

MILLESENTIERI: IL PORTALE/WEBGIS OPENSOURCE DEI SENTIERI PER LA PROMOZIONE DELLE RISORSE NATURALISTICHE, ARCHITETTONICHE E STORICO-ARCHEOLOGICHE

Franca IACOBELLIS, Roberto IOVINELLI, Claudio MIRAGLIA, Paola NAPOLITANO

(*) Corso V. Emanuele 460, tel. 0815493155, fax 0817352530, info@millesentieri.eu, www.millesentieri.eu

Riassunto

MilleSentieri è un portale/webgis di recente creazione che ha l'obiettivo di promuovere la conoscenza del territorio attraverso dei percorsi che ne illustrano le caratteristiche salienti dal punto di vista naturalistico, architettonico, storico-archeologico e di costume. Il motore del portale/webgis, realizzato utilizzando software *opensource*, è costituito da un potente e complesso database geografico.

MilleSentieri si rivolge agli appassionati di escursionismo che possono trovare nel portale informazioni e mappe utili alla programmazione delle proprie passeggiate, alle associazioni di escursionisti che possono pubblicare il calendario delle proprie attività, ma si rivolge soprattutto agli Enti che sovrintendono il territorio (parchi, aree protette, comunità montane, comuni,...) ai quali offre uno strumento innovativo per la promozione del proprio territorio e dei percorsi che lo attraversano.

Abstract

MilleSentieri is a new website/webgis aimed to promote the knowledge of the territory through footpaths that show its main characteristics from a naturalistic, architectural, historical and archeological point of view. MilleSentieri has been developed using only open source software and is based on a complex and powerful geographical database.

MilleSentieri caters mainly for people that are keen on hiking, in this website they can find out all news, useful information and maps, for planning their walk, and it can be used to promote their own itineraries.

Above all MilleSentieri caters for public authority, business and other organizations that supervise the territory (natural park, protected area, mountain village, municipal area ...).

Moreover this Website is an innovative instrument to promote own territory and mountain courses, and also it is useful for organizations of hikers that can publish their trek program.

1. Introduzione

MilleSentieri (www.millesentieri.eu) è un portale/webgis realizzato da un gruppo di professionisti con l'obiettivo di contribuire alla promozione del territorio attraverso dei percorsi che ne illustrano le caratteristiche salienti dal punto di vista naturalistico, architettonico, storico-

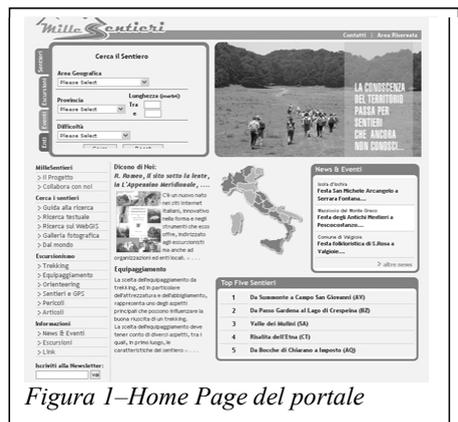


Figura 1—Home Page del portale

archeologico e di costume; da qui lo slogan “*la consapevolezza del territorio passa per sentieri che ancora non conosci*” (figura 1). L’iniziativa è nata dalla convinzione che il rispetto del nostro immenso patrimonio passi attraverso la sua più diffusa e capillare conoscenza.

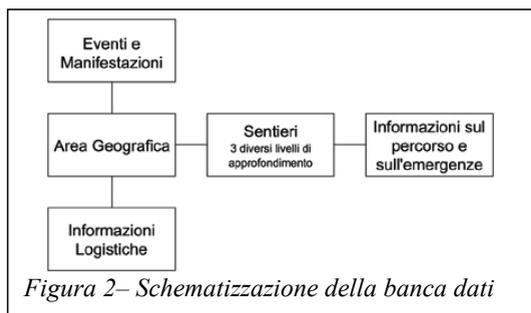
Il portale/webgis è stato realizzato utilizzando software *opensource* e ruota intorno ad un potente e complesso database geografico. Il database è stato progettato per contenere diverse informazioni su ogni percorso con tre diversi livelli di approfondimento, nonché per permetterne una rappresentazione geografica su diverse basi cartografiche, in funzione della scala di visualizzazione. A ciascun sentiero ed area di interesse sono state collegate numerose altre informazioni relative ad approfondimenti di tipo geologico, naturalistico, storico-culturale ed architettonico; informazioni di tipo logistico, come raggiungibilità con mezzi pubblici o privati, aree di sosta, di ristoro e di pernottamento; informazioni su eventi, sagre, feste, escursioni organizzate, etc..

Il portale, realizzato utilizzando le potenzialità del web 2.0, consente inoltre alle associazioni di inserire le escursioni programmate ma anche gli eventi dell’area interessata dal sentiero, ed all’escursionista di scegliere quelle cui partecipare utilizzando vari criteri di ricerca.

2. La struttura della banca dati

MilleSentieri è stato progettato utilizzando due base dati interconnesse tra di loro:

- 1) quella realizzata con MS Access per la pubblicazione e gestione delle attività e dei servizi erogati dal portale;
- 2) un GeoDB PostgreSQL/PostGIS, contenente i dati geografici georeferenziati e codificati dei sentieri e delle informazioni ad essi associate, come motore dell’applicazione WebGIS basata sulla piattaforma MapServer con client pMapper, tutti software *opensource*.



La banca dati del portale è stata progettata e realizzata in modo da accogliere e contenere numerosi dati (tecnici, descrittivi, immagini, video, etc...) relativi alle tematiche di interesse sul territorio in esame. La struttura è quella di un database relazionale in cui il sentiero rappresenta l’elemento chiave che collega tutte le altre informazioni associate al territorio.

In particolare, la componente alfanumerica del database contiene:

- Informazioni tecniche e descrittive dei sentieri con approfondimenti sugli aspetti naturalistici, architettonici, storico-culturali, galleria fotografica, etc.
- Informazioni di tipo logistico su mezzi di trasporto pubblico e privato, parcheggi, strutture ricettive, strutture per la ristorazione e lo svago, etc.
- Calendario delle attività culturali, folcloristiche, turistiche, etc.
- Calendario delle escursioni programmate dalle associazioni che operano sul territorio.

