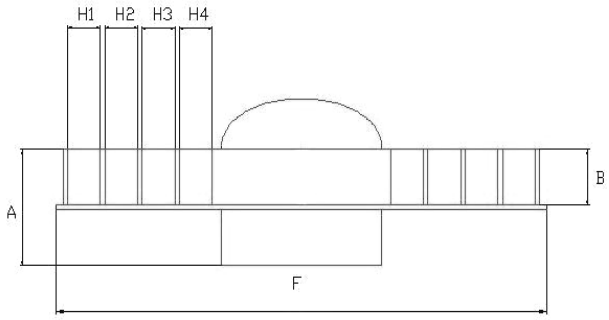


Figura 2 – elementi dimensionali dell'antenna LEICA AT 504 determinati mediante CMM

Le misure sono state eseguite in due tempi successivi *T1* e *T2* relativi all'inizio ed alla fine dell'*invecchiamento* all'interno della camera climatica. La tabella successiva riporta le dimensioni *standard* di progetto, i valori misurati , le differenze relative. È bene osservare che i valori misurati

sono espressi in accordo al grado di accuratezza ottenibile con la *CMM* e che ciascun dato è la media di tre osservazioni successive, così da evitare la possibilità di errori grossolani nella misura.

	Dimensioni di progetto (mm)	Dimensioni al tempo T1 (mm)	Dimensioni al tempo T2 (mm)	Δ2- Δ 1 (mm)
F	379,4	379,4360	379,3618	0,0742
A	101,2	100,9315	100,8949	0,0366
H1	25,1	25,0891	25,0879	0,0012
H2	25,4	25,3881	25,3770	0,0111
H3	25,4	25,3883	25,33769	0,0114
H4	25,1	25,0884	25,0856	0,0028
B	37,8	37,5036	37,4369	0,0667

Tabella 3 – tabella di raffronto tra i valori standard ed i valori misurati al tempoT1 ed al tempo T2

L'esame dei dati registrati consente le seguenti osservazioni:

- I valori *standard* sono in linea con quelli registrati al tempo *T1* approssimati al decimo di millimetro ad eccezione dell'elemento B ed A. È necessario però sottolineare come l'antenna esaminata non fosse nuova ma già precedentemente utilizzata.
- Il trattamento in camera climatica e quindi lo *stress* termico cui il materiale è stato sottoposto ha determinato, alla fine del ciclo, una variazione dimensionale permanente che in media è di circa tre centesimi di mm.

Test con la camera climatica

I test definiti normalmente di *invecchiamento* accelerato in camera climatica rientrano nelle cosiddette analisi non distruttive ed in linea generale consentono di conoscere le caratteristiche strutturali dei materiali sottoposti a indagine senza alterarne l'integrità e mantenendo quindi intatta la loro funzionalità. Nel caso specifico, come ricordato precedentemente, l'interesse della prova è concentrato sulla capacità del materiale e quindi dell'oggetto di mantenere intatte le proprie caratteristiche geometriche e dimensionali al variare ciclico della temperatura. (Carrino et al., 2003)
Le prove sono state condotte all'interno del laboratorio di durabilità del già citato Centro Integrato di Metrologia; l'antenna è stata inserita all'interno di una delle camere climatiche ed è stata sottoposta a ripetuti shock termici le cui temperature sono variate in un range compreso tra –20°C e +30°C secondo cicli di temperatura con variazioni a rampa.

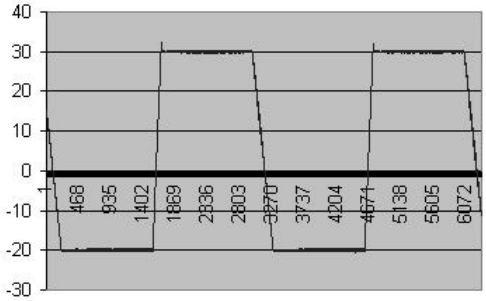


Figura 4 – Schema della variazione ciclica della temperatura

Si è deciso di non stressare in maniera eccessiva il ciclo termico considerando temperature limite ancora più accentuate in modo da simulare le temperature medie raggiungibili alle nostre latitudini durante l'anno.
L'antenna è stata poi dotata di due *strain gage* (estensimetri), strumenti in grado di misurare la deformazione e la dilatazione dei materiali attraverso uno specifico congegno elettrico costituito da un particolare tipo di sensore utilizzato per rilevare le deformazioni fisiche di un corpo sottoposto a sollecitazioni meccaniche; se infatti si tira un filamento di metallo l'effetto ottenuto, oltre al suo allungamento, è una variazione, seppur piccola, della sua resistenza elettrica proporzionale all'allungamento.
Nel caso specifico le sollecitazioni meccaniche sono state provocate dalla dilatazione e dal successivo ritiro della superficie dell'antenna a cui sono stati applicati gli *strain gage,* a seguito delle variazioni termiche.
La variazione di resistenza elettrica ha quindi consentito di misurare l'allungamento o il ritiro del materiale in funzione dell'aumento o della diminuzione della temperatura lungo la direzione di applicazione degli estensimetri, cioè quelle radiali.
Per la gestione di tutto il sistema è stato sviluppato dai tecnici del Dipartimento FIM di ENEA, un apposito software in linguaggio *LabVIEW* che permette la gestione della camere ed è installato su un computer dotato di una scheda per l'interfacciamento con gli *strain gage* .
Le prove accelerate di stress termico sono durate in tutto 15 giorni per un totale di circa 30 cicli termici; è bene sottolineare, infatti, come ciascun ciclo completo di variazione termica è stato impostato su una durata di 12 ore, per cui ogni giornata ha compreso due cicli.
Il diagramma successivo è relativo ad una parte dell'andamento ciclico delle deformazioni registrate dal *software* di controllo lungo la direzione radiale del piatto della *choke ring.*

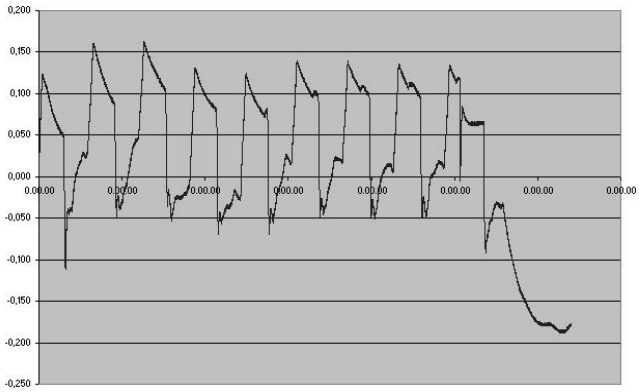


Figura 5 – Andamento ciclico delle deformazioni in funzione della variazione di temperatura

I valori medi di deformazione sono compresi tra –-0,05 mm e 0,13 mm e l'andamento deformati vo si può considerare pressoché costante anche se analizzando l'intera serie dei dati è possibile osservare come il valore assoluto delle deformazioni vada gradatamente diminuendo, pur se di quantità dell'ordine del centesimo di millimetro a testimonianza del fatto che il materiale non conserva una memoria di forma ma subisce delle deformazioni permanenti. Il comportamento anomalo alla fine del ciclo è dovuto ad una non perfetta aderenza dell'estensimetro alla superficie del *ground plane.* a causa delle cattive condizioni di incollaggio.

Calcolo del *multipath*

Prima dei *test* sopra descritti, ed alla loro conclusione si sono effettuate delle sessioni di misura GPS in modalità statica con tempi di acquisizione di 30 sec., durata di 3 ore ed angolo di inclinazione sull'orizzonte maggiore di 15°, all'interno del campo prova topografico presente nel C.R. Trisaia. Le sessioni sono state eseguite a distanza di 15 giorni, alla stessa ora, con lo stesso strumento ed in corrispondenza dello stesso pilastro del campo prova.

I risultati ottenuti sono stati poi elaborati con il software TEQC, sviluppato da UNAVCO (University NAVstar Consortium), che consente, tra le altre opzioni, di effettuare un controllo sulla qualità del file *GPS* con particolare riferimento alla stima dei valori di *multipath* MP1 e MP2 rispettivamente sulle frequenze *L1* e *L2*.

Al tempo T1 i valori medi sono MP1 = 0,131383 m e MP2 = 0,132006 m con un andamento di MP1 in genere migliore di MP2 in funzione dell'angolo di inclinazione sull'orizzonte, così come evidenziato nella parte A della figura 6. Al tempo T2, invece, i valori medi sono MP1 = 0,131427 m e MP2 = 0,132089 m., leggermente maggiori rispetto a quelli del tempo T1. I grafici mostrano come i valori di Mp1 e Mp2 sono comunque similari in entrambi i casi ed il lieve peggioramento potrebbe essere attribuito alle mutate condizioni dimensionali dell'antenna.

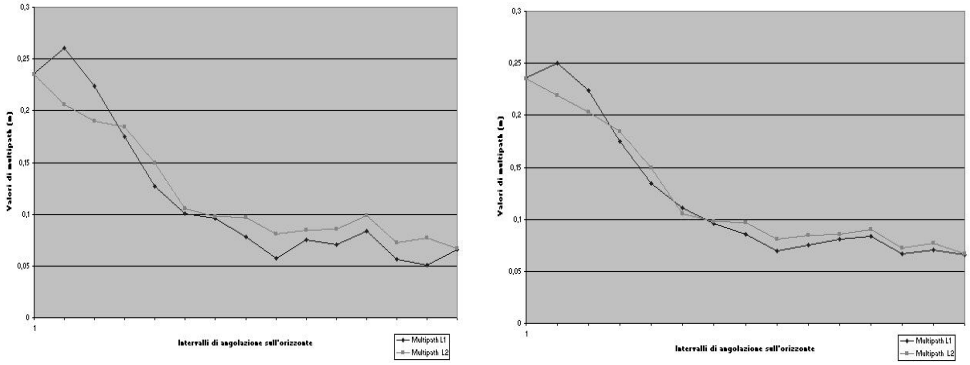


Figura 6 A – Andamento del multipath al tempo T1
Figura 6 b – Andamento del multipath al tempo T2

Conclusione

Come tutti i materiali, anche quello costituente l'antenna *choke ring* subisce delle alterazioni temporali. Ulteriori ricerche in questo campo potranno portare probabilmente ad una modellizzazione del comportamento dimensionale dell'antenna nel tempo in seguito a sollecitazioni ambientali. Gli sviluppi del lavoro consisteranno nel ricavare attraverso la MCC il modello geometrico in 3D dell'antenna sottoposta a cicli incamera climatica più lunghi e comprensivi di ulteriori sollecitazioni ambientali, verificando l'eventuale modificazione delle attenuazioni nei confronti del multipath.

Si ringrazia *Leica Geosystem* nella persona del Geom. Giovanni Abate per l'assistenza prestata durante la sperimentazione.

Bibliografia

Carrino L., Giorleo G., Polini W., Prisco U., (2003) Topography of turned surfaces, 6th International ESAFORM Conference on Material Forming, pp. 551-554, Salerno, Italy.

Braasch M.S. (1994) "Mitigation of multipath in DGPS Ground Reference Stations" Atti dell'Institute of Navigation National Technical Meeting, San Diego, California (USA)-

LE ATTIVITÀ INTERREGIONALI PER LE SPECIFICHE TECNICHE PER I DB TOPOGRAFICI

Maurizio DE GENNARO (*), Giuseppe PELAGATTI (**)

(*) Regione del Veneto – Segreteria Regionale all'Ambiente e Territorio – Unità di Progetto per il Sistema Informativo Territoriale e la Cartografia – Venezia, Cannaregio 99, tel. 041 2792571 fax 041 2792108 e-mail maurizio.degennaro@regione.veneto.it
(**) Politecnico di Milano – Dipartimento di Elettronica ed Informazione – Milano, Via Ponzio 34, tel. 02 23993400 fax. 02 239933587 e-mail pelagatt@elet.polimi.it

Riassunto esteso

Da diverso tempo è stato avviato un ampio e articolato dibattito sull'elaborazione e gestione dei Database Topografici, e sono state sviluppate una serie di iniziative finalizzate alla definizione di standard e regole per la realizzazione delle basi di dati territoriali, di procedure per la fruibilità e lo scambio dei dati stessi tra le pubbliche amministrazioni centrali e locali, in attuazione delle disposizioni del Codice dell'Amministrazione Digitale (D.Lgs. 82/2005), coerentemente con quanto previsto dal Sistema Pubblico di Connettività (SPC).

In questo scenario, in continua evoluzione, a cui partecipano diversi attori, le Regioni, sia attraverso il Centro Interregionale, poi confluito nel CISIS – CPSG (componente geografica) sia con iniziative autonome, hanno svolto e svolgono tuttora un ruolo di primissimo piano, investendo per la sperimentazione ed applicazione e partecipando attivamente all'ampio dibattito che si è sviluppato, dai contenuti tecnico – scientifici ma anche con un nuovo approccio di tipo culturale.

In questo contesto il Centro Interregionale, ravvisata la necessità di fornire un ulteriore contributo a quanto si era elaborato e prodotto dall'IntesaGIS, ha avviato e finanziato alcune attività di progetti di ricerca su specifiche tematiche, tra queste di particolare rilievo risulta quella denominata "Lotto 2° - Specifiche tecniche per i DB topografici".

Un progetto di ricerca, questo, affidato al Politecnico di Milano – Dipartimento di Elettronica ed Informazione, coordinato dal prof. Giuseppe Pelagatti per il Politecnico e dall'ing. Maurizio De Gennaro, della Regione del Veneto e l'ing. Domenico Longhi della Regione Abruzzo, per conto del CISIS.

Il progetto fa riferimento alle Specifiche Tecniche IntesaGIS, elaborate nell'ambito delle azioni del Protocollo d'Intesa tra Stato Regioni Enti Locali sui sistemi geografici di interesse generale, e si colloca con un preciso ruolo nel complesso sistema di strumenti e procedure previste per la realizzazione e validazione dei DB Topografici.

Le finalità progettuali prevedono un articolato sistema di azioni, alcune di carattere squisitamente tecnico – informatico, altre dai contenuti programmatici e strategici che, come detto, fanno riferimento alle Specifiche Tecniche dell'IntesaGIS, orientate allo sviluppo di una metodologia per l'integrazione dei documenti e la definizione di regole tecniche per la gestione e la validazione delle specifiche di contenuto della base di dati territoriali, definendo modalità operative e strumentazioni a supporto delle scelte operate.

L'attività della ricerca ha previsto l'elaborazione di un documento-guida "Regole Tecniche per la Gestione di Specifiche di contenuto di una base di dati territoriali (RTGS)" e lo sviluppo di un software relativo al "Gestore delle Specifiche (GeoUML Catalogue)", che ha richiesto la definizione e l'implementazione di files XSD del Repository Specifiche di Contenuto (Sc_Repository) e del Database nel quale saranno caricati i dati per il loro utilizzo. GeoUML Catalogue possiede i moduli software relativi alla ricerca, visualizzazione ed editing delle specifiche.

Le RGTS sono state impostate per elaborare le metodologie di carattere generale capaci di gestire una o più Specifica di Contenuto e di ricavare, nel contempo, i necessari supporti per la creazione e la gestione delle Base Dati Territoriali.

Le modalità operative definite dalle RGTS, risultano pertanto aperte ed orientate al raggiungimento di obiettivi strategici che prevedano l'utilizzo di procedure automatiche e condivise, quali:

- permettere di derivare automaticamente da una Specifica di Contenuto la relativa struttura di codifica nel formato GML (oltre a supportare la derivazione di altre codifiche o strutture fisiche mirate a specifici sistemi di gestione dati);
- supportare la verifica automatica che un determinato data-set sia "Intrinsicamente Conforme" alle Specifiche stesse (dove per "conformità Intrinseca" si intende la possibilità di verificare tutti gli aspetti analizzando il contenuto del data-set senza ricorrere ad altre informazioni);
- permettere di verificare automaticamente che una Specifica adottata da un Ente sia adeguata a supportare processi di condivisione dei dati a livello superiore.

Il conseguimento degli obiettivi, in particolare degli automatismi, si basa sull'esistenza di componenti software, come il citato GeoUML Catalogue.
Successivamente si è proceduto all'acquisizione e caricamento delle Specifiche di Contenuto IntesaGIS (Documenti 1007_1-2 e 1007_4) nel SC_Repository, che costituirà pertanto una Specifica di Contenuto Standard.
Il progetto di ricerca è pressoché ultimato ma, nel corso dell'attività si è ravvisata l'opportunità di condurre lo studio verso nuove impostazioni e prevedere, per un immediato futuro, la progettazione di nuovi strumenti e definire nuove procedure.
Sono così state impostate le modalità per definire la realizzazione di un "Validatore di Conformità Intrinseca" quale strumento con funzioni di analisi dei dati e di verifica della "Congruenza Topologica" dei dati territoriali, sia nella componente "attributi geometrici" sia per gli aspetti relativi ai "Vincoli di integrità" esistenti tra i valori degli stessi attributi geometrici: un "validatore" che sarebbe orientato alla verifica delle congruenze geometriche.
Diversi sono però gli attori e i produttori di dati, ognuno con le proprie peculiarità ed ognuno con le proprie esigenze: un quadro che ha comportato le necessarie riflessioni e che ha richiesto esaustive risposte alle diverse e variegate istanze.
Una valida risoluzione potrà essere fornita dalla possibilità di condurre la progettazione verso lo sviluppo di un "Validatore con tolleranza" che, in forma più generale, possa essere capace analizzare e validare i dati secondo precisi e distinti profili, dipendenti ognuno dalle caratteristiche di ciascun produttore di dati, coerenti con le caratteristiche delle Specifiche Tecniche dell'IntesaGIS.
Un impegnativo lavoro che si sta sviluppando in coerenza con le attività programmate dal Comitato per le Regole Tecniche dei dati territoriali nella Pubblica Amministrazione, prevista dal Codice dell'Amministrazione Digitale, e secondo gli indirizzi della direttiva INSPIRE, emanata dall'Unione Europea, che istituisce l'infrastruttura per l'Informazione Territoriale nella Comunità Europea, e che oltre a stabilire modalità e procedure, detta i tempi e le scadenze secondo un calendario ben definito per la produzione dei data-set, come previsto dai relativi annex.