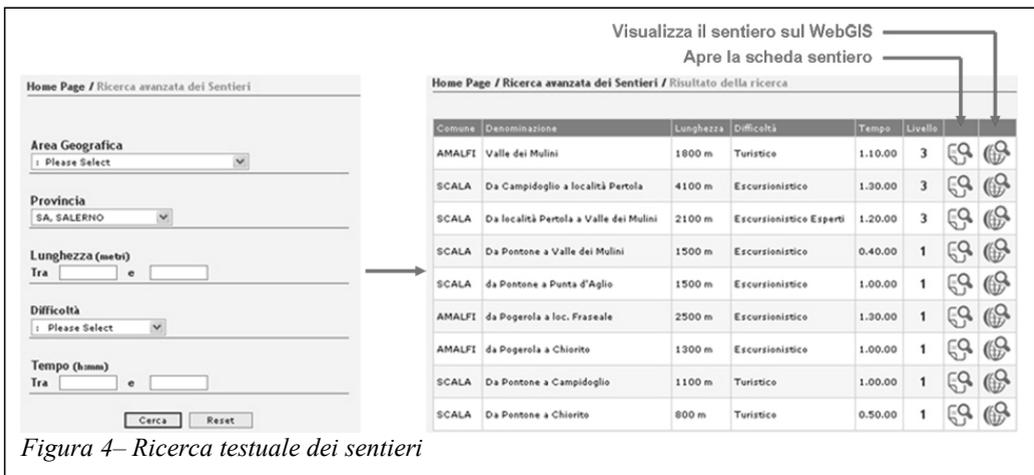
Nella componente geografica del database (PostgreSQL/PostGIS), oltre ai livelli informativi di base, sono contenuti i sentieri e i dati ad essi associati rappresentati su 4 livelli informativi puntuali (percorso, logistica, emergenze, foto) i cui contenuti sono illustrati in figura 3.



3. Consultazione del portale

L'utente può consultare ed interrogare il portale attraverso diverse modalità, infatti le informazioni sui sentieri si possono ottenere o con una ricerca testuale o con una ricerca su Webgis.

La ricerca testuale consente l'individuazione dei sentieri sulla base di criteri di ricerca quali ad es. area geografica, lunghezza, difficoltà, tempo di percorrenza, etc. Il risultato della ricerca produce un elenco di sentieri dal quale si può accedere alla consultazione della scheda o alla visualizzazione sul webgis (figura 4).



La ricerca sul Webgis consente l'individuazione dei sentieri o attraverso la navigazione sul territorio o attraverso l'interrogazione con criteri di ricerca (figura 5).

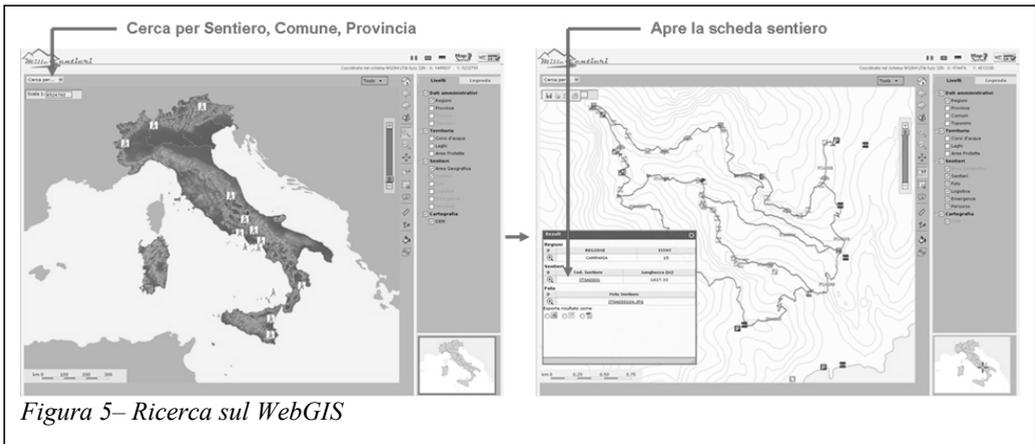


Figura 5– Ricerca sul WebGIS

La scheda del Sentiero contiene numerose informazioni tecniche (figura 6) e, in un'apposita sezione di approfondimento, consente l'accesso a: informazioni sull'area geografica, eventi e manifestazioni che si svolgono nell'area, approfondimenti tematici, galleria fotografica e WebGIS.

Stampa la scheda
Informazioni sull'area
Eventi collegati all'area
Visualizza il sentiero sul WebGIS

Clicca qui per ulteriori approfondimenti → Solo per i sentieri di livello 2 e 3

Denominazione	Valle dei Mulini	
Provincia	SALERNO	
Comune	AMALFI	
Cod. MilleSentieri	ITSA0001	

Il sentiero parte dal centro abitato di Amalfi e costeggia il fondovalle del Torrente Canneto. Particolarmente suggestivo per la presenza del rudere delle Ferriere e dei ruderi di antiche cartiere inglobate in una fitta vegetazione.

Lungo il percorso si incontrano le deviazioni per Poggerola, Pontone e Minuto. Proseguendo, invece, verso località Pertola si incontrano i sentieri di mezza costa che conducono a Scala e Poggerola.

Dati tecnici		
Lunghezza	1,8 Km	Coordinate di partenza i
Durata	1h - 10 min	40°38'23.50"N
Difficoltà	Turistico	14°35'58.67"E
Tipologia	Naturalistico	Coordinate di arrivo i
Località di partenza	Amalfi	40°38'59.85"N
Località di arrivo	Valle dei Mulini	14°35'19.51"E
Quota massima	268 m	Kml di Google Earth™ i
Quota minima	3 m	ITSA0001.kml
Dislivello	265 m	

Cartografia

Carta topografica IGM	466 B - Amalfi
scala 1:25.000, serie 25	
Carta tecnica in	CTR 1:5.000 466123, 466164
scala 1:5.000-1:10.000	
Cartografia escursionistica	CAI - Carta dei sentieri. Monti Lattari, Penisola Sorrentina, Costiera Amalfitana - Scala 1:30000

Coordinate geografiche WGS84 →

Consente di visualizzare le coordinate di partenza ed arrivo su GoogleEarth™ →

Figura 6– La scheda sentiero

MilleSentieri è un sistema aperto che accoglie i contributi di associazioni di escursionisti, sezioni del CAI ed appassionati che, seguendo gli standard predefiniti, possono inserire schede di sentieri, foto, approfondimenti, etc.

Inoltre, registrandosi presso MilleSentieri, le associazioni, le sezioni CAI e gruppi che organizzano escursioni possono accedere, tramite password, al database ed inserire direttamente le proprie iniziative sul territorio.

Il portale, infine, nella sezione "Escursionismo" contiene numerosi articoli su argomenti legati a trekking tra cui cartografia e orienteering, equipaggiamento, pericoli in montagna, etc.

4. L'area riservata agli enti

Una importante sezione di MilleSentieri, in forte evoluzione, è dedicata agli enti come Parchi, Riserve, Comunità Montane, Province e Comuni che possono utilizzare il portale come strumento di informazione/promozione del proprio territorio.

La presenza degli Enti all'interno di un portale tematico così strutturato e proposto al pubblico degli escursionisti, dà l'opportunità di promuovere quelle porzioni di territorio magari poco conosciute, ma di indiscussa bellezza naturalistica e storica.

Da questa sezione, infatti, è possibile accedere alle informazioni sull'ente che ha aderito all'iniziativa e da questa (o con link dal sito dell'ente) visualizzare la mappa e le schede sui sentieri. Le tipologie di informazioni relative ai sentieri sono analoghe a quelle descritte in precedenza con eventuali approfondimenti tematici ed il Webgis è caratterizzato da una cartografia di base più dettagliata fornita dall'Ente (in genere CTR) e da maggiori informazioni circa la presenza di alberghi, B&B, ristoranti e altre strutture ricettive. Anche in questo caso all'area sono associati eventi, manifestazioni ed escursioni organizzati dall'Ente o da altre associazioni.

MilleSentieri, inoltre, mette a disposizione degli enti interessati la propria esperienza e tecnologia per la realizzazione di progetti specifici con la personalizzazione della struttura della banca dati e dell'interfaccia grafica. L'utilizzo di software *opensource*, in linea con le più recenti direttive europee, consente all'ente una migliore gestione delle proprie risorse economiche.

Comune di Valgioie

Denominazione	Comune di Valgioie
Regione	Piemonte
Provincia	TORINO

Valgioie è un antico comune montano situato sulla strada che da Giaveno raggiunge il colle Braida lungo il vallone del torrente Orbana, a circa 40 Km da Torino. Ricco di storia e cultura, è circondato da boschi ed è uno splendido balcone naturale da cui è possibile ammirare i laghi di Avigliana, la piana di Giaveno, le montagne dell'Orsiera e per tale motivo si è meritato il nome di "Terrazza della Val Sangone". Il territorio di Valgioie è, inoltre, ricco di sentieri e percorsi escursionistici ben tenuti e segnalati. L'amministrazione comunale è particolarmente attenta alla conservazione e valorizzazione di questo patrimonio anche attraverso l'organizzazione di **eventi ed escursioni** che si svolgono nel periodo estivo. Il Comune, inoltre, insieme ai comuni di Coazze e Giaveno, ha dato vita al progetto **Ecomuseo dell'Alta Val Sangone** finalizzato allo studio e alla valorizzazione del territorio montano e delle sue tradizioni.

Per maggiori informazioni: www.comune.valgioie.to.it/

Indirizzo
B.ta Chiappero, 9 - 10094 Valgioie

Recapiti
Tel. 0119347100/038
Fax. 0119347047

Email
info@comune.valgioie.to.it

Web
www.comune.valgioie.to.it

Figura 7– La pagina del Comune di Valgioie (TO)

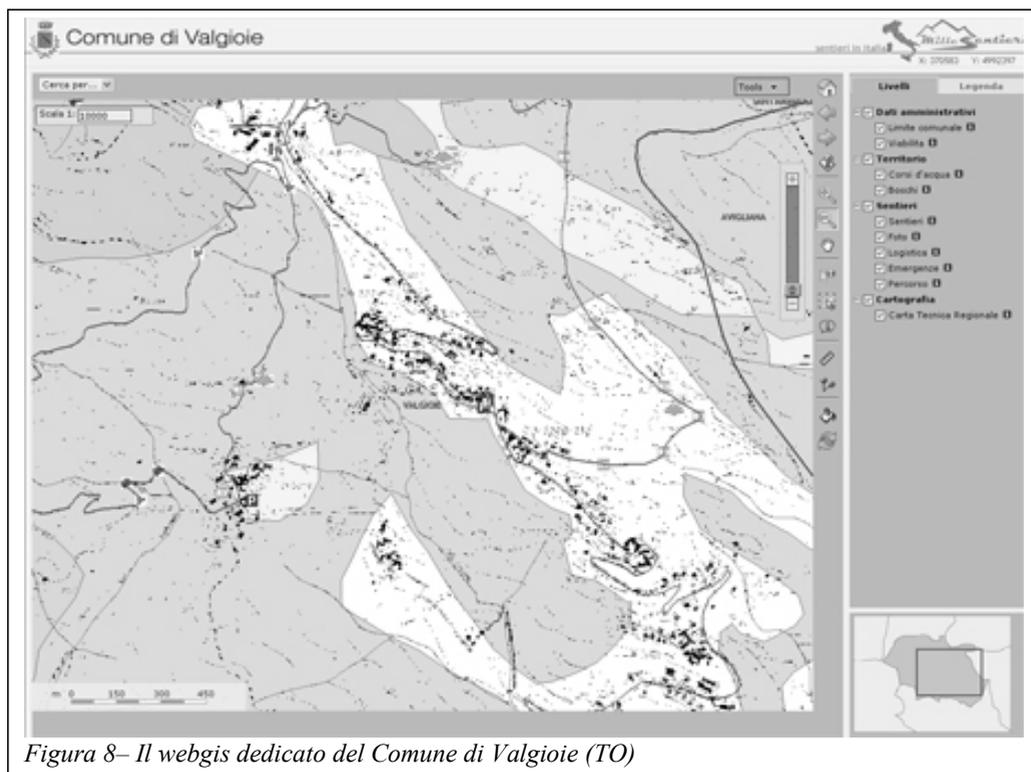


Figura 8– Il webgis dedicato del Comune di Valgioie (TO)

5. Conclusioni

Il portale/webgis MilleSentieri ha l'obiettivo di fornire un completo strumento di informazione e promozione dei territori caratterizzati dalla presenza di sentieri, attraverso i quali conoscere ed apprezzare la storia, le tradizioni ed i luoghi in un contesto spazio-temporale più ampio.

Grazie al contributo di associazioni di escursionisti, Enti che aderiscono o semplici appassionati, la banca dati di MilleSentieri è a disposizione di quanti vogliono scoprire aspetti diversi di un territorio spesso sconosciuto, ma che conserva le radici della società moderna..

Il portale, realizzato con le più moderne tecnologie informatiche, da un lato consente ad un ampio numero di utenti non specialisti di conoscere le potenzialità del territorio e trovare tutte le informazioni utili alla programmazione delle proprie escursioni, dall'altro consente agli Enti di promuovere e valorizzare il proprio patrimonio naturalistico, architettonico e storico-archeologico, valorizzare le potenzialità turistiche e l'offerta ricettiva, promuovere le attività culturali, gli eventi, le manifestazioni di interesse turistico.

Riferimenti bibliografici

- Bill Kropla, *Beginning MapServer*, Apress, 2005
Tyler Mitchell, *Web Mapping Illustrated*, O'Reilly, 2005
<http://mapserver.gis.umn.edu>
<http://www.pmapper.net/>
<http://www.postgresql.org/>
<http://postgis.refractory.net/>

VALUTAZIONE DELL'ACCURATEZZA NELL'ESTRAZIONE DELLA LINEA DI RIVA SU IMMAGINI MULTISPETTRALI AD ALTA RISOLUZIONE

Niccolò IANDELLI (*), Enzo PRANZINI (*)

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze, Borgo Albizi, 28 - 50122 Firenze

Riassunto

L'utilizzazione delle immagini rilevate da satellite per il monitoraggio dell'erosione costiera non ha portato a risultati apprezzabili in quanto, nella gran parte dei casi, il tasso di spostamento medio annuo della linea di riva risultava inferiore alla risoluzione geometrica dei sensori. Dal momento in cui si sono rese disponibili immagini ad alta risoluzione si sono moltiplicate le applicazioni del telerilevamento al monitoraggio dell'erosione costiera, ma l'accuratezza dei dati ottenuti non è ritenuta ancora tale da consentire l'abbandono dei tradizionali metodi di rilievo. Il presente lavoro valuta se un ulteriore incremento della risoluzione delle immagini prodotte dai sensori che lavorano nell'intervallo di lunghezze d'onda Visibile – VNIR (*Very Near InfraRed*) possa o meno portare ad una più accurata analisi dei processi erosivi. A tal fine sono state utilizzate immagini Ikonos e C.A.S.I. Le linee d'acqua estratte da tali immagini sono state confrontate con quella acquisita sul terreno con un GPS in modalità RTK e con quelle tracciate da 6 fotointerpreti su ortofoto digitali da bassa quota. L'estrazione automatica o semi-automatica della linea di riva da immagini telerilevate, qualunque sia la loro risoluzione, non consente di superare una soglia di accuratezza di un paio di metri. L'errore del posizionamento è anche funzione della pendenza della nearshore, cosa che risulta evidente dai risultati della fotointerpretazione.