IL PIANO DI EMERGENZA COMUNALE DI CARPANZANO: UN CASO DI STUDIO

Alessandra DELL'ACCIO (*), Roberto RENZO (*),
Pasquale AUDIA (*), Stefano DE MARCO (*)

(*) Studio AGIF – Professionisti Associati per l'Ambiente ed il Territorio, via Monte Santo, 116, 87100 Cosenza, tel/fax: 0984/72101, e-mail: studioagif@gmail.com

Riassunto
Il presente lavoro illustra le metodologie utilizzate, i problemi incontrati e i risultati ottenuti nell'ambito della redazione del Piano di Gestione dell'Emergenza di Carpanzano, un piccolo Comune ubicato nella valle del Savuto, in provincia di Cosenza, in un territorio caratterizzato da una forte instabilità dei versanti, da una copertura boschiva che lo interessa per oltre il 70% e da un altissimo indice di intensità macrosismica.

This paper describes methodologies used, problems encountered and results achieved in developing Emergency Management Plan for Carpanzano, a small town located in Savuto valley, in the province of Cosenza, characterized by strong slope instability, extensive forest cover and very high macroseismic intensity level.

Introduzione
Da tempo si sta lavorando nel campo della Protezione Civile per affrontare le situazioni di emergenza attivate dal verificarsi di eventi catastrofici, ma anche e soprattutto per prevenirle, al fine di impedire o limitare le situazioni di rischio, soprattutto quando esse sono causate da un cattivo uso del territorio. Si pensi in tal senso al disastro di Soverato, nel catanzarese, avvenuto nel 2000 a causa dell'inopportuna presenza di un campeggio nell'alveo del torrente Soverato-Beltrame, esondato in seguito a qualche giorno di pioggia torrenziale, o alla frana che nel 2005, in seguito ad una intensa ondata di maltempo, distrusse Cavallerizzo, un intero centro abitato in provincia di Cosenza. Dal punto di vista legislativo, diversi provvedimenti sono stati emanati con l'obiettivo di mettere a punto strumenti e strategie atti a ridurre al minimo l'entità dei danni ai beni materiali e la perdita di vite umane. Tra questi vi è la Legge 267/98 che impone a tutti i Comuni che presentano aree a rischio idrogeologico molto elevato di dotarsi di un Piano di Emergenza e che designa il Sindaco come massima autorità comunale di protezione civile. Questa legge, insieme alle indicazioni tecnico-normative che ad essa hanno fatto seguito, talvolta disomogenee non solo in termini di elaborati da redigere, ma anche in merito alla stessa terminologia da utilizzare in fase di emergenza, ha costituito il quadro di riferimento per la redazione del Piano di Gestione dell'Emergenza Comunale di Protezione Civile di Carpanzano, un piccolo Comune della Provincia di Cosenza, ubicato nella valle del Savuto.

Materiali e metodi
Gli scenari di rischio presenti nel territorio comunale di Carpanzano sono stati individuati sulla base delle indicazioni contenute nella direttiva "Sistema di Allertamento regionale per il Rischio idrogeologico ed idraulico in Calabria" in parte ripresa dalle "Linee Guida per la Pianificazione comunale di Emergenza di Protezione Civile", approvate dalla Giunta Regionale nell'agosto 2007.
Mentre alcuni scenari di rischio, in particolare quelli relativi agli eventi meteorologici (nevicate, temporali, venti forti, etc.), interessano l'intera zona in maniera generalizzata, altri, derivanti da fattori geomorfologici, vegetazionali, urbanistici, interessano porzioni circoscritte di territorio, che

devono essere individuate attraverso un'accurata analisi di rischio supportata da considerazioni di tipo geografico. Per l'individuazione di tali scenari di rischio e per la redazione degli elaborati cartografici che costituiscono parte integrante del Piano di Emergenza è stato fatto largo uso dei Sistemi Informativi Geografici. I rischi presenti sul territorio sono stati determinati dalla sovrapposizione di carte di pericolosità e vulnerabilità, sfruttando le potenzialità di overlay mapping offerte dal GIS. Essendo il territorio di Carpanzano caratterizzato da una forte instabilità dei versanti, da una estesa copertura boschiva e da un altissimo indice di intensità macrosismica, si è ritenuto opportuno rivolgere particolare attenzione allo studio di tre tipologie di rischio: idrogeologico, sismico e da incendi di interfaccia.

Rischio idrogeologico

Le situazioni di rischio idrogeologico sono state ricondotte essenzialmente alla presenza di fenomeni franosi. Per la definizione dello scenario di pericolosità da frana si è fatto riferimento ai dati riportati nella Carta dei Centri Abitati instabili elaborata nell'ambito della redazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Calabria. Da questa carta si è ricavata la perimetrazione delle aree in frana presenti nel territorio di Carpanzano, con le informazioni su tipologia, orientamento e stato di attività e con il relativo grado di pericolosità. Seguendo le metodologie adottate nel PAI per lo studio del rischio idrogeologico, si è ricavato il bacino di pericolosità, ovvero l'area di influenza di ciascuna frana, applicando ai poligoni chiusi che rappresentano le frane un buffer di 20 metri. Una volta ricavato il bacino di pericolosità, si è assegnato ad esso un grado di pericolosità crescente, da P1 a P4, dipendente da una serie di fattori quali la velocità e l'intensità del fenomeno franoso. Per quanto riguarda la vulnerabilità ai fenomeni franosi, i principali elementi esposti al rischio idrogeologico, individuati nell'ambito della redazione del PAI, sono essenzialmente riconducibili a due categorie: i centri abitati con popolazione superiore a 200 abitanti e le infrastrutture di importanza nazionale e provinciale, aventi rispettivamente grado di vulnerabilità V4 e V3. Il limite dell'utilizzo di questa classificazione nell'ambito dell'analisi del rischio frana di un piccolo Comune come Carpanzano è quello di non prendere in esame i nuclei abitati con popolazione inferiore a 200 abitanti, che risultano dunque paradossalmente non vulnerabili, e le infrastrutture di livello comunale, che possono invece rivestire un ruolo strategico per la pianificazione di emergenza locale. Pertanto, ai fini della valutazione della vulnerabilità degli elementi antropici esposti al rischio idrogeologico, si è proceduto alla inclusione di queste categorie, desunte dalla carta tecnica regionale alla scala 1:5000. Gli elementi antropici esposti sono stati individuati considerando zone abitate e infrastrutture direttamente ricadenti nelle aree in frana e nel relativo bacino di influenza. Il grado di vulnerabilità è stato assegnato agli elementi esposti secondo il seguente criterio: ai centri abitati, indipendentemente dal numero di abitanti è stato assegnato il grado di vulnerabilità massimo, pari a V4, alle infrastrutture viarie di importanza nazionale, regionale, provinciale e alle strade comunali di importanza strategica è stato assegnato un grado di vulnerabilità pari a V3, alle strade comunali è stata assegnata una vulnerabilità pari a V2 e alle strade private è stata assegnata una vulnerabilità minima, pari a V1.

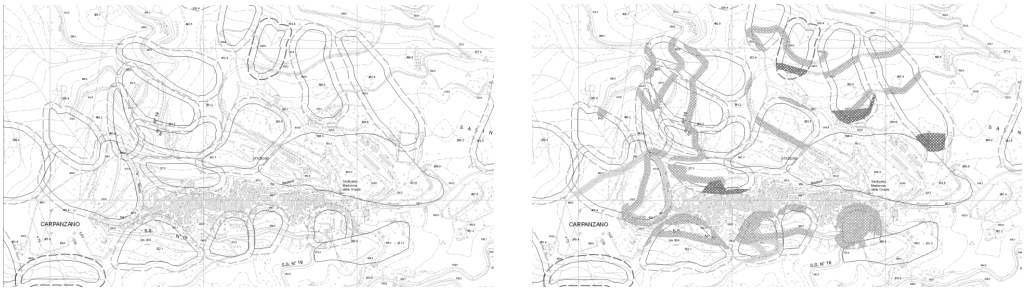


Figura 1 – Individuazione delle aree in frana, del bacino di pericolosità (a sinistra) e delle aree a rischio (destra).

Il rischio frana è stato ottenuto dalla combinazione tra le classi di pericolosità e le classi di vulnerabilità, mediante l'utilizzo di una apposita matrice, che si discosta in modo rilevante da quella adottata in ambito PAI. Questa, infatti, risulta essere sbilanciata verso livelli di rischio medio bassi. Da ciò deriva che allo scenario costituito da una infrastruttura viaria strategica di vulnerabilità V3, come la rete ferroviaria regionale, ricadente in un'area in frana a pericolosità elevata P3, corrispondente ad un fenomeno franoso quiescente - ovvero passibile di attivazione in caso di eventi meteorici di particolare intensità - e rapido, è assegnato un livello di rischio medio R2, per il quale, secondo la letteratura "sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche", con evidente sottostima dello stesso. Pertanto si è scelto di adottare una nuova matrice del rischio, ottenuta facendo la considerazione che gli elementi sulla diagonale principale, derivanti dalla combinazione di vulnerabilità e pericolosità di uguale livello, devono fornire livelli di rischio corrispondenti.

	P4	**P3**	**P2**	**P1**
V4	R4	R3	R2	R2
V3	R3	R2	R1	R1

	P4	**P3**	**P2**	**P1**
V4	R4	R4	R3	R2
V3	R4	R3	R3	R2
V2	R3	R3	R2	R2
V1	R2	R2	R2	R1

Figura 2 – Matrici di rischio adottata in ambito PAI (a sinistra) e nel presente lavoro (destra)

Rischio sismico

Carpanzano è caratterizzato da un altissimo indice di intensità macrosismica, acquisito in seguito al terremoto catastrofico, di intensità stimata pari all'XI grado della scala Mercalli, che il 27 marzo del 1638 rase al suolo tutte le abitazioni del centro abitato, causando la morte di 495 persone. Per la determinazione del rischio sismico si è utilizzata una metodologia di tipo statistico volta ad individuare il numero di persone costrette ad abbandonare la propria abitazione resa inagibile in seguito ad un evento sismico atteso, ai fini del dimensionamento delle aree di accoglienza comunale. Anche questo tipo di analisi ha comportato lo studio della pericolosità sismica della zona e della vulnerabilità degli edifici. La pericolosità sismica di una zona è determinata dalla frequenza con cui avvengono i terremoti e dall'intensità che raggiungono. Dal punto di vista statistico, essa rappresenta la probabilità che un valore prefissato di intensità venga superato in un dato sito entro un fissato periodo di tempo. Nella mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale, elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), la pericolosità è espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Esprimere la pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica anziché di accelerazione consente di caratterizzare gli effetti del sisma sull'ambiente antropico mediante una scala ordinale e discreta. Utilizzando rette di regressione (Capera et al., 2007) è stato possibile desumere che, a livelli di accelerazione compresi tra 2,5 e 3 m/s^2, che esprimono la pericolosità per il comune di Carpanzano, corrispondono intensità macrosismiche comprese tra il VII e l'VIII grado della scala MCS, equivalenti a sismi di grado analogo nella nuova scala europea EMS98. La vulnerabilità di una costruzione riflette la sua capacità di rispondere alle sollecitazioni provocate dal sisma ed è misurata dal danno che la costruzione subisce a fronte di un evento sismico di data intensità. L'assegnazione della classe di vulnerabilità agli edifici di Carpanzano è stata effettuata utilizzando una metodologia sviluppata dal Gruppo Nazionale di Difesa dai Terremoti (GNDT), che si basa sulle Matrici di Probabilità di Danno (DPM). Secondo tale metodologia, le varie tipologie edilizie sono distinte in sei classi di vulnerabilità con andamento decrescente da A ad F che consentono di raggruppare edifici anche diversi tra loro, ma caratterizzati da un comportamento analogo nei riguardi del sisma. L'appartenenza di una struttura edilizia ad una classe di vulnerabilità piuttosto che ad un'altra è stata effettuata, per il comune di Carpanzano, prendendo in esame la tipologia costruttiva dei fabbricati, essenzialmente riconducibile alle due categorie cemento armato e

muratura. Le costruzioni in cemento armato, abbastanza recenti, sono state assegnate per la quasi totalità alla categoria D di vulnerabilità, che comprende le strutture con telaio dotato di una moderata risposta al sisma. Tale categoria risulta per Carpanzano quella caratterizzata da vulnerabilità minima. Per quanto riguarda le costruzioni in muratura, particolare attenzione è stata posta alla qualità della stessa, distinguendo la tipologia del materiale costituente. Ad un materiale scadente, quale il pietrame grezzo, i mattoni crudi, o ai fabbricati in cattivo stato di conservazione per i quali non era ipotizzabile alcun intervento pregresso di ristrutturazione o miglioramento sismico, è stata associata la categoria A, corrispondente ad una vulnerabilità massima, ai fabbricati in pietrame sbozzato oppure in pietra grezza intercalata da strati orizzontali realizzati in mattoni o pietre lavorate (muratura listata) e per i quali era ipotizzabile un qualche intervento di miglioramento sismico (inserimento di cordoli, tiranti in acciao o sostituzione dei solai in legno con solai in putrelle o latero-cementizi) è stata assegnata una categoria B, corrispondente ad una vulnerabilità medio-alta, ai fabbricati in muratura in mattoni o blocchi, per i quali era ipotizzabile la presenza di solai in putrelle o latero-cementizi è stata assegnata la categoria C, di vulnerabilità media. È stata esclusa la presenza di fabbricati di categoria E (vulnerabilità medio bassa) e F (vulnerabilità bassa) essenzialmente riconducibili a strutture in acciaio o a strutture in cemento armato con telaio dotato di risposta sismica molto elevata. La composizione del patrimonio edilizio del comune di Carpanzano, in termini delle classi sopra definite è riportata nel grafico seguente.

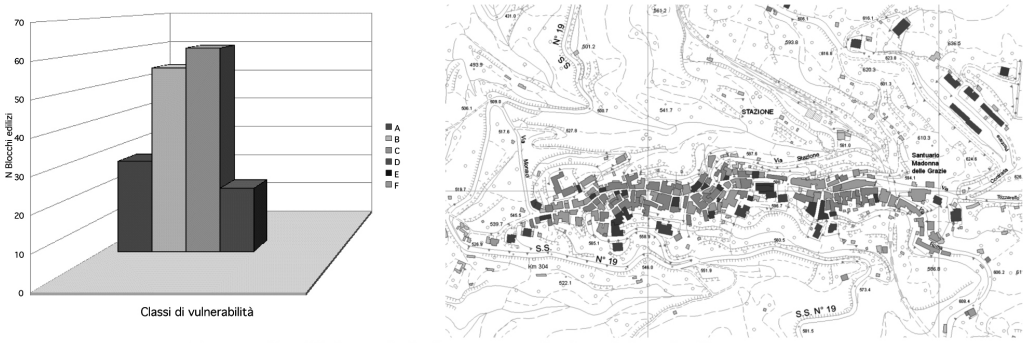


Figura 3 – Vulnerabilità sismica degli edifici di Carpanzano

Grazie all'utilizzo di dati Istat relativi alla composizione del patrimonio edilizio si è stimata la distribuzione della popolazione residente per classi di vulnerabilità. Definite le caratteristiche di pericolosità del territorio e la vulnerabilità del patrimonio edilizio, si è proceduto alla valutazione probabilistica del danno atteso. Per la quantificazione del danno si è fatto riferimento alle definizioni di danno connesse alla scala macrosismica EMS98, relative sia agli edifici in muratura sia a quelli in cemento armato. Secondo queste definizioni si va dal livello di danno 0, corrispondente ad assenza di danno, al livello 5, corrispondente al danno strutturale molto pesante, passando per il livello 3 con il quale gli edifici sono resi inagibili. Per la determinazione della distribuzione probabilistica del danno si è fatto riferimento alla seguente legge binomiale, funzione del solo parametro libero *d*, compreso tra 0 e 1, che rappresenta il danno medio:

$$p_k = \frac{5!}{k!(5-k)!} d^k (1-d)^{5-k} \qquad [1]$$

dove: p_k è la probabilità di avere un danno di livello k (k=0,1,2,3,4,5) ed il simbolo "!" indica l'operatore fattoriale.

	Probabilità del verificarsi di un livello di danno superiore o uguale a 3 per un sisma di grado:					
Classe	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
A	0,42	0,75	0,95	1	1	1
B	0,13	0,42	0,75	0,95	1	1
C	0,01	0,13	0,42	0,75	0,95	1
D	0	0,01	0,13	0,42	0,75	0,99

Figura 4 - Probabilità del verificarsi di un livello di danno ≥ 3 per un sisma di vario grado

La tabella precedente mostra la probabilità del verificarsi di un livello di danno pari a 3 per ogni categoria di edifici e per sismi di diversa intensità. La tabella seguente mostra, invece, sulla base della distribuzione degli abitanti per categoria di edifici precedentemente effettuata, il numero di persone che sarebbero da allontanare dalle proprie abitazioni e, quindi, da alloggiare nelle aree di accoglienza, per sismi di diversa intensità. Poiché il sisma atteso per Carpanzano si attesta intorno all'VIII grado della scala EMS98, le aree di accoglienza sono state dimensionate, in via cautelativa, per ospitare agevolmente un numero di persone pari a circa cento unità.