Abstract

Remote sensing has traditionally given limited results in beach erosion monitoring since, in most cases, mid-term displacement rates are lower than the resolution of satellite images. High resolution images have recently created new perspectives in remote sensing for beach erosion monitoring scopes, but the accuracy of results is not sufficient to allow traditional methods of topographic surveying to be fully replaced. In this paper we analyse if a further increase in the geometric resolution of visible and very near infrared sensors can improve the assessment of erosion processes. Ikonos and 1-meter-resolution CASI images, the latter acquired in eight bands within the 447-758 nm range, were processed in order to retrieve the water line position. This was compared to both a GPS-RTK water line acquired at the time of the satellite overfly, and to lines drawn by photo-interpretors over high resolution airborne photographs also taken at the same time. Automatic or semi-automatic shoreline extraction from remotely sensed images, regardless of their resolution, cannot overcome the two-meter accuracy threshold. Discrepancy is larger where nearshore slope is limited; the same problem affects traditional interpretation of airborne photographs.

Introduzione

La determinazione della posizione della linea di riva costituisce un passo fondamentale nel processo di monitoraggio dell'erosione costiera (Pranzini e Wetzel, 2008). In questo ambito l'utilizzazione delle immagini rilevate da satellite non ha portato a risultati apprezzabili, in quanto, nella gran parte dei casi, il tasso di spostamento medio annuo della linea di riva risultava inferiore alla risoluzione geometrica dei sensori. Dal momento in cui si sono rese disponibili immagini ad alta risoluzione si

sono moltiplicate le applicazioni del telerilevamento al monitoraggio dell'erosione costiera, ma l'accuratezza dei dati ottenuti non è ritenuta ancora tale da consentire l'abbandono dei tradizionali metodi di rilievo, se non dove i tassi erosivi sono elevati (Carli et al., 2008).

E' comunque opportuno sottolineare che l'elemento morfologico che è possibile estrarre da immagini rilevate da aereo o da satellite è la linea d'acqua istantanea, che solo occasionalmente coincide con la linea di riva, intesa come l'isoipsa zero. Se è noto il valore della marea astronomica e barica e quello della pendenza della battigia, è possibile traslare la linea d'acqua per ottenere la linea di riva. Mentre il valore della marea astronomica e barica può essere ottenuto da mareografi o calcolato da parametri astronomici e barici, non è possibile conoscere la pendenza della battigia con l'accuratezza necessaria per una corretta traslazione senza effettuare un rilievo a terra contemporaneo all'acquisizione del dato telerilevato, cosa che rende superfluo il ricorso a dati aerei o satellitari.

Questi problemi sono indipendenti dal tipo di immagine utilizzata e dalla procedura adottata per l'identificazione del confine acqua-non acqua, tanto che in questo lavoro ci dedicheremo esclusivamente alla determinazione della posizione della linea d'acqua istantanea, rimandando il lettore ad una pubblicazione precedente (Iandelli e Pranzini, 2008) per eventuali approfondimenti su questa tematica.



Area di studio: la spiaggia del Gombo

L'area di studio corrisponde ad un tratto di circa 600 m del litorale posto a nord della foce del Fiume Arno e difeso da 5 scogliere parallele (Fig. 1). Il lobo settentrionale del delta dell'Arno è in erosione fin dalla seconda metà dell'800, con un arretramento della linea di riva che, fra il 1881 e il 2001, ha raggiunto i 1300 m (Pranzini, 2008).

La spiaggia antistante la Tenuta Presidenziale del Gombo fu difesa, fra il 1962 e il 1965, con la costruzione di cinque scogliere parallele, 4 delle quali, le più meridionali, sono state allungate e rialzate nel 1985. La risposta della spiaggia a questi interventi è stata studiata recentemente da Bowman e Pranzini (2003), che hanno messo in evidenza come queste modifiche abbiano aumentato l'efficienza delle scogliere, che si sono collegate a terra con 4 tomboli, incentivando però l'erosione del tratto di costa posto a nord, ossia sottoflutto. Ciò ha innescato un processo di *up-drift erosion* che determina una progressiva demolizione dei tomboli, tanto che oggi solo quello più meridionale arriva a congiungersi con la scogliera.

Figura 1 - Foto aerea dell'area di indagine con i transetti di controllo (la quinta scogliera è posta a nord della zona rappresentata).

La scelta di quest'area per il nostro studio risiede nella sua particolarità morfologica, generata dalla presenza delle scogliere, che permette di avere una forte variabilità della pendenza della battigia e garantisce frequenti condizioni di mare calmo.

Materiali e metodi

La spiaggia del Gombo è stata oggetto di un rilievo topografico e batimetrico effettuato in contemporanea con l'acquisizione dei dati telerilevati al fine di valutare l'accuratezza delle diverse tecniche di monitoraggio dell'erosione costiera (Beachmed, 2005). Per l'analisi della posizione della linea d'acqua istantanea, ossia quella in cui, in un determinato momento, terra, acqua ed atmosfera si toccano, si è fatto riferimento al rilievo effettuato con GPS in modalità RTK al momento del sorvolo della zona da parte del satellite Ikonos. La pendenza della battigia è stata tratta dal rilievo batimetrico effettuato due giorni prima, e considerato ancora valido in quanto il mare si era mantenuto perfettamente calmo. In contemporanea con il rilievo batimetrico erano state effettuate acquisizioni da aereo (Partenavia P68) con uno scanner multispettrale CASI (*Compact Airborne Spectrographic Imager*) ed una camera metrica digitale (Rollei 6008-DB44) con risoluzione a terra pari a 0.2 m. Il volo era stato effettuato dalla Soc. Aquater su incarico del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze in occasione delle ricerche condotte all'interno del Progetto Beachmed.

Le immagini CASI sono state rilevate con configurazione spettrale su 8 bande nel range 447 - 758 nm, la cui posizione rispetto a quella delle bande Ikonos è mostrata in Figura 2. In funzione della quota di volo e delle caratteristiche geometriche del sensore le dimensioni a terra del pixel risultano pari 1 m x 1 m.