Classe	**N. abitanti complessivi per classe**	Stima del numero abitanti da evacuare in seguito al verificarsi di sismi di intensità:					
		VII	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**
A	18	8	13	17	18	18	18
B	96	13	40	72	91	96	96
C	170	1	23	71	127	162	170
D	94	0	1	13	39	70	94
Totale	**378**	**22**	**77**	**173**	**276**	**346**	**378**

Figura 5 – Stima del numero di abitanti da evacuare in seguito al verificarsi di sismi di vario grado

Rischio incendi di interfaccia

L'analisi del rischio da incendi di interfaccia è stata effettuata secondo la metodologia indicata nel "Manuale operativo per la redazione dei piani di emergenza comunale di protezione civile". Per la determinazione dello scenario di pericolosità è stata effettuata, in via preliminare, la perimetrazione delle aree antropizzate, attorno alle quali è stata poi individuata una fascia perimetrale, larga circa 200 m, che rappresenta la zona non urbanizzata a più stretto contatto con le aree antropizzate che, per la presenza di vegetazione, per particolari condizioni morfologiche o per la presenza di incendi pregressi, presenta una attitudine più o meno elevata all'innescarsi di incendi di interfaccia. Il grado di pericolosità, basso, medio o alto, è stato assegnato alle zone comprese nella fascia perimetrale, attraverso una analisi multicriteriale, basata su molteplici parametri: il tipo e la densità di vegetazione, la pendenza, il tipo di contatto con aree boschive (a monte, a valle, completamente circondato, etc.), la distanza di eventuali incendi pregressi rispetto alle aree antropizzate, la classe di rischio incendio nella quale ricade il comune di Carpanzano, secondo la classificazione A.I.B. effettuata dalla Regione Calabria ai sensi della legge 353/2000. I dati necessari allo studio della pericolosità sono stati in parte ricavati dalla carta tecnica regionale alla scala 1:5000 (tipo e densità di vegetazione e pendenza) e integrati mediante sopralluoghi, mentre quelli relativi alla perimetrazione degli incendi sono stati tratti dal catasto incendi della Comunità Montana del Savuto. Per vulnerabilità agli incendi di interfaccia si intende la suscettibilità più o meno marcata a subire danni derivanti dall'innescarsi di tali fenomeni. Ai fini della valutazione della vulnerabilità si è definita una fascia di interfaccia, intendendo come tale una ristretta fascia, inscritta nel perimetro delle aree antropizzate, della larghezza di circa 30 metri. La definizione della fascia di interfaccia consente di individuare "la zona di contiguità tra le strutture antropiche e la vegetazione ad esse adiacente esposta al contatto con i sopravvenienti fronti di fuoco". Per la determinazione della vulnerabilità della fascia di interfaccia, si è suddivisa la stessa in porzioni omogenee per caratteristiche quali il numero e la sensibilità degli esposti. Sulla base di tali parametri è stata assegnata a ciascuna porzione della fascia di interfaccia un valore di vulnerabilità. Le classi di

vulnerabilità individuate secondo le indicazioni del manuale operativo sono tre, corrispondenti ad un livello di vulnerabilità basso, medio o alto degli esposti.
Il rischio derivante da incendi di interfaccia è stato determinato incrociando i dati relativi alla pericolosità della fascia perimetrale e alla vulnerabilità della fascia di interfaccia.

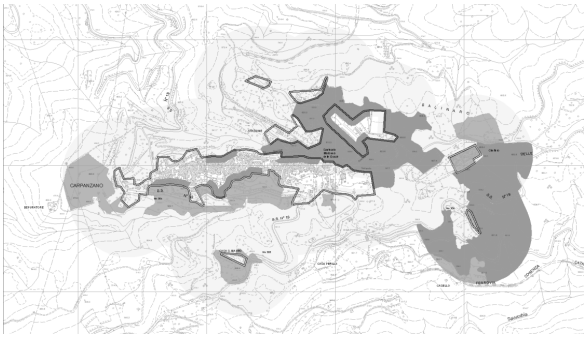


Figura 6 – Carta del rischio da incendi di interfaccia

Risultati e conclusioni

Gli studi effettuati hanno permesso di mettere in luce le situazioni di rischio presenti nel territorio di Carpanzano, riconducibili essenzialmente alla presenza di fenomeni franosi, alla elevata pericolosità sismica e al probabile innescarsi di incendi. In relazione al rischio idrogeologico è emerso che il territorio di Carpanzano presenta molteplici frane, alcune attive, molte quiescenti, cioè passibili di attivarsi in condizioni di maltempo, che interessano porzioni marginali dell'abitato e diverse infrastrutture, alcune delle quali strategiche; in relazione al rischio sismico, pur trovandosi l'abitato in una zona ad alta sismicità, si è riscontrato che la maggior parte degli edifici presenta una vulnerabilità al sisma da alta a medio-alta, mentre solo pochi, quelli più recenti in cemento armato, presentano una vulnerabilità medio-bassa. In merito al rischio incendi, si è visto che le zone più esposte sono quelle che si trovano nella parte nord-orientale dell'abitato, che interessano strutture quali il campo sportivo, la stazione, il nuovo quartiere residenziale, ma anche alcune zone del centro storico dove sono presenti chiese e palazzi monumentali e strutture per anziani. Questa base di conoscenze dovrebbe servire, a nostro avviso, non solo alla pianificazione e gestione delle situazioni di emergenza, per le quali essenzialmente è stata realizzata, ma anche, e soprattutto, dovrebbe dare l'avvio alla messa a punto di azioni mirate di prevenzione - risanamento strutturale, consolidamento dei versanti, gestione del patrimonio boschivo, pulizia degli incolti, etc. - volte ad impedire, nei limiti del possibile, il verificarsi di disastri evitabili.

Bibliografia

Presidenza del Consiglio dei Ministri (2007), *Manuale Operativo per la predisposizione di un piano comunale o intercomunale di Protezione Civile*

Giunta Regionale della Calabria (2007) *Linee guida per la pianificazione comunale di emergenza di protezione civile*, Deliberazione n. 472 del 24 luglio 2007

Stucchi M., Camassi R., Rovida A., Locati M., Ercolani E., Meletti C., Migliavacca P., Bernardini F., Azzaro R. (2007), "DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04", *Quaderni di Geofisica*, 49, http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/

Gómez Capera A.A., Albarello D., Gasperini P. (2007), *Aggiornamento relazioni fra l'intensità macrosismica e PGA*. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D11, http://esse1.mi.ingv.it/d11.html

Giovinazzi S., Lagomarsino S. (2001), "Una metodologia per l'analisi di vulnerabilità sismica del costruito", Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica", *Atti del X Congresso Nazionale "L'ingegneria Sismica in Italia"*, Potenza-Matera.

DB TOPOGRAFICI SECONDO LE SPECIFICHE INTESA-GIS: LA NUOVA CARTA TECNICA DELLA REGIONE ABRUZZO

Filippo DEL GUZZO (*), Irma FUNDARÒ (**), Fabrizio CADONI (***)

(*) Regione Abruzzo-Struttura Speciale di Supporto Sistema Informativo Regionale, via Leonardo da Vinci n° 6 L'Aquila, 08623631, filippo.delguzzo@regione.abruzzo.it
(**) Assoservizi s.p.a., Localita' Boschetto Di Pile L'Aquila, 0862 401407, irma.fundaro@libero.it
(***) Consulente GIS, ha operato per conto del CNIPA nel progetto Pr5SIT, Roma, 3396346733, fabrizio.cadoni@gmail.com

Riassunto
La produzione di dati spaziali e di banche dati geografiche ha visto negli ultimi anni uno sviluppo notevole. Tale situazione rende, di fatto, necessario realizzare tali banche dati secondo degli standard definiti a livello nazionale. I documenti redatti da "Intesa Stato Regioni Enti-Locali", in particolare le "SPECIFICHE PER LA REALIZZAZIONE DEI DATA BASE TOPOGRAFICI DI INTERESSE GENERALE" definiscono le linee guida per la realizzazione dei database topografici con lo scopo di ottenere banche dati territoriali, definite a livello regionale, che abbiano caratteristiche di fruibilità e di interoperabilità.
La Regione Abruzzo attraverso il progetto "Servizi Informativi Integrati per la Gestione del Territorio" ha avviato il processo di filiera con l'obiettivo di aggiornare la carta tecnica regionale numerica 1:5000 e di implementare tale cartografia all'interno del proprio Database Topografico Integrato. Le soluzioni tecniche adottate dalla Regione Abruzzo rendono l'intero progetto particolarmente innovativo.

Abstract
In recent years the production of spatial data and geographic database has known a significant development. For this reason this situation needs a standards nationally defined. In particular the document "SPECIFICHE PER LA REALIZZAZIONE DEI DATA BASE TOPOGRAFICI DI INTERESSE GENERALE" developed by "Intesa Stato Regioni Enti-Locali" defines the guide lines to build regional geodatabase which have characteristics of usability and interoperability.
Regione Abruzzo with the project "Servizi Informativi Integrati per la Gestione del Territorio" mean to update his regional numeric map 1:5000 and integrate it into the new Integrated Topografic Database defined whit the "Intesa Stato Regioni Enti-Locali" standards. For this reason the whole project is very innovative.

Introduzione

La sfida di riportare dettagliatamente il mondo circostante in una cartografia, sembra non volersi concludere. L'evoluzione alla quale assistiamo, ormai da secoli, ha subito nell'ultimo decennio un repentino cambio di rotta. Grazie all'istituzione, presso Intesa Stato Regioni Enti-Locali Sistemi Informativi Territoriali (di seguito Intesa), del Comitato Tecnico di Coordinamento delle "Specifiche per la realizzazione dei data base topografici di interesse generale" (1007), si sono gettate le basi per la definizione di standard per la realizzazione di cartografie di base, con la conseguenza di garantire uniformità, sia nei rilievi che nell'archiviazione dei dati, a livello nazionale, ad oggi del tutto assente.
L'azione innovatrice svolta dall'Intesa, è stata proprio quella di introdurre i Geo DataBase (si seguito GeoDB) per l'archiviazione della cartografia di base. Effettivamente è riduttivo definire

l'insieme dei dati presenti nel documento prodotto dall'Intesa "cartografia di base", perché il livello di dettaglio di descrizione degli oggetti va ben oltre quello fin ora consentito dalle cartografie tradizionali.
Fino ad oggi, infatti, lo scopo della cartografia di base era quello di dare un'accurata descrizione del territorio, laddove l'accuratezza era focalizzata soprattutto sull'esatta collocazione spaziale degli oggetti, al fine di una produzione a stampa. Per arrivare a questo risultato veniva seguita o la strada dei file di disegno, o quella dei file di tipo GIS; mentre con i primi i dati venivano archiviati sottoforma di strati informativi omogenei per classe di appartenenza (edifici, curve di livello, fiumi, strade, etc.) ai quali veniva assegnata una legenda omogenea per classe (es. tutti gli edifici con campitura piena nera), i secondi potevano essere arricchiti di qualche ulteriore grado di dettaglio e soprattutto potevano alternativamente essere organizzati sottoforma di strati uniformi geometricamente (es. strato poligonale, strato puntuale e strato lineare). Qualunque fosse l'approccio seguito, ai fini della stampa cartografica, non si riscontrava alcuna differenza. Considerando le due filosofie di pensiero per la realizzazione di cartografia di base, la conclusione è che non si poteva in alcun modo ottenere una descrizione del territorio particolarmente dettagliata perché il numero di possibili tematizzazioni, anche se virtualmente infinito, non è apprezzabile all'occhio umano, per poter far cogliere le differenze degli oggetti rappresentati è necessario stabilire un numero finito e contenuto di voci di legenda. Per poter garantire l'interpretazione della carta stampata era pertanto necessario creare delle classi generiche dove far confluire l'insieme degli oggetti, ad esempio la classificazione degli edifici veniva fatta tra "edificio generico", "edificio di culto", "edificio industriale", ma ulteriori classificazioni venivano al più rimandate alle indicazioni di toponomastica, di certo non poteva essere fatta una sottoclassificazione accurata, come quella proposta attualmente dal documento di Intesa, che prevede la distinzione della tipologia edilizia, della categoria d'uso, dello stato di conservazione dell'edificio. È evidente che la finalità che si vuole raggiungere ora, non è più quella della carta stampata, ma quella di un archivio dettagliato consultabile a seconda delle necessità dell'utenza direttamente dal computer, e prevedendo eventualmente la possibilità di produrre stampe come quelle tradizionali, o di un sottoinsieme di oggetti.
La rivoluzione introdotta dall'Intesa, si è affacciata in un periodo nel quale quasi la totalità delle regioni italiane avevano rinnovato la cartografia di loro competenza con la conseguenza di non poter giustificare un ingente investimento economico per il rinnovo delle cartografie di base secondo i nuovi standard. La soluzione alla quale si è addivenuti è stata, come nel caso della Regione Abruzzo, quella di provvedere ad una conversione della cartografia presente. Il termine conversione va inteso da un duplice punto di vista perché si è provveduto ad applicare una conversione di formato dati, nel caso particolare da *shapefile* a GeoDB Oracle, ed anche di geometrie. È stato necessario introdurre conversioni di geometrie perché nella cartografia tradizionale si faceva spesso ricorso all'uso di primitive geometriche lineari per descrivere delle aree, senza peraltro inficiare la resa visiva della stampa cartografica. Il ricorso all'uso di archi effettivamente era meno difficile, specialmente se applicato a situazioni complesse quali ad esempio area agricole al cui interno erano presenti abitazioni, tettoie, laghi, siepi. Se si fosse dovuto trattare queste aree sottoforma di poligoni, questi avrebbero dovuto essere "bucati" da altri oggetti, oppure, se non si fosse voluto applicare la regola della "sottrazione" delle aree, si sarebbe almeno dovuto provvedere alla disposizione dei livelli informativi in modo tale da garantire la visualizzazione di tutti gli oggetti o l'utilizzo di particolari campiture al fine di evitare che gli "oggetti contenitore" non consentissero la visualizzazione degli "oggetti contenuti". Ma oltre alla complessità del trattamento di geometrie poligonali, bisogna anche focalizzare l'attenzione sul problema dello spazio fisico occupato nel computer dai file di tipo poligonale, infatti fino a qualche tempo fa questo era un problema rilevante legato al costo del materiale dei supporti sui quali archiviare i dati, alla capacità limitata di memoria dei supporti ed alla velocità macchina necessaria per il loro trattamento. Ecco che pertanto si prediligeva l'uso di primitive lineari che producono file di modeste dimensioni. Ma se da un punto di vista pratico il largo utilizzo di geometrie lineari era

necessario, da un punto di vista concettuale quest'applicazione era certamente meno "ortodossa" perché comunque non consentiva l'applicazione di operatori topologici complessi, tali da stabilire ad esempio l'applicazione di regole di adiacenza, di non sovrapposizione, o la sovrapposizione solo di alcuni oggetti. Inoltre considerando la finalità quasi esclusiva della produzione a stampa, spesso non venivano rappresentati gli oggetti nella loro interezza, si pensi al caso delle aree stradali: queste venivano rappresentate, sottoforma di archi laddove non si rilevava la presenza di altri oggetti che facessero da confine, infatti l'area stradale solitamente era lo "spazio bianco" della carta. Per le nuove finalità che si vogliono raggiungere con la strutturazione in GeoDB, ogni oggetto deve avere una sua specifica connotazione geometrica, non può assolutamente essere considerato come la "differenza" tra gli altri oggetti rappresentati, ma dovrà avere una sua dimensione fisica. Ecco che al fine di poter stabilire un rapporto di conversione tra cartografia tradizionale e GeoDB, è stato necessario procedere alla normalizzazione degli oggetti rappresentati, introducendo un'ulteriore fase di lavoro intermedia per poter dar poi seguito alle operazioni di popolamento della banca dati.

Metodologia

Il lavoro più complesso ha sicuramente riguardato la conversione delle geometrie che da lineari, sono state trasposte in poligonali. Non sempre è stato possibile effettuare una conversione immediata, ma spesso è stato necessario ricorrere ad una nuova digitalizzazione speditiva, facendo naturalmente ricorso all'ortofoto coeva dei rilievi originali.

Si è proceduto inizialmente al disegno della banca dati, utilizzando il documento 1007 prodotto da Intesa prendendo in considerazione tutte le tabelle effettivamente popolabili con i dati originali della carta tecnica. A tali tabelle, sono stati inseriti ulteriori campi di servizio quali il *layer* di provenienza, un campo note, ed il numero di sezione di appartenenza; il primo perché, trattandosi di operazioni di conversione, è bene tenere presente qual è l'origine del dato, e poter eventualmente essere in grado di intervenire in maniera correttiva circa l'esatta collocazione dello stesso in banca dati, il campo note, sempre per la stessa ragione, per segnalare eventuali situazioni dubbie da verificare ulteriormente, il numero di sezione per semplificare le operazioni di eventuale correzione, verifica, rintracciando il numero di sezione al 5k, seguendo la tradizionale numerazione. Naturalmente questi saranno campi che una volta portato a regime il GeoDB, andranno a perdere di significato e potranno essere rimossi, ma al momento rappresentano un ulteriore elemento di verifica per facilitare le operazioni di controllo circa l'esattezza della trasposizione della totalità delle informazioni.

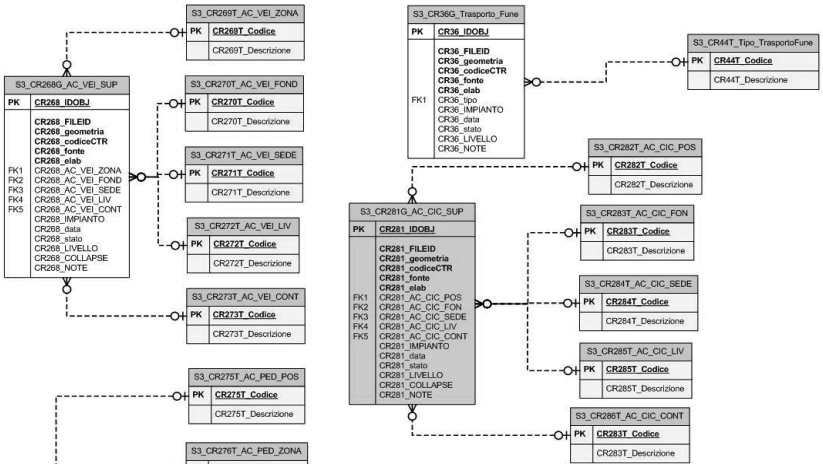


Figura 1- Estratto dello schema del nuovo DB

Al termine del disegno della banca dati, si è reso necessario stabilire una matrice definita di *cross-reference*, che stabilisse il rapporto di conversione tra gli oggetti della carta tecnica originali e la loro destinazione nel GeoDB. Il rapporto di conversione ha riguardato sia la definizione univoca dei codici da adottare, perché si sono presentati casi in cui più codici erano stati utilizzati per descrivere stesse tipologie di oggetti, che una conversione tra geometrie di origine e geometrie definitive, stabilendo le operazioni da applicare per raggiungere l'obiettivo.
Una volta fissate queste regole, si è proceduto a definire le relazioni topologiche che dovevano intercorrere tra i vari oggetti. In Regione Abruzzo, i vecchi rilievi erano stati eseguiti in 3D, pertanto si è operato, tenendo conto che era possibile la gestione visiva, non solo concettuale, delle sovrapposizioni, rappresentate da ponti e gallerie garantendo quindi continuità rappresentativa dell'uso del suolo al di sotto delle aree ponte, ed al di sopra delle aree in galleria. Per tutti gli altri oggetti, invece è stato stabilito il rapporto di adiacenza, tale da evitare la presenza di aree in sovrapposizione ed aree di buco.

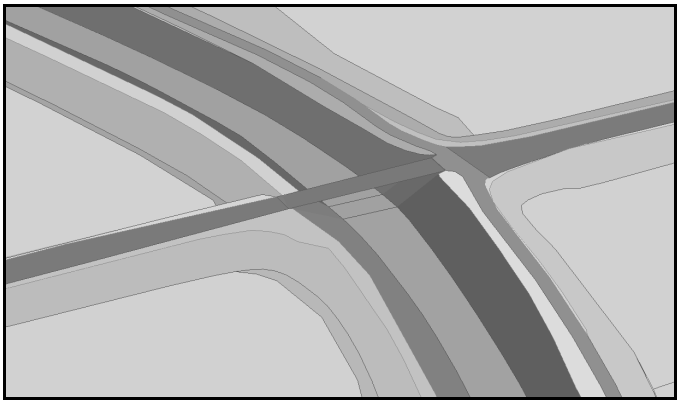


Figura 2 - Un ponte stradale su fiume

Al termine di questa serie di operazioni che possiamo definire preliminari, sono state materialmente operate le conversioni e l'integrazione delle informazioni mancanti attraverso la fotointerpretazione speditiva, con l'ausilio dell'ortofoto coeva dei rilievi originali.
Considerando la mole di informazioni da processare e la varietà di casistiche presenti, si è continuato a lavorare nel formato *shapefile*, rimandando al termine delle operazioni il popolamento della banca dati. Si è ritenuto necessario utilizzare questo approccio perché la fornitura di carta tecnica della Regione Abruzzo, non era omogenea su tutto il territorio, pertanto si è prima dovuto procedere con l'uniformazione dei dati e successivamente alla loro trasposizione in banca dati. Le operazioni più consistenti hanno riguardato:

1. la costruzione delle unità volumetriche, a partire dagli oggetti poligonali "edificio" e dagli oggetti lineari "dividenti architettoniche"; queste ultime consentivano la descrizione delle variazioni in quota all'interno di un edificio. Una volta provveduto alla costruzione delle unità volumetriche, sono stati riportati i valori di quota in gronda, quota al piede ed estrusione dell'oggetto.

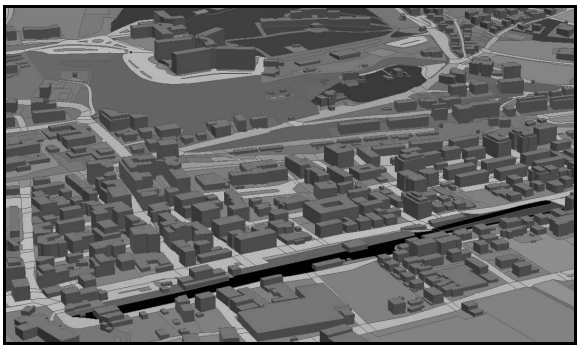


Figura 3 - Rappresentazione delle unità volumetriche

2. La costruzione delle aree stradali e l'individuazione di incroci, piazze, aree a traffico non strutturato. Queste informazioni non erano presenti nella vecchia restituzione di carta tecnica ed è stato necessario inserirle, per avere una coerenza con l'applicazione del documento 1007.

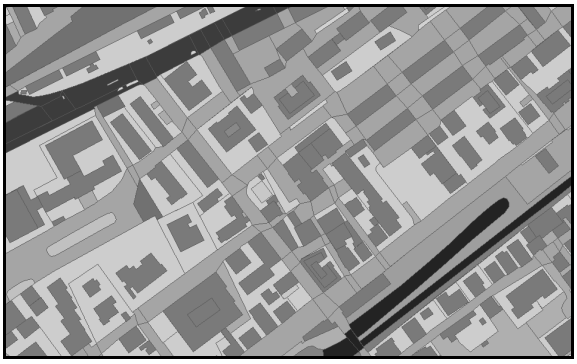


Figura 4 - Rappresentazione in pianta della cartografia, con introduzione delle aree stradali, incroci, piazze, aree a traffico non strutturato ecc

La sostanziale differenza tra la situazione delle aree stradali prima e dopo le operazioni di uniformazioni dei dati si presenta come esemplificato nelle sottostanti immagini a confronto:

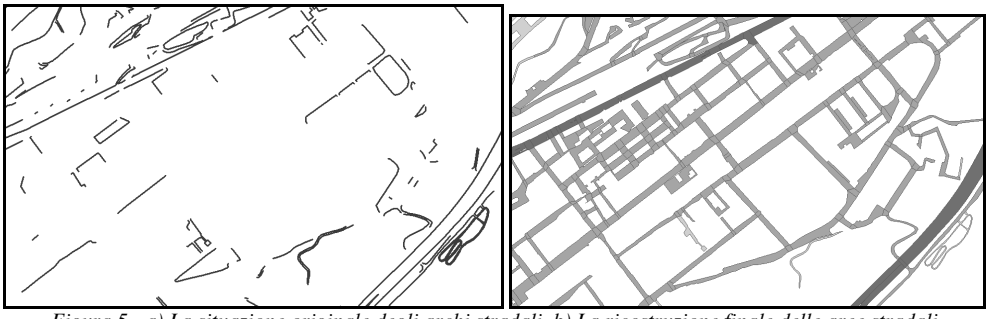


Figura 5 - a) La situazione originale degli archi stradali, b) La ricostruzione finale delle aree stradali

Al termine di queste operazioni si è proceduto alla roto scalo traslazione dei file dal sistema di coordinate nativo Gauss-Boaga fuso Est al sistema UTM WGS84-33N. Il cambio del sistema di coordinate è un ulteriore innovazione alla quale si sta uniformando tutta la nazione a seguito del sempre più vasto uso dei sistemi satellitari.
Per effettuare il caricamento della banca dati, è stato sviluppato un software ad hoc basato intanto sul principio di conversione di formato da *shapefile* a *SDO_GEOMETRY* che agli effetti pratici non è solo un cambio nel formato dei dati e di geometria, ma una vera e propria trasformazione complessa dei dati, che può essere di tipo geometrico, topologico, strutturale e del contenuto informativo, poi un insieme di regole per far si che in banca dati vengano accettati esclusivamente oggetti correttamente classificati, secondo la codifica stabilita, ed altre regole per verificare la congruenza topologica dei dati. Operate tutte queste verifiche, il software genera un log che evidenzia eventuali problematiche relative o all'inconsistenza della geometria utilizzata o all'inesistenza del codice. Il popolamento della banca dati prevede anche il popolamento del metadato relativo all'oggetto inserito.
In considerazione del nuovo volo (2007-2008) realizzato dalla Regione Abruzzo, è stato possibile eseguire una campagna di fotorestituzione delle variazioni intervenute nel territorio, per dar vita ad un aggiornamento della carta tecnica. Grazie a tale operazione è stato possibile, oltre alla fornitura di un aggiornamento di informazioni, anche alla risoluzione di quelle situazioni problematiche messe in evidenza nella precedente fase di adeguamento della carta tecnica e riportate nell'apposito campo note.
Al termine di questa fase, si provvederà ad un nuovo popolamento della banca dati, archiviando le precedenti informazioni e consentendo all'Amministrazione di tenere un archivio temporale strutturato, per collezionare le successive edizioni di cartografia di base.

Conclusioni
Risulta evidente che il popolamento della banca dati è solo alla sua fase iniziale, del resto a partire dalle informazioni presenti nella carta tecnica originale, non è stato possibile arricchire gli oggetti di tutti quei particolari che richiedeva il documento Intesa. La suddivisione degli oggetti nei relativi temi e classi di destinazione, non è altro che un'attribuzione di massima che dovrà poi essere gestita in collaborazione con i tecnici dei comuni. La struttura che si sta realizzando permette di sviluppare molteplici servizi che possono sfruttare la rete internet ed intranet. Questi servizi permetteranno di integrare le informazioni esistenti nella nuova carta tecnica per rendere la classificazione molto più rispondente alla realtà del territorio e soprattutto di eseguire un aggiornamento dello stesso dato cartografico quasi in tempo reale in base ai progetti approvati dai singoli uffici comunali. La strutturazione del geodatabase in base alle specifiche Intesa è sicuramente il passo iniziale per permettere di raggiungere una piena "interoperabilità" che tutti gli addetti del settore, i cittadini ed in particolare Regione Abruzzo si auspicano.

Bibliografia
Regione Abruzzo (2005), "Servizi informativi integrati per la gestione del territorio della Regione Abruzzo – Capitolato speciale d'appalto"
Regione Abruzzo (2006), "Progetto esecutivo definitivo III Lotto Servizi informativi integrati per la gestione del territorio della Regione Abruzzo"
Comitato per le regole tecniche sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni (2006), "Il catalogo degli oggetti (Revisione delle specifiche di contenuto 1n1007_1 e 1n1007_2) - 1n1007_1-2_vers2006"

I SERVIZI DI ACCESSO E DI GESTIONE DELL'INFORMAZIONE GEOGRAFICA DELLA REGIONE ABRUZZO

Filippo DEL GUZZO, Valentina VALLERIANI, Alessandro CACCHIONE

(*) Regione Abruzzo, Struttura Speciale di Supporto – Sistema Informativo Regionale, 67100 L'Aquila
tel +39 0862363263, email: filippo.delguzzo@regione.abruzzo.it, valentina.valleriani@regione.abruzzo.it, alessandro.cacchione@regione.abruzzo.it,

Riassunto
La Regione Abruzzo ha avviato diversi progetti per l'aggiornamento e la produzione di nuovi dati cartografici con l'obiettivo di avere a disposizione una migliore rappresentazione territoriale dell'intera area regionale. Tali informazioni, unitamente ai dati cartografici storici, oltre ad essere utili alla collettività, pubbliche amministrazioni, professionisti e Protezione Civile in caso di emergenza, risultano fondamentali per la pianificazione del territorio. Dal confronto dei dati storici con quelli più recenti è possibile analizzare i cambiamenti che ha subito un territorio ed ipotizzarne le dinamiche evolutive. A tal proposito la Regione Abruzzo da tempo si è posta il problema di rendere tali dati accessibili e fruibili, attraverso procedure che risultino le più semplici ed efficaci possibili. Di conseguenza, accanto a servizi liberamente consultabili, conformi alle specifiche dell'Open Geospatial Consortium (OGC), si è posta la necessità di implementarne altri che richiedono sistemi di controllo e di accesso. Questi permetteranno di abilitare solo utenti opportunamente censiti, che avranno anche disponibilità di accesso a dati sensibili.

ABSTRACT
The Region Abruzzo has started different projects for the updating and the production of new cartographic data, with the objective to obtain a good territorial representation of the whole regional area. Such information, together to the historical cartographic data, over to be useful to the collectivity, public administrations, professionals and Civil Protection, result fundamental for the planning of the territory. From the comparison of the historical data with those more recent it is possible to analyze the changes that a territory has suffered and to hypothesize its evolutionary dynamics. To such intention the Region Abruzzo has faced the problem of as to make such data accessible and usable through simple and effective procedures. Consequently, together with free services, conform to the specific of the Open Geospatial Consortium (OGC), there is the necessity to implement other services of control and access. Such services allow to train only authorized consumers that have the possibility to access sensitive data.

Introduzione

I Sistemi Informativi Territoriali (SIT) rispondono all'esigenza di raccogliere, elaborare e gestire informazioni relative al territorio. Dalla necessità di condividere tali informazioni in rete nasce il WebGIS, che rientra nella categoria delle applicazioni Web Oriented. Diffondere informazioni geografiche attraverso la rete dà la possibilità di inserire, manipolare, elaborare ed analizzare dati georeferenziati utilizzando un qualsiasi Personal Computer connesso alla rete Internet . Diffondere informazioni geografiche attraverso la rete Internet dà inoltre la possibilità di raggiungere facilmente una vasta platea di utenti.

Le applicazioni WebGis permettono la distribuzione di dati geo-spaziali, in reti internet e intranet, sfruttando le analisi derivanti dai software GIS. Un sistema web-gis si basa su normali funzionalità Client-server, come una classica architettura Web. Il client è un qualsiasi browser, come ad esempio Firefox, Explorer, il lato server consiste in Web-server (ad esempio Apache) oppure un Application Server (ad esempio Tomcat) ed infine un Map Server come ad esempio UMN Mapserver.
Lo scopo principale della Regione Abruzzo è quello di implementare servizi web-gis che risultino conformi agli standards OGC (Open Geospatial Consortium) in modo che la maggior parte dei dati siano fruibili da una vasta platea di utenti. Parallelamente a questi servizi, è stata realizzata un'infrastruttura che consente di erogare servizi tipo web su base gis molto più avanzati che permettono la consultazione dei dati solo ai soggetti che hanno le credenziali di accesso.

Standards e geoservizi OGC
L'Open Geospatial Consortium è un consorzio internazionale no-profit costituito da aziende private, agenzie governative ed università che si prefigge di sviluppare delle regole standard per i servizi geospaziali (http://www.opengeospatial.org/ogc)
Questi sono classificabili come sistemi software che scambiano dati sul protocollo HTTP. L'interazione tra i servizi e le applicazioni avviene mediante l'invio di messaggi XML. Il sistema di comunicazione garantisce l'interoperabilità essendo indipendente dalla piattaforma hardware, dal sistema operativo e dal formato originario dei dati: qualsiasi software client e server possono comunicare tra di loro purché implementino in modo corretto gli standard. L'interscambio di dati geo-spaziali avviene tra diversi elaboratori facenti parte della stessa rete o facenti parte di reti diverse comunicanti tra loro (World Wide Web).
La crescente necessità di condividere dati geospaziali, nel corso degli anni ha fatto sì che l'interoperabilità dei geo-servizi diventasse uno standard di fatto. A tal proposito fu creato lo standard **ISO19128 - Web map server interface** che fa parte degli standard prodotti da **ISO/TC211**, il comitato tecnico che dal 1994 si occupa di standard per le informazioni geografiche e la telematica. In particolare l'**ISO19128** specifica il comportamento di un servizio web che produce dinamicamente mappe di dati spazialmente riferiti a partire da informazioni geografiche. Questo standard internazionale definisce una "mappa" come rappresentazione di informazioni geografiche restituendo un'immagine digitale idonea ad essere visualizzata sullo schermo di un computer.
Il termine *interoperabilità* viene utilizzato in ambito tecnologico per indicare un elevato grado di sinergia tra sistemi diversi; combinando i diversi aspetti e le diverse specifiche funzionalità appartenenti a sistemi software diversi si possono infatti ottenere nuovi servizi e nuove funzionalità. Tutto ciò oltre a rendere i servizi web più accessibili e fruibili, ne abbatte notevolmente i costi di sviluppo grazie al "riuso" di codice già scritto ed allo sfruttamento di sevizi già a regime di funzionamento. Il fenomeno dell'interoperabilità è direttamente legato alla ormai consolidata tendenza di far convergere su alcune tecnologie evolute, una vasta gamma di servizi. Di seguito saranno descritte brevemente alcune delle principali specifiche ISO19128, OGC che la Regione Abruzzo utilizza per la diffusione delle proprie informazioni geografiche.

WMS (Web Map Service) nasce come specifica definita dall'Open Geospatial Consortium e consente di generare dinamicamente mappe di dati spazialmente riferiti a partire da informazioni geografiche. Offre l'accesso all'immagine del dato e non al suo dato "sorgente". Supporta una serie di richieste che consentono di conoscere le caratteristiche del servizio, i dati che esso è in grado di fornire, i sistemi di riferimento disponibili per la visualizzazione del dato e di fare interrogazioni puntuali per estrarre il contenuto alfanumerico di un dato vettoriale.
WFS (Web Feature Service) è servizio web che permette la richiesta e l'importazione da parte di un client di oggetti geografici attraverso il Web, usando chiamate indipendenti dalla piattaforma (*Fig*.1) . A differenza del servizio WMS che restituisce solo mappe attraverso immagini , il servizio WFS restituisce oggetti geografici definiti sottoforma di 'codifica standard'(GML,shapefile) , quindi spazialmente analizzabili.

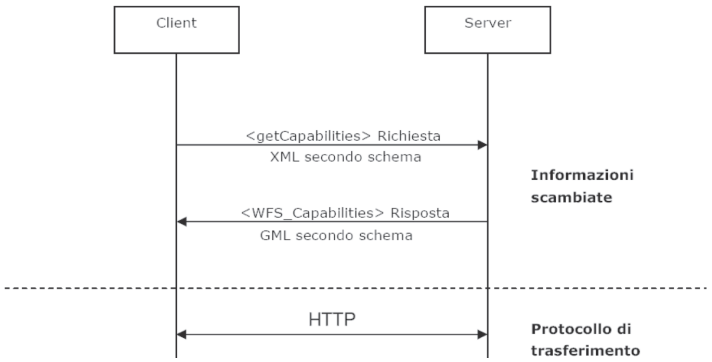


Figura 1 – Esempi di comunicazione WFS

SLD (Styled Layer Descriptor) è una specifica standard di vestizione delle mappe, molto flessibile e potente implementata da diverse tipologie di mapserver (UMN-Mapserver, Geoserver, ecc..). Un sld può essere associato ad un WMS per definire lo stile di rendering da associare alle feature di un layer. L'SLD può essere utilizzato sia nella fase di catalogazione del layer all'interno di un map server (ad. es. GeoServer), sia nelle richieste GetMap inviate dai client di consultazione. Il map server deve ovviamente implementare lo standard WMS oltre allo standard SLD

Servizi avanzati della Regione Abruzzo

La Regione Abruzzo è stata una delle regioni capofila del progetto SigmaTer che nasceva nel maggio del 2003 con lo scopo di realizzare un'infrastruttura informatica che eliminasse il gap tecnologico che separa le amministrazioni locali dalla Regione e dall'Agenzia del Territorio allestendo Centri Servizi a livello regionale, nei quali concentrare tutte le complessità tecnologiche di comunicazione e di interoperabilità con il catasto e con le altre fonti dati, lasciando ai Comuni il compito di erogare i servizi. Le informazioni vengono raccolte a livello regionale all'interno di un DataBase Territoriale Integrato (DBTI) e sono rese disponibili dalle Regioni mediante lo sviluppo di servizi di back-office. Tali servizi offrono le funzionalità elementari sulla base delle quali è possibile erogare servizi agli utenti finali del sistema. I servizi di back-office sviluppati dalla Regione sono stati definiti "Servizi Infrastrutturali", mentre le applicazioni finali di front-office che li consumano sono dette "General Purpose" nel caso siano sviluppate direttamente dalla Regione per fornire un servizio di utilizzo generico, oppure "Applicazioni Locali" nel caso in cui siano sviluppate dai Comuni o dalle Province per scopi specifici.