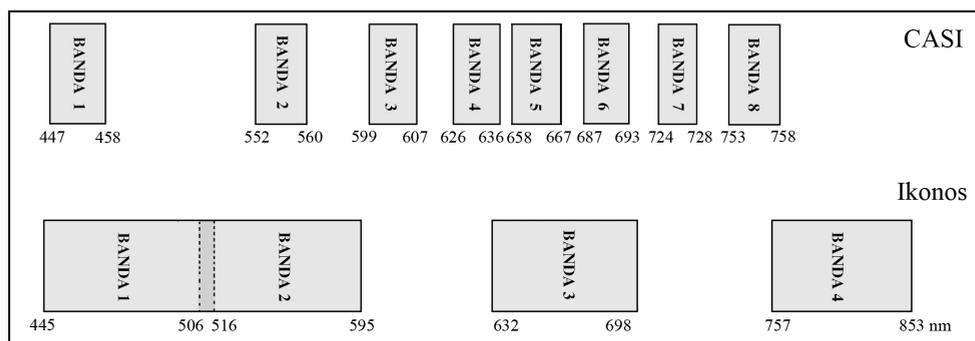


Figura 2 - La distribuzione delle bande di acquisizione del CASI confrontata con quella di Ikonos.

Elaborazione delle immagini

Le varie immagini sono state elaborate con il software ENVI ver. 4.4 e integrate per le successive analisi in ambiente GIS (ESRI ArcGIS ver. 9.1).

Le immagini multispettrali Ikonos e CASI sono state elaborate al fine di ottenere la migliore discriminazione tra *pixel* di terra e *pixel* di mare, per poi estrarre da ciascuna di esse la linea d'acqua.

Per i dati Ikonos la prima elaborazione è consistita in un semplice *slicing* di Banda 4 (VNIR), sfruttando il contrasto spettrale fra acqua e terra. Si è quindi prodotto l'NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), che sfrutta il contrasto spettrale tra Rosso e Infrarosso Vicino della vegetazione, ma che è stato utilizzato anche per mappare specchi d'acqua (Hirose et al., 2005) e che recentemente ha dimostrato di consentire una buona identificazione della linea di riva (La Monica et al., 2008). È stata quindi prodotta l'immagine NDWI (*Normalized Difference Water Index*; McFeeters, 1996), simile all'NDVI, ma con la banda del Verde al posto della banda del Rosso, e che va ad assegnare all'acqua valori positivi, mentre il suolo e la vegetazione vengono ad

assumere valori negativi. Sempre con i dati Ikonos sono state prodotte immagini del Rapporto fra bande, ed in particolare Banda 2 / Banda 4, che in studi precedenti aveva dimostrato di consentire una buona discriminazione fra terra ed acqua (Iandelli e Pranzini, 2008).

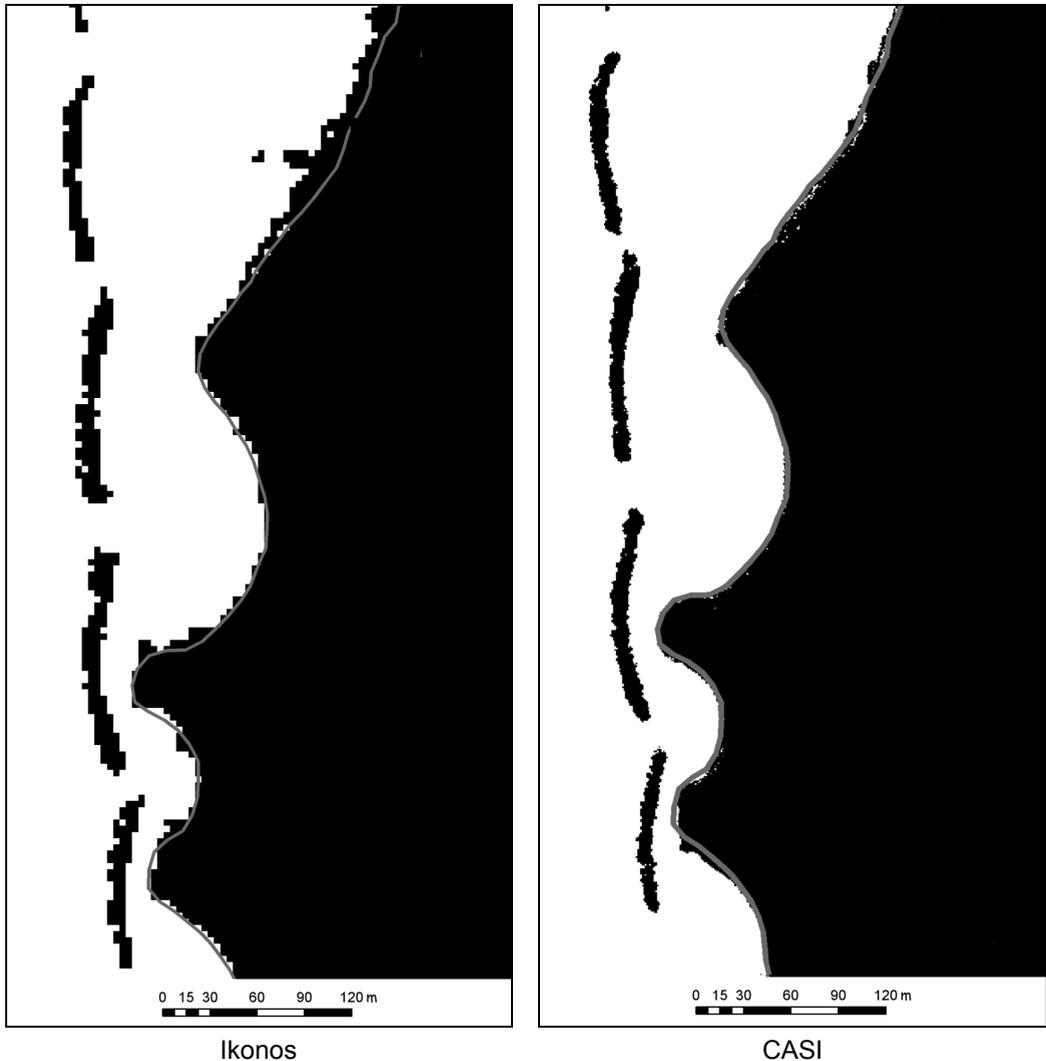


Figura 3 - Immagine Ikonos (B2 / B4) e CASI (B2 / B8) con slicing in due livelli e posizione della linea d'acqua GPS.

Le stesse elaborazioni sono state effettuate usando quelle bande del sensore CASI che hanno un *range* spettrale simile a quello delle bande del sensore Ikonos: *slicing* di Banda 8 (NIR), Rapporto B2 / B8; NDVI (con Banda 5 e Banda 8); NDWI (con Banda 2 e Banda 8).

Parallelamente alcuni operatori esperti di morfologia costiera, lavorando in modo indipendente l'uno dall'altro, hanno tracciato a monitor la linea d'acqua sulle ortofoto.

Le linee d'acqua estratte da tutte le elaborazioni sono state confrontate con quella rilevata con GPS in modalità RTK; è stata quindi misurata la distanza fra di esse lungo 15 profili per i quali è nota la pendenza della battigia.