I dati catastali (censuario e cartografia) sono quindi di fatto disponibili per la consultazione nel DBTI regionale attraverso due modalità:

- le Applicazioni General Purpose per gli utenti
- i Servizi Infrastrutturali per le applicazioni.

Questa distinzione consente la possibilità da parte di qualunque Ente Locale di accedere ai dati contenuti nel DataBase Territoriale Integrato e di usufruirne per l'espletamento di servizi: la differenza consiste esclusivamente nel fatto che mentre nel primo caso i dati sono accessibili esclusivamente nell'ambito di applicazioni standard sviluppate dalle regioni e accessibili attraverso il web, nel secondo caso invece l'Ente Locale può "portarsi in casa" il dato, andando così ad implementare le proprie banche dati locali che farà girare su proprie applicazioni specifiche. La qualità e la disponibilità dei dati, quindi, sono parimenti garantite in entrambi i casi. SigmaTer si propone pertanto di raggiungere gli obiettivi di creare un'infrastruttura per l'interscambio e l'integrazione di informazioni catastali e territoriali e di sviluppare un ampio numero di servizi per cittadini, professionisti e imprese, a supporto della gestione del territorio e della fiscalità locale.

L'intera infrastruttura descritta si basa sul Database Topografico Integrato o DBTI realizzato integralmente su piattaforma Oracle che costituisce il "contenitore" su cui riversare i dati cartografici e alfanumerici. Tali dati, a loro volta, rappresentano la base per lo sviluppo dei servizi rivolti ai cittadini, ai comuni ed alle pubbliche amministrazioni in genere. I servizi realizzati nell'ambito di tale progetto si dividono in due gruppi in base alle modalità di accesso: protetti e liberi

Nel primo gruppi rientrano tutte quelle applicazioni che permettono di consultare ed utilizzare ed eventualmente aggiornare dati sensibili come, per esempio, quelli contenuti nelle banche dati del catasto e per questo l'accesso è limitato solo agli utenti abilitati; nel secondo gruppo rientrano soprattutto i servizi di consultazione delle banche dati pubbliche che quindi non richiedono limitazioni nell'accesso.

Nell'ambito di questa infrastruttura, la Regione Abruzzo ha sviluppato nuovi progetti per la realizzazione di servizi web-gis per:

- consultazione del piano PSDA (Piano Stralcio per la Difesa delle Alluvioni);
- consultazione del piano PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico);
- consultazione del piano EPC (Piano per la Gestione delle Emergenze della Protezione Civile);
- applicazione per l'inserimento e la gestione delle schede del metodo "AUGUSTUS"

Tutte le banche dati dei piani e delle schede ricordate, erano state precedentemente realizzate utilizzando diversi criteri: per i piani PSDA e PAI si avevano principalmente file shape, mentre i dati della Protezione Civile erano stati inseriti in un database Postgis che era consultabile solo a pochi utenti. I dati sono stati inseriti in apposite tabelle create come estensione del database DBTI Oracle e su questi si sono costruiti appositi servizi di consultazione, gestione e modifica. Il vantaggio principale è sicuramente quello di rendere disponibili i dati ufficiali per la consultazione ad un ampio numero di utenti che comunque dovranno essere registrati nel sistema di controllo degli accessi dell'infrastruttura Sigmater.

Risultati

La Regione Abruzzo attualmente sta predisponendo un portale web tramite il quale verranno esposti gli indirizzi ai server che sono tutt'ora in grado di fornire i servizi WMS, WFS, CSW (Fig.3) sperimentali per la visualizzazione, download e alla ricerca dei dati geografici.

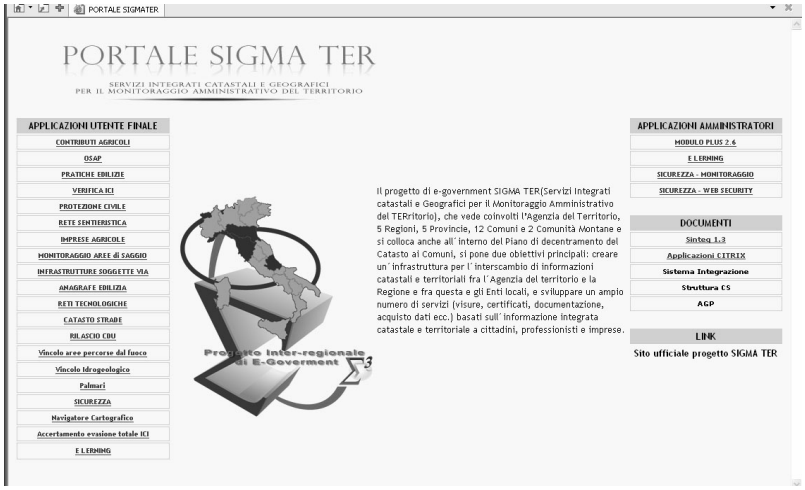


Figura 2 – Portale per l'esposizione dei servizi

Figura 3 – Esempi dei servizi di navigazione WMS e WFS

Tramite lo stesso portale si può accedere anche a tutti i servizi Sigmater. Gli utenti registrati hanno accesso alle applicazioni avanzate che si basano sui dati catastali. I nuovi servizi renderanno disponibili i dati aggiornati dei piani PSDA, PAI, EPC e quelli relativi al metodo "AUGUSTUS" che risultano fondamentali per la gestione della pianificazione delle emergenze.

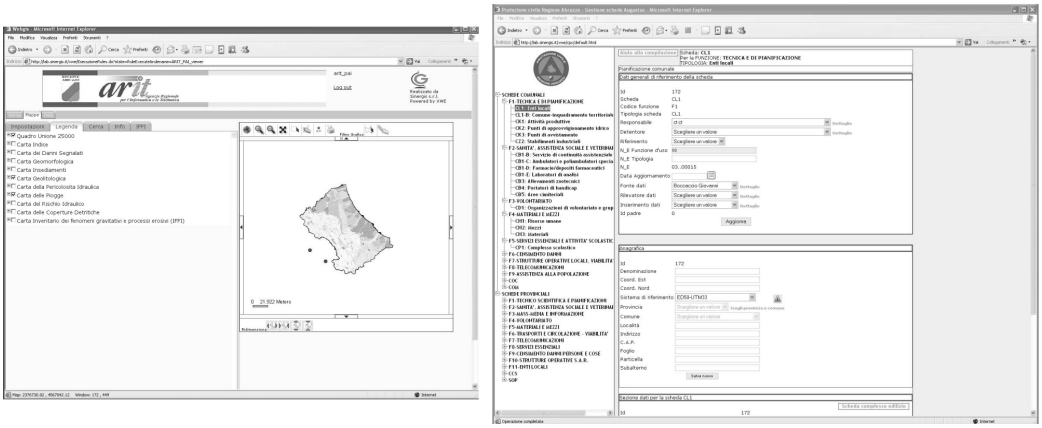


Figura 3 – Esempi dei portali di accesso ai servizi del piano PSDA e schede metodo AUGUSTUS

Sviluppi futuri

Attualmente l'infrastruttura descritta utilizza diverse fonti dei dati che vengono pubblicati con le modalità viste. Il principale obiettivo che si prefigge la Regione Abruzzo è quello di centralizzare tutte le banche dati esistenti all'interno di un unico repository centralizzato come il DBTI. Su questi dati verranno poi sviluppati i vari servizi: da un lato quelli *WMS, WFS, SLD* che permetteranno di consultare tutti i dati cartografici liberi del territorio regionale e parallelamente quelli avanzati del progetto Sigmater. In ogni casso obiettivo finale è la costruzione di un'infrastruttura di dati spaziali che risulti completamente interoperabile secondo le specifiche emanate a livello europeo.

Bibliografia

OGC (2007), "About OGC", http://www.opengeospatial.org/ogc;
SigmaTer "Servizi Integrati catastali e Geografici per il Monitoraggio Amministrativo del TERritorio", http://www.sigmater.it/;
Regione Abruzzo (2005), "Servizi informativi integrati per la gestione del territorio della Regione Abruzzo – Capitolato speciale d'appalto"

SVILUPPO DI WEB SERVICES PER L'INTEROPERABILITÀ DI INFORMAZIONI GEOGRAFICHE NEL CONTESTO ITALIANO ED EUROPEO

Luca DELL'AMICO (*), Corrado IANNUCCI (**),
Marcello MARINELLI (***), Valter SAMBUCINI (***)

(*) Almaviva Spa, via di Casal Boccone 198, 00137 Roma
(**) Eau de Web / ARNIA Software Srl, Barbu Delavrancea 10, et 2 - 011351 Bucharest
(***) ISPRA via V. Brancati 48, 00144 Roma

Riassunto

Le regole di implementazione dei servizi di rete previsti dalla Direttiva INSPIRE richiedono la creazione di web service su protocollo SOAP. Questi web service, nel contesto italiano, devono poter essere fruiti nel contesto dell'architettura di cooperazione SPCoop. A tal fine, vengono delineati i passi necessari per esporre un web service INSPIRE su di una porta di dominio. In particolare, viene descritto come realizzare un web service WMS basato su protocollo SOAP.

Abstract

The implementing rules of the INSPIRE network services require to create SOAP-based web services. In Italy, such web services have to harmonize into the cooperation framework indicated by SPCoop. With reference to such context, the steps necessary to deploy a INSPIRE web service into SPCoop are summarised. In particular, it is described how to implement a WMS as a SOAP-based web service.

Introduzione

La Direttiva INSPIRE si sta concretizzando in una serie di regole tecniche di implementazione. In riferimento ai servizi di rete, le soluzioni indicate si basano sull'utilizzo dei *web service*, in armonia con gli standard OGC. Per altro, l'implementazione di queste soluzioni nel contesto italiano deve confrontarsi anche con quanto già definito per il Sistema Pubblico di Cooperazione (SPCoop).

All'interno della realtà italiana, il CNIPA ha rilasciato le specifiche architetturali per la cooperazione applicativa nella pubblica amministrazione. Questa architettura si applica ad un ambito più generale rispetto a quanto di interesse per INSPIRE. Infatti mentre INSPIRE si focalizza sulla condivisione delle informazioni geografiche tra enti diversi pubblici e privati a livello europeo, il CNIPA ha definito le modalità per la condivisione di qualsiasi tipo di servizio tra amministrazioni pubbliche italiane. Pur nella diversità di utenza e di tipo di informazione, le due architetture hanno vari punti di contatto dal punto di vista tecnico.

Pertanto, risulta opportuno essere consapevoli di quanto deriva rispettivamente da:

- le *implementing rules* correntemente rese disponibili dai Drafting Teams di INSPIRE (in particolare, dal DT Network Service);
- le indicazioni e le prescrizioni di SPCoop, formalizzate dal CNIPA e applicate nella realtà della Pubblica Amministrazione.

Nel seguito, a tale scopo, si accennerà ad alcuni aspetti rilevanti per la interoperabilità applicativa e si descriverà come procedere per la realizzazione di *web services* cartografici che possano essere esposti su di una porta di dominio come definita in SPCoop.

I servizi di rete in INSPIRE

Il programma europeo IDABC (*Interoperable Delivery of European eGovernment Service to public Administrations, Businesses and Citizens*) si prefigge di sostenere e di promuovere la realizzazione di servizi paneuropei di amministrazione *on-line* e delle reti telematiche che sono collegate a tali servizi (http://ec.europa.eu/idabc/).

Con riferimento a questo contesto, è stata approvata la Direttiva INSPIRE (il testo è disponibile presso il sito http://www.ec-gis.org/inspire/directive.cfm) le cui *Implementing Rules* sono in corso di definizione per attribuire i metadati ai dati e ai servizi, accedere ai servizi in rete, condividere dati e servizi e, infine, tenere sotto controllo il processo di implementazione. Come noto, una Direttiva comunitaria (a differenza di un Regolamento, efficace di per sé) deve essere recepita a livello nazionale mediante specifica regolamentazione. Le *Implementing Rules* hanno lo scopo di supportare la produzione di questa regolamentazione.

In particolare, le *Implementing Rules* per i servizi di rete hanno delineato soluzioni basate sull'architettura *web services* W3C; l'interoperabilità tra i nodi di rete è, quindi, assicurata da *web services* che utilizzano SOAP/WSDL (ovviamente, ogni nodo può anche contenere un dominio organizzativo, eventualmente molto complesso, all'interno del quale le applicazioni sono realizzate in architettura diversa da quella W3C: l'importante è che l'interfaccia esterna rispetti i requisiti SOAP/WSDL).

La realizzazione delle *Spatial Data Infrastructures* (SDI) nazionali e regionali è monitorato dalla Commissione Europea su base annuale e i risultati vengono raccolti nel documento *INSPIRE State of Play* (http://www.ec-gis.org/inspire/state_of_play.cfm). Una visione globale dell'avanzamento di INSPIRE può essere derivata dai documenti della recente Conferenza tenutasi nel giugno 2008 a Maribor (http://www.ec-gis.org/Workshops/inspire_2008/presentations.cfm).

SPCoop e la porta di dominio

In Italia, coordinandosi con quanto previsto da IDABC, il CNIPA ha pubblicato una serie di specifiche per la realizzazione del Sistema Pubblico di Connettività (SPC) e del Sistema Pubblico di Cooperazione (SPCoop). Nell'ambito di queste specifiche (il cui testo è disponibile in rete http://www.cnipa.org.it/) viene descritta l'architettura di riferimento per la condivisione di servizi tra i sistemi informativi della pubblica amministrazione.

Le specifiche SPCoop, in particolare, prevedono le seguenti componenti:

- "porta di dominio": è l'interfaccia che ogni amministrazione utilizzerà per esporre i propri servizi e/o richiamare quelli di altre amministrazioni; si articola in "porta applicativa" (che espone un servizio) e in "porta delegata (che richiede un servizio esterno);
- "busta e-gov": è un messaggio SOAP in XML, composto da due parti, di cui la prima contiene informazioni infrastrutturali mentre l'altra parte dipende dal servizio applicativo esposto sulla porta di dominio;
- "accordo di servizio": definisce le condizioni di uso di un determinato servizio; viene deciso tra le parti (amministrazioni) o imposto da una parte alle altre in determinati casi;
- "servizi di registro": provvedono a catalogare i soggetti organizzativi (fruitori ed erogatori) e gli accordi di servizio e cooperazione sottoscritti e implementati su SPCoop;
- "servizi di sicurezza": consentono l'autenticazione e l'autorizzazione all'uso dei servizi; più in generale, implementano le politiche di sicurezza necessarie a garantire la riservatezza, l'integrità dei dati e servizi ecc.

I *web services* in INSPIRE

INSPIRE individua i seguenti servizi di rete (NS Drafting Team, 2007):

- *Discovery*: per la ricerca di dati e servizi geospaziali, tramite i corrispondenti metadati;
- *View*: per l'accesso e la visualizzazione dei dati geospaziali reperiti tramite le funzionalità di ricerca;
- *Download*: per salvare in locale una copia dei dati geospaziali visualizzati;
- *Transformation*: per modificare (ad es. riproiettandoli su di un nuovo sistema di riferimento) i data set geospaziali in modo tale da consentirne l'interoperabilità;
- *Invoke*: per richiamare servizi geospaziali, anche in modalità concatenata.

Da un punto di vista tecnologico, i servizi di rete di INSPIRE vengono realizzati come *web services*, con scambio dei messaggi mediante il protocollo SOAP e descrizione dei servizi in linguaggio WSDL (Serrano, 2008).

L'utilizzo del protocollo SOAP consente una integrazione più semplice con gli ambienti di sviluppo sw esistenti e supporta i *requirements* dei servizi orizzontali di INSPIRE (ad esempio le transazioni di *e-commerce* e la gestione dei diritti di proprietà ed uso dei servizi e dati).

I servizi INSPIRE richiamano gli standard OGC (*Open GIS Consortium*). Come noto, OGC si occupa della standardizzazione del *processing* delle informazioni geospaziali, per la loro condivisione tra i vari utilizzatori indipendentemente dalle specifiche piattaforme GIS. L'OGC ha pertanto dettato una serie di standard per i *web services* cartografici, indicando quali principi vanno rispettati nella creazione degli stessi. Questi servizi cartografici sono denominati genericamente *OGC web services* (OWS)

Nella Tabella 1 si riporta la definizione dei servizi OGC, cui corrispondono i servizi di rete di INSPIRE.

SERVIZIO OGC (OWS)	DEFINIZIONE	SERVIZIO INSPIRE
WMS (*Web map service*)	interrogare dei dati cartografici, ottenuti come immagine	*View*
WFS (*Web feature service*)	interrogare e modificare le *features* geografiche	*Download*
WCS (*Web coverages service*)	scaricare e modificare le coperture geografiche	*Download*
CSW (*Catalogue service for web*)	pubblicare e ricercare i metadati di dati e servizi	*Discovery*
WCTS (*Web coordinate transformation service*)	trasformare le coordinate	*Transformation*
WPS (*Web processing service*)	utilizzare e concatenare i processi geospaziali in rete	*Invoke*

Tabella 1- corrispondenza tra servizi OGC e NS di INSPIRE

OGC ha inizialmente specificato questi servizi OWS in riferimento al protocollo HTTP, senza utilizzo di SOAP. I vari parametri vengono passati al servizio attraverso una richiesta HTTP GET o POST.

Successivamente, OGC ha dettato le regole per poter esporre servizi cartografici anche attraverso lo standard XML (OGC, 2007) e attualmente è in corso un programma di definizione delle regole per esporre questi servizi anche tramite il protocollo SOAP (OGC, 2008).

INSPIRE si basa, in linea di principio, sulle specifiche OWS, integrandole con ulteriori regole poste da INSPIRE stesso.

I servizi di rete INSPIRE su di una porta di dominio SPCoop

Da quanto sopra esposto, risulta che un servizio di rete INSPIRE deve poter essere esposto su di una porta di dominio SPCoop (tra le varie soluzioni implementative, le cui specificità peraltro non sono qui di interesse, si consideri *OpenSPCoop* http://www.openspcoop.org/openspcoop/jsp/).

Per esemplificare come ciò possa avvenire, si può far riferimento, per semplicità, al servizio di *View*. Per l'implementazione del corrispondente *web service* con SOAP ci si basa sulla specifica WMS di OGC (OGC, 2006) e sul successivo documento tecnico (OGC, 2008).

La visualizzazione lato *client* ovviamente è a carico dell'applicazione che accede al *web service* Anche in questo caso, ciò può essere realizzato in una pluralità di modi, che non rientrano nello scopo di questo articolo.

I passi necessari per esporre un servizio di rete sono i seguenti:

1. implementare il WMS in ambiente SOAP (creando contestualmente il WSDL);
2. definire i soggetti fruitori ed erogatori, come richiesto da SPCoop;
3. pubblicare il servizio nel registro dei servizi nella modalità prescritta da SPCoop:

Di fatto, i passi 2. e 3. sono usualmente supportati direttamente dalle interfacce grafiche dei prodotti sw (sia proprietari che rilasciati come FOSS - *Free and Open Source Software*) che implementano la porta di dominio. In particolare, per il passo 3. viene creato un file XML nel quale vengono definiti l'accordo di servizio, l'istanziazione del OWS che implementa l'accordo di servizio, i punti di accesso (url HTTP) delle porte di dominio che ospitano rispettivamente i soggetti fruitori ed erogatori. E' invece opportuno fornire alcuni dettagli per il passo 1.

Implementazione di un WMS in ambiente SOAP

Le modalità in cui poter effettuare la trasformazione del WMS a *web service* basato su protocollo SOAP possono essere diverse. La modalità più semplice è quella di trasformare le richieste HTTP GET/POST in messaggi SOAP. L'implementazione interna dei servizi del WMS rimane inalterata, mentre cambiano sia l'interfaccia che l'invocazione dei servizi. A differenza del WMS dove viene utilizzata una richiesta HTTP, qui invece la richiesta avviene attraverso un messaggio SOAP su protocollo HTTP (Sayar et al., 2005; OGC, 2008).

Ciò che deve accadere in questa trasformazione è esemplificato nelle due tabelle sottostanti. In Figura 1, nella prima colonna quello che prevede OGC per le request HTTP al WMS, nella seconda colonna la richiesta SOAP che deve essere inviata al WMS, nella terza colonna abbiamo i tipi di messaggi di request del file WSDL di un WMS.

RICHIESTE HTTP DEFINITE NELLE SPECIFICHE WMS	**ESEMPIO DI MESSAGGIO SOAP PER REQUEST**	**MESSAGGIO DEFINITO NEL WSDL**
HTTP GET/POST SERVICE=WMS REQUEST=getCapabilities	<soap:Envelope xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"> <soap:Body> <RequestProperty xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns="http://catasto.it:8092/OWS/wms" xsi:schemaLocation="http://catasto.it:8092/OWS/wms" xmlns=http://catasto.it:8092/OWS/wms.xsd> <property name="SERVICE">wms</property> <property Name="REQUEST">GetCapabilities </property> … </RequestProperty></soap:Body></soap:Envelope>	getCapabilityRequest
HTTP GET/POST SERVICE=WMS REQUEST=getMap	<soap:Envelope xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" Xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" Xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"><soap:Body> <RequestProperty xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns="http://catasto.it:8092/OWS/wms xsi:schemaLocation="http://catasto.it:8092/OWS/wms xmlns=http://catasto.it:8092/OWS/wms.xsd> <property name="SERVICE">wms</property> <property name="REQUEST">GetMap</property> <property name="LAYERS"> layer,layerw</property><property name="FORMAT"> Image/png</property>…. </RequestProperty></soap:Body></soap:Envelope>	getMapRequest
HTTP GET/POST SERVICE=WMS REQUEST=getFeatureInfo	<soap:Envelope xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/" Xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" Xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"> <soap:Body> <RequestProperty xmlns:xsi=http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance xmlns="http://catasto.it:8092/OWS/wms xsi:schemaLocation="http://catasto.it:8092/OWS/wms xmlns=http://catasto.it:8092/OWS/wms.xsd> <property name="SERVICE">wms</property> <property Name="REQUEST">GetFeatureInfo </property> … </RequestProperty></soap:Body></soap:Envelope>	getFeatureInfoRequest

Figura 1 – chiamate HTTP e messaggi SOAP per le Request

In Tabella 2, nella prima colonna troviamo il formato di ritorno per il tipo di risposta come previsto da OGC per i WMS in HTTP, nella seconda colonna abbiamo un esempio di ciò che un WMS restituisce, nella terza colonna sono presentati i corrispondenti messaggi di risposta nel WSDL, nell'ultima colonna è riportato il tipo (definito nel WDSL) ritornato dal WMS che utilizza il protocollo SOAP in relazione al tipo indicato nella seconda colonna.

TIPO PREVISTO DA OGC IN HTTP	**TIPO DI RITORNO HTTP**	**MESSAGGIO DEFINITO NEL WSDL**	**CORRISPONDENTE TIPO NEL WSDL**
Definito nel parametro della request: *Name: 'FORMAT' Value: (MIME type) default text/XML*	text/XML	getCapabilitiesResponse	*String*
Definito nel parametro della request: *Name:'FORMAT' Value:(MIME type) no default*	image/png image/jpeg	getMapResponse	*Base64Binary*
Definito nel parametro della request: *Name: INFO_FORMAT' Value: (MIME type) no default*	text/plain text/HTML application/vnd.ogc.gml	getFeatureInfoResponse	*String*