I valori dello scostamento medio fra la linea “vera” e quelle estratte dalle immagini Ikonos sono riportati in Tabella 1 e mostrano come il posizionamento migliore, con un errore medio di 2,1 m, si sia ottenuto con il rapporto tra la Banda 2 e la Banda 4 (Fig. 3), come già emerso negli studi precedenti effettuati su di un'area campione del Golfo di Follonica (Iandelli e Pranzini, 2008). In entrambi gli studi lo scostamento arriva ad essere quasi pari alla metà della risoluzione del sensore, risultato oggettivamente confortante.

Tabella 1 - Distanza media in valore assoluto fra la linea d'acqua rilevata con GPS in modalità RTK e quella estratta dalle diverse elaborazioni dei dati Ikonos.

B4	B2/B4	NDVI	NDWI
4,0 m	2,1 m	3,6 m	3,4 m

Utilizzando le immagini rilevate dal sensore CASI, che, ricordiamo, ha prodotto immagini con dimensione del pixel al suolo di 1 m, il posizionamento della linea d'acqua avviene con uno scostamento non molto diverso in valore assoluto, ma dalle 2 alle 4 volte maggiore della risoluzione geometrica di questo sensore (Tab. 2). Anche in questo caso è il rapporto Verde / Infrarosso (Banda 2 / Banda 8) (Fig. 3) a raggiungere la performance migliore (2,1 m), seguito da vicino dal semplice *slicing* di B8, che ha un errore medio di 2,7 m.

Tabella 2 - Distanza media in valore assoluto fra la linea d'acqua rilevata con GPS in modalità RTK e quella estratta dalle diverse elaborazioni dei dati CASI.

B8	B2/B8	NDVI	NDWI
2,7 m	2,1 m	4,0 m	2,7 m

Per valutare le effettive difficoltà che si hanno nella determinazione della posizione della linea d'acqua sulle immagini, indipendentemente dalla loro risoluzione, si è proceduto con il test dei 6 fotointerpreti (Fig. 5). Questi hanno potuto utilizzare un'immagine a colori reali e con una risoluzione di 20 cm, non beneficiando però dell'informazione che si ha nell'Infrarosso vicino. Nell'operazione di identificazione della linea di contatto fra acqua e sabbia bagnata hanno potuto fare ricorso all'analisi della forma, escludendo andamenti della linea d'acqua non coerenti con questo sistema costiero, e della tessitura, con la battigia liscia, data dalla sabbia fine, ed il mare con minuscole increspature; inoltre, la linea bianca di frangimento delle pur piccole onde suggeriva di posizionare la linea cercata verso terra.

Nonostante ciò, i risultati appaiono decisamente scadenti, anche se decisamente migliori di quelli ottenuti con il telerilevamento. In Tabella 3 vengono riportati gli scostamenti fra la linea d'acqua fotointerpretata e quella GPS per ciascun operatore nelle 15 sezioni di controllo. Nella stessa Tabella vengono mostrati anche i valori della deviazioni standard per ciascun transetto (che quantifica le differenze di interpretazione dei vari operatori) e quelli dell'errore medio e della deviazione standard per ciascun operatore (che rappresentano una specie di pagella del loro operato).

Le posizioni medie estreme tracciate dagli operatori collocano la linea d'acqua 1.27 m a terra rispetto alla linea GPS e 1.08 m a mare di essa. Letta in termini relativi si tratta di una accuratezza pari a 5 o 6 pixel: è evidente che non vi è nessuna relazione con la risoluzione dell'immagine, e ciò dimostra che vi sono limiti, forse invalicabili, ad una determinazione da remoto della linea d'acqua. Analizzando i valori della distanza media delle linee rispetto da quella GPS in corrispondenza dei transetti (in valore assoluto), si nota come questi siano maggiori in quei tratti di litorale in cui la pendenza della battigia è minore (Fig. 6a). Una tale relazione fra lo scostamento della linea telerilevata e quella GPS era stato già osservato nell'area test del Golfo di Follonica (Iandelli e Pranzini, 2008), ma rilevarla nei valori della deviazione standard (Fig. 6b) dimostra le oggettive difficoltà che hanno trovato i vari fotointerpreti nel posizionare la linea d'acqua quando la pendenza

della battaglia è debole. Ciò avviene nei tratti di litorale più riparati dalle scogliere, mentre in corrispondenza dei varchi la pendenza è maggiore tanto che le 6 linee fotointerpretate vanno quasi a coincidere (Fig. 5).

Tabella 3 - Distanza (in metri) fra la linea di riva tracciata sulle ortofoto digitali con risoluzione 0.2 m e quella rilevata con GPS in modalità RTK. Valori negativi indicano che la linea d'acqua tracciata dall'operatore è posizionata verso terra rispetto a quella GPS.

Numero transetto	Pendenza (%)	Operatore						Dev. st. Transetto
		1	2	3	4	5	6	
1	6,66	1,93	2,00	2,43	-1,29	1,60	-0,37	1,51
2	9,08	0,93	0,73	-3,19	-1,76	1,34	-0,62	1,77
3	11,53	0,99	0,89	1,21	-2,73	1,08	-0,73	1,57
4	14,74	0,01	0,17	-1,40	0,12	0,07	-0,93	0,67
5	7,75	1,31	1,33	-0,86	1,24	1,65	0,08	0,97
6	10,55	0,12	0,13	-1,69	0,07	-1,77	0,07	0,94
7	7,53	-0,04	-0,17	-1,51	-0,10	0,23	-1,45	0,77
8	8,22	0,52	0,79	-1,45	0,22	0,96	-0,41	0,90
9	6,82	-1,28	-2,78	-3,16	-2,36	-2,36	-3,44	0,76
10	10,27	1,13	2,90	0,58	3,41	2,73	1,19	1,16
11	14,02	1,10	1,15	-0,63	1,46	1,57	-0,09	0,90
12	2,67	2,93	2,84	-3,40	2,93	3,19	0,55	2,59
13	4,16	1,32	0,18	0,72	-1,71	0,53	-1,31	1,20
14	5,47	0,07	0,07	-5,23	0,01	-0,06	-4,83	2,61
15	3,99	5,23	5,15	-1,49	5,03	5,23	2,76	2,70
Media Op.		1,08	1,02	-1,3	0,34	1,07	-0,64	
Dev.st Op.		1,50	1,78	1,99	2,41	1,86	1,78	

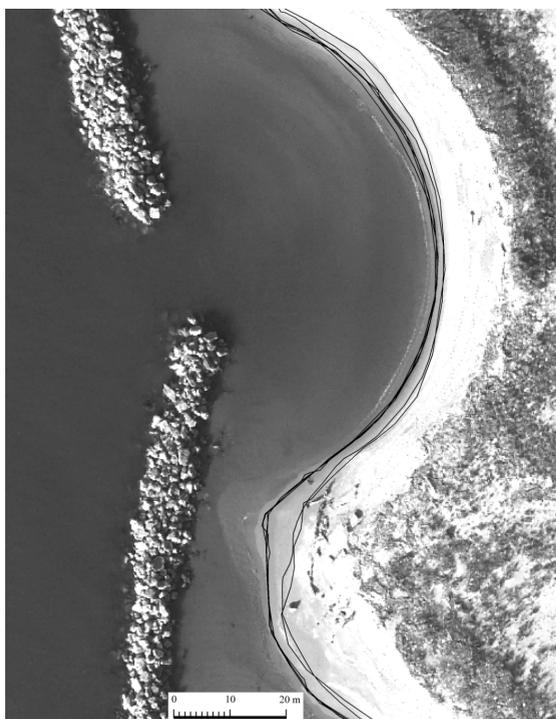


Figura 5 - Linee d'acqua tracciate da 6 fotointerpreti sulle ortofoto con risoluzione di 20 cm (particolare del tratto studiato).