Tabella 2 – parallelo tra i tipi di ritorno nelle response HTTP e SOAP

Nella figura sottostante è riportato parte di un WSDL di esempio che mappa i servizi di un WMS.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <wsdl:definitions
xmlns:wsdl="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/" xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap12/"
xmlns:http="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/http/" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
xmlns:soapenc="http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/"
xmlns:mime="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/mime/" xmlns:tns="http://catasto.webservice.it"
targetNamespace="http://www.opengis.net/wms/wsdl" xmlns:wms="http://www.opengis.net/wms"
xmlns:ogcwsdl="http://www.opengis.net/ogc/wsdl"> <wsdl:types> <xs:schema
xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified"
attributeFormDefault="unqualified" targetNamespace="http://catasto.it/wms"> <xs:element
name="RequestProperty"> <xs:complexType> <xs:sequence> <xs:element name="property" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"> <xs:complexType mixed="true"> <xs:complexContent mixed="true"> <xs:extension
base="xs:anyType"> <xs:attribute name="name" type="xs:string" use="required"/> </xs:extension>
</xs:complexContent> </xs:complexType> </xs:element> </xs:sequence> </xs:complexType> </xs:element>
</xs:schema> <xs:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified"
attributeFormDefault="unqualified"> <xs:element name="binaryPayload" type="xs:base64Binary"/>
</xs:schema> <xs:schema targetNamespace="http://www.opengis.net/wms/wsdl"> <xs:import
namespace="http://www.opengis.net/wms" schemaLocation="http://catasto.it:8092/OWS/wms.xsd"/>
</xs:schema> </wsdl:types>
<wsdl:message name="GetCapabilityRequest">
<wsdl:part name="request" type="tns:RequestProperty"/> </wsdl:message>
<wsdl:message name="GetCapabilityResponse">
<wsdl:part name="response" element="wms:WMT_MS_Capabilities"/> </wsdl:message>
<wsdl:message name="GetMapRequest">
<wsdl:part name="request" type="tns:RequestProperty"/> </wsdl:message> <wsdl:message
name="GetMapResponse">
<wsdl:part name="response" type="tns:binaryPayload"/> </wsdl:message>
<wsdl:message name="GetFeatureInfoRequest">
<wsdl:part name="request" type="tns:RequestProperty"/> </wsdl:message>
<wsdl:message name="GetFeatureInfoResponse">
<wsdl:part name="response" element="wms:WMT_MS_FeatureInfo"/> </wsdl:message>
<wsdl:portType name="WMS_Port_Type">
<wsdl:operationname="GetCapabilities">
<wsdl:inputmessage="tns:GetCapabilityRequest"/><wsdl:outputmessage="tns:GetCapabilityResponse"/><wsd
l:faultname="exception"message="ogcwsdl:ServiceExceptionMessage"/>
</wsdl:operation>
<wsdl:operationname="GetMap"><wsdl:inputmessage="tns:GetMapRequest"/><wsdl:outputmessage="tns:GetMap
Response"/><wsdl:faultname="exception"message="ogcwsdl:ServiceExceptionMessage"/>
</wsdl:operation>
<wsdl:operationname="GetFeatureInfo">
<wsdl:inputmessage="tns:GetFeatureInfoRequest"/><wsdl:outputmessage="tns:GetFeatureInfoResponse"/><w
sdl:faultname="exception"message="ogcwsdl:ServiceExceptionMessage"/>
</wsdl:operation></wsdl:portType>
<wsdl:bindingname="WMS_SOAP_Binding"type="tns:WMS_HTTP_Port_SOAP">
…
</wsdl:binding>
<wsdl:servicename="WMS">
<wsdl:portname="WMS_SOAP"binding="tns:WMS_SOAP_Binding">
<soap:addresslocation="http://catasto.it:8092/wms/esemWMS"/></wsdl:port></wsdl:service></wsdl:defini
tions>
```

Figura 2 – esempio WSDL per un WMS

Nel caso di dati in formato binario i dati di risposta viaggeranno non nel body del messaggio SOAP ma come *attachment.*

Dopo l'esposizione, il *web service* deve poter essere utilizzato, cioè deve poter fornire le sue risposte a fronte delle richieste pervenute dai sistemi *client*. In SPCoop, ciò è veicolato dalla porta delegata (cioè quella del dominio del *client*) e dalla porta applicativa (cioè quella del dominio che rende disponibile il *web service*). Il messaggio di richiesta originato dal *client* viene completato con informazioni (in relazione a affidabilità, sicurezza, *logging*, *auditing*, ecc.) che vengono verificate prima dell'attivazione del servizio richiesto.

A tale scopo, in SPCoop si utilizza il formato della "busta e-gov", cosa che risulta trasparente per INSPIRE. Infatti, INSPIRE regolamenta il protocollo di colloquio tra entità di livello superiore (gli Stati membri), lasciando piena libertà nell'organizzare gli scambi informativi all'interno di ogni entità (per l'Italia, ciò significa poter adottare il modello SPCoop). Ovviamente, quanto più saranno aderenti a INSPIRE gli scambi informativi all'interno, tanto più sarà ridotto il lavoro di "traduzione" dei messaggi da/a gli altri Stati membri.

Conclusioni

È stato delineato un possibile percorso per la realizzazione di *web services* che siano esponibili su SpCoop e che contemporaneamente siano armonizzabili con le indicazioni che emergono da INSPIRE.

In particolare, è stata mostrata l'esposizione di un servizio di *view* attraverso protocollo SOAP, come un *web service* W3C; in quanto tale, questo *web service* può essere esposto su una porta di dominio secondo quanto prevede SPCoop.

Bibliografia

Network Services Drafting Team (2007) *INSPIRE Network Services Architecture v2.0.*
OGC 06-042 (2006), *OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification.*
OGC 06-121r3 (2007), *OGC Web Service Common Specification*, version 1.1.
OGC 08-009r1 (2008), *OWS 5 SOAP/WSDL Common Engineering Report,* 0.1.0.
Ahmet Sayar, Marlon Pierce and Geoffrey Fox (*2005) Message exchanges for web service-based mapping service, Conference Acts Toronto*.
Ahmet Sayar, Mehmet S. Aktas, Galip Aydin, Marlon Pierce and Geoffrey Fox (2005) *Developing a Web Service-Compatible Map Server for Geophysical Applications,* ISPRS.
J. Serrano (2008), *INSPIRE DT on Network Services, Status and work plan,* INSPIRE Conference, Maribor.

TRAFFICO VEICOLARE E SALUTE: UN'INDAGINE SANITARIA CON USO DI TECNOLOGIA GIS

Roberto DELLA MAGGIORE (*), Daniela NUVOLONE (*), Roberto FRESCO (*), Roberto RUSSO (**), Fabio CIBELLA (***)

(*) Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "Alessandro Faedo" CNR. Via Moruzzi 1, I56124, Pisa
Tel. 050 3152944, Fax 050 3152040, e-mail Roberto.dellaMaggiore@isti.cnr.it
(**) Viale Eurialo 14/C, I90151, Palermo, Tel.339 4921301, e-mail russorob@tim.it
(***) Istituto di Biomedicina e di Immunologia Molecolare "A. Monroy" CNR. Via La Malfa 153, I90146, Palermo
Tel. 091 6809118, Fax 091 6809122, e-mail cibella@ibim.cnr.it

Riassunto

Il traffico autoveicolare è ritenuto uno dei principali fattori di rischio per le malattie respiratorie. Il CNR ha svolto un progetto per l'analisi degli effetti del traffico su un campione della popolazione scolastica della città di Palermo. Una campagna di indagine epidemiologica è stata svolta in alcune scuole cittadine, con somministrazione di un questionario ai partecipanti. Sono state raccolte informazioni sullo stato di salute, lo stile di vita e la percezione dell'esposizione. Per quantificare il traffico nelle vie cittadine è stato utilizzato un modello di simulazione che ha fornito una stima del numero medio di veicoli in transito sui principali tratti di strada del territorio comunale. La mappatura dei soggetti e delle sedi scolastiche è stata ottenuta mediante GPS ed i punti acquisiti sono stati integrati con la cartografia numerica stradale. Per il calcolo dell'esposizione individuale è stato considerato il traffico autoveicolare all'intorno delle abitazioni e delle sedi scolastiche, attribuendo pesi diversi in relazione al tempo stimato di permanenza casa-scuola. Con riferimento all'esposizione individuale i soggetti sono stati classificati in quattro classi distinte e sono state condotte le analisi statistiche sui principali sintomi e malattie respiratorie; non sono state evidenziate associazioni statisticamente significative con l'esposizione al traffico.

Abstract

Road traffic is assumed to be a major risk factor for respiratory diseases. CNR performed a project to analyse the effects of traffic on a sample of students of Palermo (Italy). An epidemiological survey was conducted in several schools, also by means of a questionnaire. Information on health status, as well as life style and individual perception of exposure, were gathered. A simulation model to assess road traffic was developed and an estimated mean number of vehicles traveling on each road tract was obtained. Mapping of subjects and of schools was performed by GPS; acquired points were integrated in numeric cartography. Estimated road traffic values around subjects' residences and around schools were then used to compute each subject exposure, taking care of the percentage of time spent at home or at school. Finally, subjects were classified into four classes, depending on individual exposure, and statistical analysis was conducted on main respiratory symptoms and diseases. No statistically significant association was found between traffic exposure and respiratory symptoms or diseases.

Introduzione

Negli ultimi decenni, nonostante i significativi miglioramenti tecnologici compiuti nella realizzazione di motori e combustibili, le emissioni da traffico veicolare costituiscono una delle maggiori sorgenti di inquinamento atmosferico, soprattutto nelle aree urbane. Numerosi studi sugli

effetti a lungo termine dell'esposizione agli inquinanti atmosferici suggeriscono elevati rischi di sviluppo di sintomatologia e patologia respiratoria (Pope et al., 2004) e di vari tipi di cancro (Boffetta, 2006). Altre ricerche sugli effetti a breve termine dell'esposizione ad alte concentrazioni di inquinanti hanno riportato associazioni significative con una maggiore prevalenza di bronchiti, asma e altri sintomi (Wong et al., 2002).
In ambiente urbano e soprattutto in quelle aree laddove densità di popolazione e traffico sono elevate, l'esposizione alle sostanze inquinanti può costituire un serio rischio per la salute umana. Ciò è particolarmente vero in prossimità dei maggiori assi stradali urbani interessati da alto volume di flussi di traffico giornalieri dove fattori topografici e microclimatici generano condizioni di scarsa dispersione degli inquinanti. Numerosi studi epidemiologici mostrano prevalenze elevate di sintomi e patologie respiratorie nella popolazione residente nelle vicinanze di strade importanti (Schikowski et al., 2005; Kim et al., 2004).
I progressi compiuti nel settore dei Sistemi Informativi Geografici e la maggiore disponibilità di dati geospaziali forniscono agli epidemiologi ambientali nuove opportunità per lo studio degli effetti dell'esposizione agli inquinanti ambientali e della distribuzione spaziale delle malattie. Le funzionaltà GIS (*address matching*, *buffer* e *overlay analysis*, *spatial query*) costituiscono un valido strumento di studio nel campo dell'epidemiologia ambientale.
Negli ultimi anni sono stati sviluppati numerosi metodi per la valutazione dell'esposizione individuale agli inquinanti atmosferici. Si va dai metodi più semplici basati su dati di traffico derivanti dall'autopercezione o misurati, oppure su dati di prossimità della residenza alle strade, anch'essi riportati dagli intervistati o misurati (Heinrich et al., 2004; Venn et al., 2000). In altri studi sono stati utilizzati entrambi i set di informazioni, distanza dalla strada e volumi di traffico (Nicolai et al., 2003; Carr et al., 2002). A livello più avanzato sono stati sviluppati modelli di dispersione degli inquinanti o modelli di regressione per la stima delle concentrazioni ma solo raramente sono stati applicati nel campo dell'epidemiologia (Briggs et al., 2000).

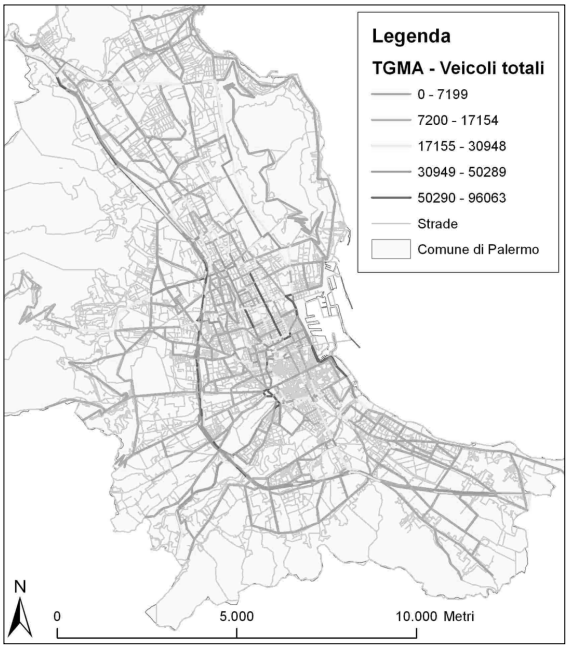


Figura 1 - Traffico Giornaliero Medio Annuo nelle principali vie di Palermo

Il presente lavoro utilizza un approccio GIS per la valutazione dell'esposizione individuale alle emissioni da traffico veicolare di un campione della popolazione scolastica della città di Palermo, basato sull'uso combinato di dati di traffico medio giornaliero e distanza delle abitazioni dalle strade.

Materiali e metodi

I dati utilizzati nel presente lavoro sono stati prodotti nell'ambito di un progetto svolto dal CNR nella città di Palermo, che ha avuto inizio nel 2005. L'obiettivo è di identificare i fattori di rischio per le malattie respiratorie, asma bronchiale in particolare, derivanti da esposizione ambientale e abitudini di vita degli studenti delle scuole medie inferiori. Allo scopo è stata svolta una campagna di indagine epidemiologica in alcune scuole cittadine (23 diverse sedi scolastiche), con somministrazione di un questionario ai partecipanti (2.176 soggetti). Sono state così raccolte informazioni sullo stato di salute, lo stile di vita e la percezione

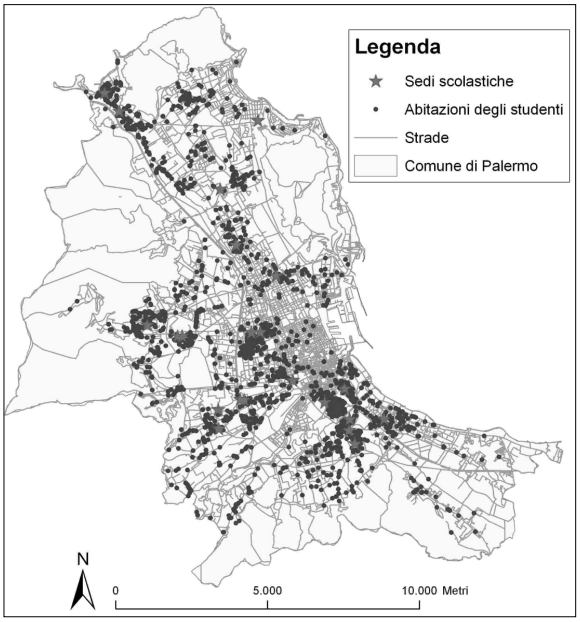


Figura 2 - Localizzazione dei soggetti partecipanti all'indagine e delle sedi scolastiche

dell'esposizione.
Lo studio presentato riguarda la ricerca di relazioni fra lo stato di salute respiratoria dei soggetti partecipanti all'indagine e la quantità di traffico veicolare nelle strade cittadine. Poiché non esistono serie storiche di dati del traffico, si è fatto ricorso ad un modello di simulazione (descritto nel seguito) che ha fornito una stima del numero medio di veicoli in transito sui principali tratti di strada del territorio comunale (TGMA: Traffico Giornaliero Medio Annuo). La Figura 1 mostra la mappa della città con le vie principali, per le quali sono stati calcolati i valori di TGMA. Per una visualizzazione indicativa dei valori di traffico le strade sono state classificate in cinque classi di valori di TGMA, come riportato in legenda, fermo restando che ciascuna strada ha assegnato il proprio valore numerico ottenuto con la simulazione e che tale valore è stato utilizzato per i calcoli di seguito descritti.
Per la stima dell'esposizione dei soggetti sono state considerate sia le abitazioni che le sedi scolastiche. I punti corrispondenti all'ubicazione di sedi ed abitazioni sono stati acquisiti tramite GPS e quindi integrati nella cartografia numerica del Comune di Palermo. La Figura 2 mostra l'ubicazione così ottenuta di abitazioni e sedi scolastiche.
Il livello di esposizione al traffico stradale di un qualsiasi punto di interesse è stato determinato in funzione del carico di traffico stimato nelle strade adiacenti al punto, con il seguente procedimento:

1. facendo uso di tecnologia GIS è stato costruito un *buffer* circolare, con raggio di 150 m, attorno ad ogni punto;
2. mediante l'intersezione dei *buffer* con la cartografia stradale si sono ottenuti per ogni punto i tratti di strada distanti da esso meno di 150 m;
3. ad ogni punto è stato assegnato come valore di esposizione la somma dei TGMA dei tratti ricadenti nell'intorno, ciascuno moltiplicato per la lunghezza del tratto stesso.

La Figura 3 esemplifica il modello applicato per il calcolo dell'esposizione al traffico in un punto: in azzurro è riportato il *buffer* a 150 m costruito attorno all'abitazione; i segmenti di strada che intersecano tale *buffer* sono rappresentati con tratti più spessi e colorati secondo la classificazione di cui alla Figura 1, mentre sopra a ciascun tratto è riportato il valore esatto di flusso di traffico (TGMA) ad esso relativo.
Una volta calcolati i valori caratteristici dei punti di interesse come sopra descritto è stata fatta la stima dell'esposizione al traffico per ogni soggetto partecipante all'indagine valutando il tempo di permanenza casa-scuola, secondo il modello seguente:

$$E_a = 185 \times E_c + 180 \times (2/3\ E_c + 1/3\ E_s)$$

dove E_a rappresenta l'esposizione totale annua di ogni soggetto, mentre E_c ed E_s sono i contributi di esposizione portati rispettivamente dalla casa di abitazione e dalla scuola.
È stata infatti stimata in 180 giorni l'effettiva frequenza della scuola, avendo escluso festività, domeniche e pausa estiva; la stima di un terzo del periodo giornaliero tiene conto non solo

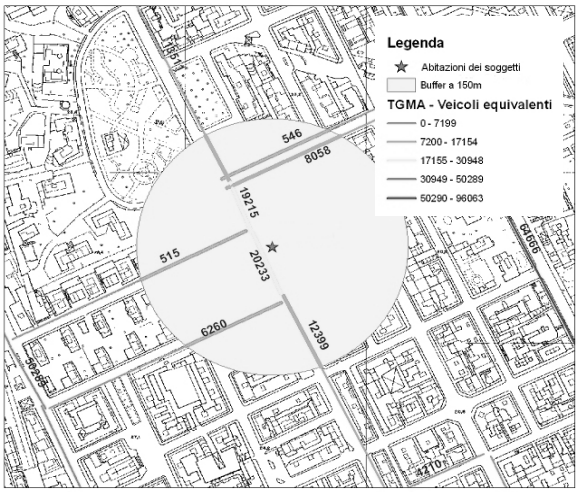


Figura 3 - Individuazione dei tratti di strada per il calcolo dell'esposizione in un punto

dell'orario scolastico ma anche di una eventuale e probabile permanenza dei ragazzi nei dintorni della scuola e del tempo di trasferimento casa-scuola.

In funzione dei dati così ottenuti gli studenti partecipanti all'indagine sono stati classificati in quattro classi di appartenenza (esposizione bassissima, bassa, media, alta) e sono state applicate le analisi statistiche classiche (test del chi-quadro, regressione logistica multipla) per la ricerca di associazioni significative fra il livello di esposizione e malattie e sintomi respiratori.

Stima del traffico

Come sopra accennato non sono disponibili dati completi riguardo al carico di traffico nella città di Palermo, tuttavia la presenza di rilevamenti di diversa origine, per diversi periodi e per zone diverse della città ci ha consentito di ottenere una stima del traffico giornaliero medio annuo (TGMA), distinto per categorie veicolari, distribuito nei tratti viari appartenenti alla viabilità principale. La metodologia applicata per la stima dei volumi di traffico è stata basata su:

- l'utilizzo delle informazioni disponibili presso il Comune ottenute dai rilevamenti di traffico effettuati a partire dalla redazione del Piano Urbano del Traffico (1996) fino alla raccolta di dati sui flussi veicolari rilevati in continuo dal "Sistema di telecomando e telecontrollo degli impianti semaforici" (anni 2003-2005);
- l'analisi della rete del trasporto pubblico su gomma;
- l'impiego dei modelli matematici dei sistemi di trasporto per la simulazione del traffico urbano e la stima delle emissioni atmosferiche.

I dati di traffico ottenuti dai rilievi volumetrici 1996/2005 si riferiscono a specifici tratti viari ed alle principali intersezioni semaforizzate. Integrando tali dati con vari studi sul settore della mobilità urbana, sono state definite le ripartizioni veicolari percentuali delle diverse aree urbane. I dati di traffico rilevati dai sensori posizionati nelle intersezioni semaforizzate sono stati utilizzati per ottenere la ricostruzione delle matrici degli spostamenti origine-destinazione (metodo dei *Minimi Quadrati Generalizzati – GLS;* Cascetta, 1998), relative alle fasce orarie di punta del mattino e del pomeriggio. Le nuove matrici sono state stimate in termini di autovetture-equivalenti per tener conto delle diverse categorie di veicoli: (a) autovetture e veicoli commerciali leggeri, (b) veicoli commerciali pesanti, (c) ciclomotori e motocicli. Le matrici degli spostamenti così calcolate sono state utilizzate per ottenere le assegnazioni di equilibrio deterministico (*Deterministic User Equilibrium;* Sheffi, 1985; Wardrop, 1952) dei volumi di traffico sul grafo di offerta del trasporto privato. Il modello di assegnazione di equilibrio fornisce il numero medio di veicoli che attraversa ciascun arco (tratto viario) della rete di trasporto nell'intervallo orario di riferimento, così come gli indicatori di prestazione: livello di criticità (flusso/capacità dell'arco), velocità commerciali, tempi medi di percorrenza e densità. Per ottenere la stima del traffico giornaliero medio è stata calcolata la distribuzione oraria dei volumi di traffico urbani utilizzando i dati rilevati in continuo alle intersezioni semaforizzate nel biennio 2003-2005. La componente di traffico determinata dal trasporto collettivo è stata valutata a partire dalla conoscenza dei percorsi di linea e dall'analisi degli intertempi e del numero di corse giornaliere (feriali/festive) per ciascuna linea degli autobus

urbani. Riguardo ai veicoli commerciali è stata individuata la viabilità consentita al transito dei mezzi commerciali pesanti.
Infine la stima delle emissioni inquinanti atmosferiche relative ai TGMA è stata ottenuta usando i modelli proposti dalla metodologia CORINAIR-COPERT ed ulteriormente aggiornati, secondo lo stato dell'arte, per tener conto delle più recenti direttive comunitarie in tema di emissioni nocive (TRL, 1999; COST, 1999; NETCEN, 2003). Gli inquinanti considerati nelle stime sono: CO, CO_2, HC, NOx e PM.
Tutti i dati del sistema di trasporto così ottenuti sono stati integrati nel GIS del progetto.

Risultati
Le analisi statistiche condotte non hanno evidenziato associazioni significative fra la salute respiratoria dei soggetti partecipanti all'indagine e la quantità di traffico stimata nelle vie della città di Palermo. Le analisi sono state ripetute variando la classificazione dei soggetti (inizialmente i soggetti sono stati suddivisi per quartili, poi variando le soglie di classificazione sia dietro analisi dell'istogramma, sia con riferimento al numero di soggetti per classe), ma non è emerso alcun risultato di rilievo. Altre prove sono state fatte variando la dimensione del *buffer* attorno ad abitazioni e scuole (50, 100 e 300 m) ed è stato anche sperimentato un modello con distanze miste, cioè 50 m per il *buffer* delle scuole e 150 m per il *buffer* delle case, ma in nessun caso si sono avute associazioni statisticamente significative. Per completezza sono state fatte analisi anche in base a valori delle strade diversi dal TGMA, utilizzando cioè le stime di emissione ottenute dalla simulazione, ma i risultati sono cambiati di poco, sebbene le emissioni non siano strettamente correlate con i valori di TGMA.

Discussione
Il risultato più appariscente dello studio svolto è che non sono state evidenziate relazioni significative fra lo stato di salute dei soggetti partecipanti all'indagine ed il traffico veicolare. Al riguardo si può commentare che in precedenti studi similari condotti dal nostro *team* (per i quali sono state evidenziate alcune associazioni significative) non avevamo disponibili dati di traffico di elevato dettaglio quali invece abbiamo potuto utilizzare per il presente studio, per quanto stimati; di conseguenza il modello utilizzato per la stima dell'esposizione individuale era ben diverso e si fondava principalmente su una stima qualitativa dell'inquinamento atmosferico prodotto dal traffico stradale, stima fondata sulla conoscenza diretta dei luoghi di indagine. D'altra parte va anche osservato che in questi studi il segnale rilevato non è mai stato nettissimo ed univoco.
Per quanto riguarda invece altri studi reperibili in letteratura che hanno utilizzato dati di traffico discretamente dettagliati e quantificati per tratto di strada si riportano i risultati di uno studio di Nicolai (Nicolai et al., 2003) che usa un *buffer* di 50 m e somma i valori di TGMA dei segmenti stradali intersecanti. È stato riscontrato un rischio maggiore per alcuni sintomi e patologie respiratorie, quali tosse, asma corrente e sibili per i ragazzi esposti ad alti volumi di traffico rispetto a quelli residenti in strade poco trafficate. In un altro studio di Gordian (Gordian et al., 2006) è risultato un rischio per diagnosi di asma 2.8 maggiore per i soggetti classificati ad alta esposizione rispetto a quelli a bassa esposizione. In questo caso il *buffer* utilizzato è di 100 m e i valori di TGMA sono stati moltiplicati per la lunghezza del segmento di strada intersecato e sommati.
Dal punto di vista tecnologico si osserva come il ricorso allo strumento GIS costituisca un mezzo potente per migliorare l'indagine scientifica. È infatti grazie al GIS che è stato possibile sia preparare i dati di base del progetto (georeferenziazione dei soggetti, simulazione del traffico), sia impostare il modello di esposizione individuale con precisi riferimenti al territorio ed alla realtà al suolo, sia infine ripetere più volte lo studio in maniera speditiva variando le dimensioni dei *buffer*.
A questo proposito un altro aspetto che ci preme sottolineare è il fatto di aver dovuto far ricorso al GPS per la georeferenziazione dei soggetti: se è vero che questo ha consentito lo svolgimento del progetto, è anche vero che ha anche comportato un impegno non indifferente in termini economici e di tempo per la raccolta, la validazione e la messa a punto dei dati. L'operazione ha prodotto un

ritardo nel tempo di esecuzione del progetto ed un maggior impegno del personale dedicato. Da qui la constatazione di quanto sia ormai importante, ed ineludibile, per applicazioni disciplinarmente anche molto diverse, poter contare su dati pubblici del territorio ben dettagliati e di buona qualità e da qui l'esortazione alla Pubblica Amministrazione a predisporre banche dati SIT capillari, complete ed affidabili.

Riferimenti bibliografici

Boffetta P. (2006), "Human cancer from environmental pollutants: the epidemiological evidence", *Mutat Res,* 28:157-62

Briggs D.J., de Hoogh C., Gulliver J., Wills J., Elliott P., Kingham S., Smallbone K. (2000), "A regression-based method for mapping traffic-related air pollution: application and testing in four contrasting urban environments", *Sci Total Environ*, 253:151–167

Carr D., von Ehrenstein O., Weiland S., Wagner C., Wellie O., Nicolai T. and von Mutius E. (2002), "Modeling annual benzene, toluene, NO2, and soot concentrations on the basis of road traffic characteristic", *Environ Res,* 90:111–118

Cascetta E., (1998), *Teoria e Metodi dell'Ingegneria dei Sistemi di Trasporto*, UTET

COST 319 Final Report, (1999) *Methods of estimation of atmospheric emissions from transport: European scientist network and scientific state-of-the-art*

Gordian M.E., Haneuse S. and Wakefield J. (2006), "An investigation of the association between traffic exposure and the diagnosis of asthma in children", *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 16:49–55

Heinrich J., Topp R., Gehring U. and Thefeld W. (2004), "Traffic at residential address, respiratory health and atopy in adults: the National German Health Survey 1998", *Environmental Research*, 98:240-249

Kim J.J., Smorodinsky S., Lipsett M., Singer B.C., Hodgson A.T. and Ostro B. (2004), **"**Traffic-related Air Pollution near Busy Roads The East Bay Children's Respiratory Health Study", *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine,* 170:520-526

NETCEN, (2003), *Vehicle Emission Factor Database, v02.8*

Nicolai T., Carr D., Weiland S.K., Duhme H., von Ehrenstein O., Wagner C. and von Mutius E. (2003), "Urban traffic and pollutant exposure related to respiratory outcomes and atopy in a large sample of children", *Eur Respir J*, 21:956-963

Palermo, (1996), "Indagine di Mobilità" e "Sistema di modelli per la simulazione del traffico e dei trasporti di Palermo", *Piano Generale del Traffico della Città di Palermo (Del. G.M. n. 2186 del 23.08.1995)*

Pope C.A., Burnett R.T., Thurston G.D., Thun M.J., Calle E.E., Krewski D. and Godleski J.J. (2004), "Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease", *Circulation*, 109:71-77

Schikowski T., Sugiri D., Ranft U., Gehring U., Heinrich J., Wichmann H.E. and Krämer U. (2005), "Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women", *Respir Res*., 6:152

Sheffi Y., (1985), *Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Method*, Prentice-Hall

TRL (Transport Research Laboratory), (1999), *Methodology for calculating transport emissions and energy consumption*

Venn A., Lewis S., Cooper M., Hubbard R., Hill I., Boddy R., Bell M. and Britton J. (2000), "Local road traffic activity and the prevalence, severity, and persistence of wheeze in school children: combined cross sectional and longitudinal study", *Occup Environ Med,* 57:152-158

Wardrop J.G., (1952), "Some theoretical aspects of road traffic research", *Proc. Inst. Civ. Eng.* 1 Part II:325-378

Wong C.M., Atkinson R.W., Anderson H.R., Hedley A.J., Ma S., Chau P.Y. and Lam T.H. (2002), "A tale of two cities: effects of air pollution on hospital admissions in Hong Kong and London compared", *Environ Health Perspect*, 110:67-77

CENSIMENTO E CATALOGAZIONE DEI "MARMI ANTICHI": UN'APPLICAZIONE G.I.S.

Maurizio DELLI SANTI

(*) CNR – Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali, Area di Ricerca di Potenza, C.da S. Loja
85050 Tito Scalo (PZ), tel. 0971.427328, fax 0971.427333, e-mail: m.dellisanti@ibam.cnr.it

Riassunto

Lo strumento di analisi ed elaborazione tecnica denominato GIS (Geographical Information System) si è sviluppato sempre più allo scopo precipuo di poter gestire una notevole mole di informazioni.

L'obiettivo primario di un sistema informativo è infatti quello di mettere a disposizione dei responsabili di decisioni operative ogni informazione utile per effettuare le migliori scelte possibili.

Lo strumento, tuttavia, richiede che siano utilizzate pratiche e saperi derivanti anche da campi affini, proprio perché deve monitorare situazioni spazio-fisiche secondo "angolature" differenti: pertanto, non si potrà prescindere dalla ricerca storica ai rilievi e alle prospezioni archeologiche, dalle analisi chimiche e fisiche finalizzate alla conoscenza dello stato di degrado, fino allo studio storico-artistico ed architettonico dei manufatti presenti sullo spazio oggetto d'indagine.
Il Sistema Informativo Territoriale per la schedatura sistematica dei "marmi antichi" della città di Brindisi, in Puglia, e più precisamente nei monumenti romani e nelle chiese medievali, è stato organizzato in modo tale che le caratteristiche comuni dei manufatti lapidei si possano rilevare da subito: in tale ottica, sono state redatte opportune tabelle, da collegare dinamicamente ai manufatti ed ai tematismi vettoriali oggetto dell'analisi.

Dette tabelle, al di là delle peculiari caratteristiche tipologiche, strutturali, costruttive ed architettoniche, offrono dati e risultanze tecniche fondamentali perché possa essere prima pensato e poi programmato un ordinato ed efficiente piano di recupero e/o consolidamento dei marmi antichi.

Abstract

The tool of analysis and technical elaboration that is named GIS (Geographical Information System) has been more and more developed for the management of many information.
The first aim of an informative system is to make every useful information suitable to the operators who take their choices.
However, this tool requests, for its application, practice and knowledge about narrow fields, because it has to monitor spatial – physical situations in accordance with different "angle-shots": so we shouldn't leave historical research, surveys and archaeological relieves, chemical-physical analyses for knowing the degradation state, and also historic-artistic and architectural research on handmade that are in the analysed space.
The GIS to schedule systematically ancient marbles in Brindisi, South Italy, and in particularly in roman monuments and in medieval churches, has been organized so that the common features of handmade stones can be surveyed immediately: for this, indicative schedule have been drawn up to be linked to handmade stones and to vector themes in analysis.
Besides peculiar typical, structural and architectural features, these schedules give us fundamental data and technical results to think of first and then to project a methodical and efficient recovering and consolidation plane for ancient marbles.

1. Introduzione

L'introduzione del GIS nel campo della scienza e tecnologia per la conservazione dei Beni Culturali è un'acquisizione relativamente recente, nonostante ciò si è assistito in tempi brevi ad un grande sviluppo delle applicazioni in questo settore. La ragione è legata sostanzialmente al carattere multidisciplinare di questa area di ricerca che rende imprescindibile l'impiego di uno strumento atto a correlare ed integrare le più svariate informazioni e gli esiti derivanti dalle varie analisi conoscitive: dalla ricerca storica ai rilievi e alle prospezioni archeologiche, dalle analisi chimiche e fisiche finalizzate alla conoscenza dello stato di degrado allo studio storico-artistico ed architettonico.

Il G.I.S. per la schedatura sistematica dei "marmi antichi" della città di Brindisi (Fig. 1), in Puglia, è stato organizzato in modo tale che le caratteristiche comuni dei manufatti lapidei si possano rilevare da subito: in tale ottica, sono state redatte opportune tabelle, da collegare dinamicamente ai manufatti ed ai tematismi vettoriali oggetto dell'analisi.

Figura 1 – Localizzazione dell'area di studio.

2. Uso dei marmi antichi nei monumenti romani e nelle chiese medievali di Brindisi

L'identificazione dei materiali da costruzione è il primo dato da acquisire per l'intervento di recupero e conservazione di un monumento, sia a scopo conoscitivo che per fornire una base ai successivi studi delle morfologie e delle cause di deterioramento.

L'area mediterranea si caratterizza per il grande uso in età classica di marmi e pietre, che sono ampiamente riutilizzati nelle epoche successive, fenomeno che obbedisce a regole di convenienza economica per i litotipi strutturali.

Una simile sorte subì anche Brindisi, dove molti materiali della città romana servirono per costruire il centro medievale e moderno (Fig. 2).

Il reimpiego dei materiali antichi all'interno di un nuovo contesto costituisce una pratica molto diffusa nel mondo medievale, soprattutto nell'architettura. La fine del paganesimo e la contrazione demografica seguita alla caduta dell'impero romano accrebbero infatti la disponibilità di edifici in rovina dove reperire materiale già lavorato da riutilizzare nell'edificazione di nuove costruzioni.

Se nell'Alto Medioevo tali interventi vennero condotti con una certa faciloneria, l'architettura romanica sviluppò criteri selettivi e utilizzò le spoglie in maniera mirata. Il pezzo antico poteva essere apprezzato a livello estetico, e per questo veniva collocato in una posizione di rilievo (vedi portale della Chiesa di San Giovanni al Sepolcro), ma a volte gli si attribuiva un significato politico, in quanto alludeva alla grandezza dell'antica Roma.

Nel Medioevo, il contatto quotidiano con le rovine dei monumenti romani, favorì il diffondersi della pratica di un riuso di carattere "materiale", che si proponeva di risparmiare tempo e lavoro utilizzando elementi già lavorati o costruzioni ancora in piedi (vedi rocchi di colonna nel porticato dei Templari in Piazza Duomo a Brindisi). Accanto al riuso "utilitaristico", che si avvale del pezzo antico per economizzare tempo e lavoro, gli studiosi distinguono anche un riuso di "prestigio" che invece apprezzava le qualità estetiche delle spoglie romane e per questo diede loro una posizione di rilievo all'interno della nuova costruzione (vedi le varie colorate colonne in "marmo antico" nella cripta medievale della chiesa di Santa Lucia).
Per concludere notiamo inoltre, che il riutilizzo di monumenti e pezzi antichi si carica spesso di implicazioni e significati nel cosiddetto riuso "ideologico". Nell'architettura religiosa normanna (Pensabene, 1991) infatti, quanto più la spoglia è elaborata, ben conservata e riutilizzata secondo precisi criteri dispositivi e funzionale, tanto maggiore è il prestigio conferito dal suo uso, poichè vanno aggiunti i richiami simbolici all'impero romano che essa consente e che di volta in volta permettono sia l'esaltazione della committenza, sia la valorizzazione degli spazi in cui la spoglia è reimpiegata (vedi colonnato della Chiesa di San Giovanni al Sepolcro).

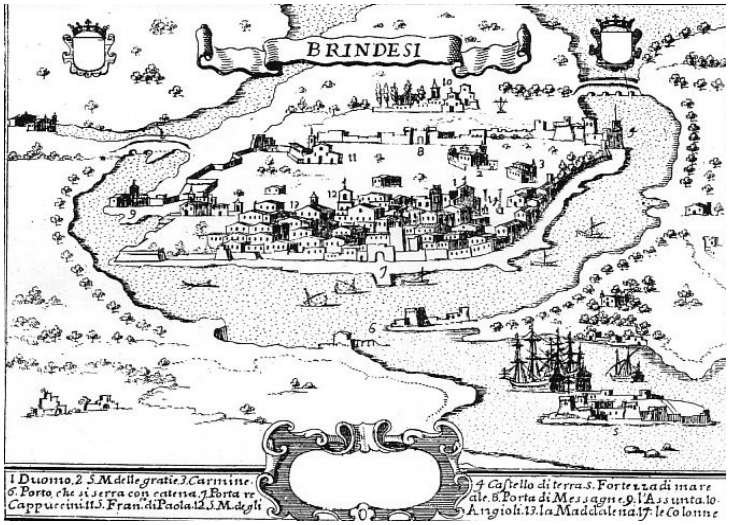


Figura 2 – Brindisi in una veduta settecentesca (dal Pacichelli, 1703).

3. Struttura del G.I.S.

Nell'analisi condotta mediante GIS non si addiviene ad una mera rappresentazione geometrica dei manufatti o degli oggetti: ciò che si evidenzia sono piuttosto le dirette relazioni spaziali tra i diversi elementi, come la connessione, l'adiacenza o l'inclusione.

Dalle suddette relazioni, il sistema GIS consentirà - tramite la strutturazione di dati diversi ma completi – di definire analisi complesse di monitoraggio dello spazio, delineando di volta in volta i tratti specifici del *topos.*

In pratica, il modello dei dati, in una ottica di efficace interazione, deve prevedere l'inserimento, al suo interno, di dati descrittivi dei singoli oggetti reali, definibili come attributi dello spazio.

Questi tre insiemi di informazioni (geometria, topologia, attributi) vengono poi effettivamente implementati in un GIS mediante uno specifico modello fisico, che oggi si basa su strutture dei dati di tipo relazionale, tipiche dei *database* più evoluti e su architetture *hardware* e *software* di tipo

client/server, tipicamente in reti locali di elaboratori: nel nostro caso, il software GIS utilizzato per l'implementazione e la successiva gestione dei dati è stato GENESYS s.h.p. (Fig. 3).

Più generalmente, le fasi essenziali per produrre un'elaborazione del dato geografico sono:

1. input dei dati;
2. gestione dei dati;
3. analisi dei dati;
4. presentazione dei dati.

Occorrerà comunque distinguere la tipologia di dati. Essi sono distinguibili solitamente in due categorie:

1. *dati spaziali* (vale a dire il posizionamento degli elementi geografici: nel nostro caso i monumenti romani e medievali di Brindisi);
2. *dati attributo* (cioè l'insieme del monumento, localizzazione dello stesso, anno di costruzione, nome del marmo antico presente, antica cava del marmo, provenienza, etc.), associati ai dati spaziali.

I dati spaziali (mappe, rilievi, ecc.) sono stati implementati mediante digilizzazione manuale, *scanning* e *files* grafici in formato vettoriale; i dati attributo, invece, sono stati introdotti tramite *script* da tastiera di elaboratore elettronico (Delli Santi, 2004).
In generale, tutte le informazioni inserite nel GIS risultano provenienti da supporti cartacei, tabelle-attributi o *database* interni al *software*. Ricordiamo, infatti, che i dati attributo valgono quali risultanze della ricerca storico-urbanistica, degli studi storico-artistici e di altre analisi svolte presso lo stesso IBAM-CNR.
I dati spaziali implementati sono costituiti dalla cartografia di tipo vettoriale (cartografia scala 1:50.000), opportunamente georeferenziata (sistema di riferimento Gauss-Boaga).
Sinteticamente, si riporta che l'identificazione dei monumenti, sulla relativa cartografia di base, è stata eseguita secondo la tipologia puntuale: l'opzione di una tipologia da riferire al geotipo, ossia alla classe di oggetto grafico, dipende non solo dalla sua estensione nello spazio, ma anche dall'uso previsto o prevedibile che si vuol fare di ogni elemento nelle fasi di gestione dei dati.
Dopo il processo descritto, sono state opportunamente redatte delle tabelle-attributo collegate in modo interattivo ai monumenti medievali, così da determinare, alle richiesta di dati tramite puntamento, una classe di informazioni dettagliate sul sito oggetto di interesse.
I dati attributo sono stati inseriti in un database interno (Fig. 4): ogni tabella è collegata al geotipo attraverso il legame ID, che viene automaticamente gestito dal *software* GENESYS s.h.p.
La gestione complessa dei dati, ovvero le procedure per archiviare e ricercare le informazioni introdotte in un GIS, sono poi affidate ad un *database* che gestisce le relazioni informative.
Il tracciato per giungere ad individuare le informazioni si articola in "chiavi di ricerca" definiti a target univoco e a gerarchia differenziata di domanda : ad esempio, sarà possibile ricercare le singole emergenze artistico-architettoniche degli edifici medievali di Brindisi oppure le caratteristiche strutturali e morfologiche dei marmi antichi presenti nei monumenti romani e medievali (tipo di marmo antico, cava, provenienza dello stesso ecc.) dell'emergenza.
La gestione dei diversi tematismi cartografici associati ad un bene culturale è stata affidata alla tecnica dell'*overlay*, cioè della codifica per *layers* differenti delle informazioni di base (Fig. 5).

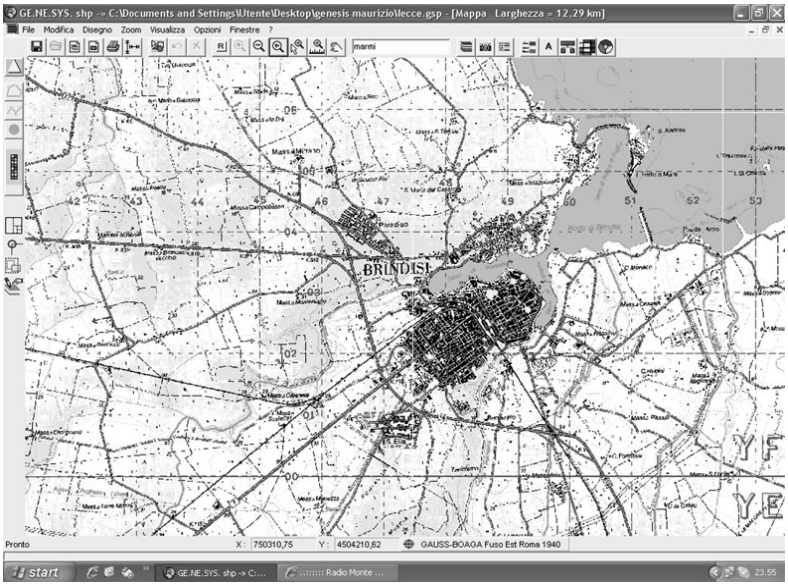


Figura 3 – Schermata durante una sessione di lavoro.

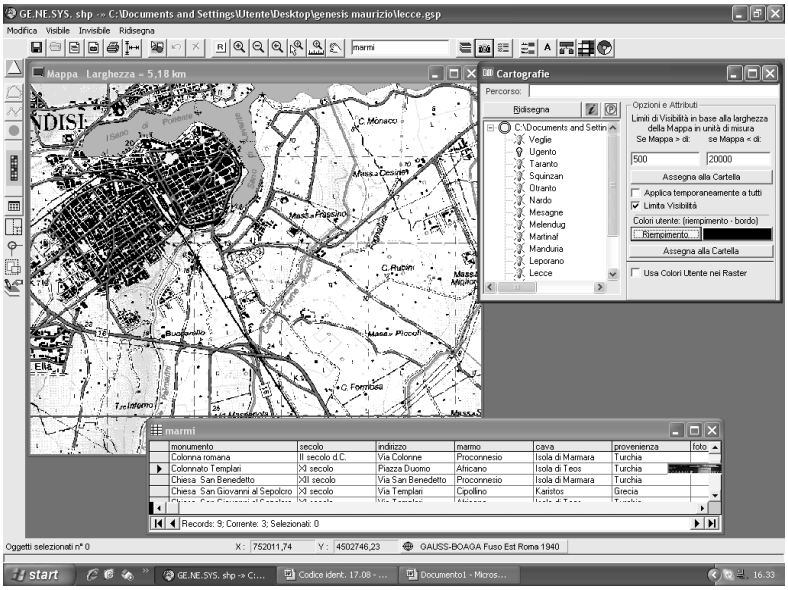


Figura 4 – Schermata durante una sessione di lavoro: si evidenzia il database associato ai monumenti.

4. Conclusioni

Lo strumento di analisi, in continuo aggiornamento e che presenta agilità di lettura-interpretazione, si compone di documenti informatici di facile utilizzo, orientati non solo all'indagine meramente scientifica bensì anche alle istanze istituzionali, al fine di varare iniziative – locali o regionali – tese

a recuperare, sia dal punto di vista edilizio che economico, il patrimonio storico architettonico di Brindisi.

Lo studio così condotto contiene pertanto spunti di valorizzazione interessate a ipotesi di sviluppo territoriale per la programmazione di un organico piano di recupero del patrimonio marmoreo, a valere quale riqualificazione di un più ampio territorio di riferimento.

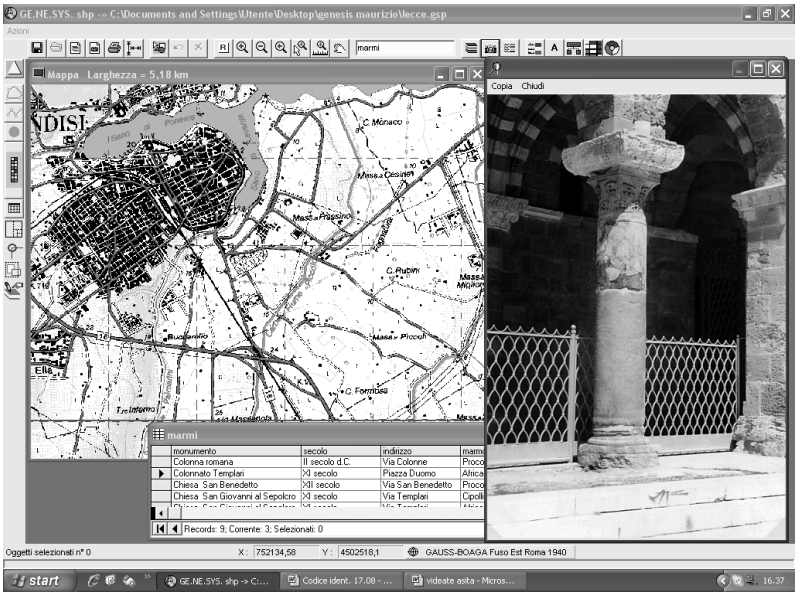


Figura 5 – Schermata durante una sessione di lavoro: collegamento con la foto associata al monumento e presente nel database.

Bibliografia

Pensabene P. (1991), *Contributo per una ricerca sul reimpiego e il "recupero" dell'Antico nel Medioevo. Il reimpiego nell'architettura normanna,* in RINASA, III, Anno III, Roma.

Delli Santi M.**,** Gizzi F.T., Masini N., Pellettieri A., Potenza M.R., Santagata P. (1999), *Il G.I.S. nella fotointerpretazione aerea di un territorio: Monte Serico in Basilicata,* in Atti della 3° Conferenza Nazionale ASITA: Informazioni Territoriali e Rischi Ambientali (Napoli, 9-12 novembre 1999), vol. II, pp. 703-708.

Delli Santi M.**,** Masini N., Montesano N., Pellettieri A., Potenza M. R. (2001), *G.I.S. e Beni Culturali: i centri scomparsi nella Basilicata,* in Atti della 5° Conferenza Nazionale ASITA: La qualità nell'Informazione Geografica (Palacongressi di Rimini, 9-12 ottobre 2001), vol. II, pp. 701-706.

Delli Santi M. (2004)**,** *Gis per la catalogazione, gestione e valorizzazione della Rabatana di Tursi*, Ministero per i Beni e le Attività Culturali e Fondazione Sassi di Matera (a cura di Cosimo Damiano Fonseca), Altrimedia Edizioni, Matera, pp. 331-334.