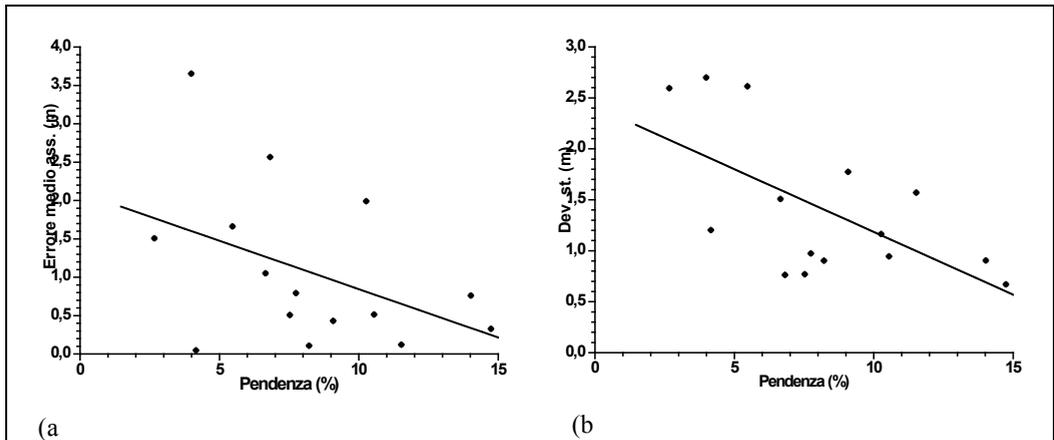


Figura 5 - Distanza media (a) e Deviazione standard dei valori della distanza (b) fra le linee d'acqua tracciate dai 6 fotointerpreti e quella GPS in corrispondenza dei transesti in funzione della pendenza della battigia.

Conclusioni

Dalla comparazione delle misure effettuate è risultato evidente come l'incremento della risoluzione geometrica dei sensori non provochi automaticamente un incremento sostanziale della precisione con cui può essere identificata la posizione della linea d'acqua. Il risultato ottenuto dalle migliori elaborazioni (con un errore medio di circa 2 m) sembra un limite "fisico" di difficile superamento con immagini rilevate nelle bande del visibile e dell'infrarosso molto vicino. Il futuro del telerilevamento, nel settore della dinamica costiera, sembra pertanto essere legato alla disponibilità di sensori che operino su lunghezze d'onda leggermente maggiori, dove la riflettività della sabbia bagnata è significativamente diversa da quella della sabbia coperta da un velo d'acqua (Carli et al, 2008). La difficoltà oggettiva di identificazione della linea è dimostrata dalla comparazione fra la linea GPS e quelle tracciate dai vari fotointerpreti. Per questi, risultati migliori si potrebbero ottenere con un maggiore training basato sul confronto dei propri risultati con la linea "vera"; ciò porterebbe forse all'eliminazione di alcuni errori grossolani. Lo sviluppo di simili procedure in campo informatico e l'inserimento di alcuni vincoli, ad esempio quelli imposti alla linea di frangimento, potrebbero forse incrementare anche l'accuratezza del dato estratto da immagini telerilevate.

Rimane il problema che il contrasto spettrale fra sabbia asciutta e sabbia bagnata è maggiore di quello esistente fra quest'ultima e l'acqua, e dovremmo attenderci che i sistemi automatici tendano a posizionare la linea d'acqua più verso terra che verso mare, cosa non confermata dai nostri test. E' probabile che la linea di frangimento, bianca in tutte le bande, contribuisca a creare un confine fra terra e mare spostato verso il largo.

Al momento dobbiamo accontentarci di una linea d'acqua posizionata con un'accuratezza massima di un paio di metri, dalla quale partire con ulteriori approssimazioni per ottenere la linea di riva. E' sufficiente per il monitoraggio dell'erosione costiera? Se da un lato il tasso di erosione della gran parte delle spiagge italiane è inferiore a 2 m/anno, dall'altro la variabilità giornaliera e stagionale della linea di riva è di gran lunga maggiore (Bowman e Pranzini, 2008), tanto che sembra ridicolo cercare di "congelarla" con misure al millimetro, attribuendo così ad essa un significato che trascende quel "principio di indeterminazione" che sembra caratterizzarla. Sarà forse meglio avere più misure meno esatte, dalle quali estrarre una posizione media annua e una variabilità intrinseca ad ogni sistema costiero. L'insieme dei due valori ci porterà ad identificare il rischio per erosione meglio di quanto non possano fare sporadiche misure estremamente precise. Se i dati telerilevati ci

consentono ciò, ad un prezzo più basso di quello delle tradizionali tecniche di rilievo, ben vengano. Il problema è che oggi i costi di una immagine ad alta risoluzione sono maggiori di quelli di un operatore che batte un equivalente tratto costiero.

Bibliografia

- Beachmed (2005), *Beachmed - 3° Quaderno tecnico, Fase C*, Regione Lazio, Roma. Pp. 278.
- Bowman D. e Pranzini E. (2003), "Reversed response within a segmented detached breakwater - the Gombo case, Tuscany coast, Italy", *Coastal Engineering*, 49: 263-274
- Bowman D., Pranzini E. (2008) - *Shoreline monitoring: review and recommendations*. In: Beach Erosion Monitoring, E. Pranzini & L. Wetzel Eds., BeachMed-e/OpTIMAL Project, Nuova Grafica Fiorentina, Firenze, pp 15-24.
- Carli S., Iandelli N., Pranzini E. e Salvatori R. (2008), "L'utilizzazione di immagini telerilevate ad alta risoluzione per lo studio dell'erosione costiera: estrazione della linea d'acqua e valutazione della sua accuratezza". *Studi costieri*, 14: 43-54.
- Hirose K., Soyji M., Hang H.T.M., Anh N.H., Triet T. Nam V.N. and Tran T.B. (2005), Satellite data application for mangrove management. *16th Workshop OMISAR*. pp. 7.1-7.4
- Iandelli N., Pranzini E. (2008), *Waterline extraction from Ikonos images addressed at beach erosion monitoring*. In: Beach Erosion Monitoring, a cura di E. Pranzini e L. Wetzel, BeachMed-e/OpTIMAL Project, Nuova Grafica Fiorentina, Firenze, pp 51-60.
- La Monica G.B., Petrocchi E., Salvatore M.C., Salvatori R., Casacchia R. (2008), *A new approach to detect shoreline from satellite images*. In: Beach Erosion Monitoring, a cura di E. Pranzini e L. Wetzel, BeachMed-e/OpTIMAL Project, Nuova Grafica Fiorentina, Firenze, pp 61-74.
- McFeeters S.K. (1996), "The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features.", *Int. J. Remote Sensing*, 17: 1425-1432
- Pranzini E. (2008), "L'intervento di stabilizzazione del litorale de Le Lame (Parco San Rossore Migliarino Massaciuccoli, Toscana)" *Studi Costieri*, 14: 29-42
- Pranzini E., Wetzel L. (2008), *Managing Mediterranean beaches: the need for quality and standardised data in beach monitoring at different scales*. In: Beach Erosion Monitoring, a cura di E. Pranzini e L. Wetzel, BeachMed-e/OpTIMAL Project, Nuova Grafica Fiorentina, Firenze, pp 9-11.
- Stumps R.P. e Holderied K. (2003), Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limn. Oceanogr.*, 48: 547-556.
- Yates M.G., Jones A.R., McGrorty S e Gross-Custard J.D. (1993), The use of satellite imagery to determine the distribution of inter-tidal surface sediments of the Wash, England. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 36: 333-344.

PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE DI METODOLOGIE PER LA REDAZIONE DI PIANI DI PROTEZIONE CIVILE COMUNALE NELLA PROVINCIA DI ROMA

Maria IOANNILLI (*), Maurizio AMBROSANIO (**), Gianluca CARBONE (**),
Giovanna CELANI (**), Alessandro PAREGIANI (**)

Università di Roma "Tor Vergata", Dipartimento di Ingegneria Civile, Via del Politecnico, 1
(*) 0672597086, ioannill@ing.uniroma2.it
(**) 0672597296, info.intime.srl@gmail.com

Abstract

Il processo di costruzione di un Piano di Protezione Civile Comunale è affetto, in generale, da notevoli elementi di incertezza, soprattutto per quanto concerne la stima del rischio a cui il Piano tende a rispondere. Tale incertezza è dovuta: alla impossibilità di modellare tutti i fenomeni pericolosi potenzialmente agenti; alla discrepanza temporale tra il momento della formulazione del Piano e l'accadimento di un evento pericoloso, che potrebbe implicare una diversa configurazione del sistema territoriale; alla potenziale interazione tra fenomeni pericolosi, che potrebbe generare una amplificazione degli effetti di un fenomeno pianificato. Per questi motivi, all'interno dell'attività di redazione dei Piani di Protezione Civile Comunali, che l'Università di Tor Vergata sta svolgendo su incarico della Provincia di Roma, si è messo a punto un metodo generale di stima del rischio e di dimensionamento dei Piani del tutto innovativo rispetto all'approccio tradizionale. Si è inoltre implementato tecnicamente tale metodo, realizzando il Sistema Informativo Territoriale di Protezione Civile della Provincia di Roma.

Abstract

Designing a Municipal Civil Protection Plan is an activity affected by many uncertainty elements, mainly for the risks estimation. These elements are relate to: the impossibility to model all the potential dangerous phenomena; the time discrepancy between the stage during which the Plan is carried out and the moment of the event, that can imply a different configuration of the territorial system; the potential interaction between dangerous phenomena, that can imply an amplification of the effects of a planned phenomenon. For this reasons, in the planning activities carried out by the University of Tor Vergata, commissioned by the Province of Rome, a new general risk estimation and plan dimensioning method was outlined, fully innovative if compared with the traditional one. A technical implementation of the method has been achieved, producing in this way the Spatial Information System for the Province's Civil Protection Department.

Introduzione

I rischi che il generale Processo di Protezione Civile (previsione – prevenzione – intervento) tende a gestire sono legati a due classi di eventi:

- i cosiddetti eventi prevedibili, di cui siano cioè noti e sottoponibili ad analisi preventiva e simulativa i fattori causali. Questa è la condizione essenziale perché siano formulabili i Programmi di Previsione e Prevenzione ed i relativi Piani di Emergenza.
- gli eventi non prevedibili, di cui siano noti i fattori causali ma per cui tali fattori non siano sottoponibili ad analisi e simulazione. L'evento è quindi determinabile in senso generale ma non in termini di probabilità (nel tempo) e di localizzazione di accadimento (nello spazio). Ciò impedisce, nell'approccio corrente, di formulare qualsiasi ipotesi di prevenzione ed ovviamente di redigere un Piano di Emergenza.

A questo proposito occorre notare che:

- tutti i potenziali rischi sono di interesse per il Processo di Protezione Civile e benché non prevedibili essi debbono essere gestiti con adeguati strumenti basati su una qualche forma di modellazione preventiva;
- i rischi legati a fenomeni prevedibili vengono normalmente delineati mediante l'uso di modelli formalizzati che, per loro stessa natura, contengono un certo grado di probabilità che il risultato della modellazione non fornisca una immagine completamente coerente (spazialmente e temporalmente) con l'accadimento che si manifesterà;
- in ogni caso, la dinamicità del sistema territoriale fa sì che il sistema stesso si trovi, all'atto del manifestarsi dei fenomeni, in condizioni non del tutto rispondenti a quelle assunte nella formulazione del Piano di Emergenza (per esempio: modificazione non prevedibile delle condizioni di contesto assunte come base per la simulazione; modificazione delle condizioni territoriali generali, non ancora recepite nei Piani di Emergenza; diversa condizione di disponibilità del sistema della organizzazione e delle risorse previste all'interno di un Piano di Emergenza).

Inoltre, tra gli eventi potenzialmente calamitosi possono ingenerarsi dei meccanismi di reciproca induzione; tali meccanismi non sono predicibili (almeno non esaustivamente) a priori e questo apre ampi margini di indeterminatezza nella stima del rischio.

Per tutti i motivi precedenti, occorre pensare ad un nuovo approccio in grado di gestire l'incertezza intrinseca nel processo di stima del rischio; un approccio che, pur fondandosi su una base analitica di previsione, produca tuttavia gli elementi (informativi) in grado di orientare secondo la migliore prospettiva operativa le attività di gestione degli eventi in funzione delle reali modalità di accadimento degli eventi stessi.

L'approccio universalistico

L'approccio che viene proposto può definirsi di tipo "universalistico" e si basa sui seguenti concetti:

- tutti i fattori di pericolosità possono essere analizzati singolarmente per costituire una sintesi del grado di pericolosità complessiva agente sul territorio, nella ipotesi cautelativa che i diversi fenomeni calamitosi si possano manifestare in maniera congiunta nel tempo e nello spazio;
- tutti gli elementi naturali ed antropici presenti sul territorio sono ritenuti, in prima istanza, come potenzialmente esposti alla pericolosità territoriale; ciascun elemento è qualificabile, in termini di vulnerabilità, dal punto di vista dei propri caratteri intrinseci (strutturali, funzionali, di valore);
- il rischio agente sul territorio è determinabile, in prima istanza, in funzione della domanda di risorse che si potrebbe generare nella ipotesi che uno o più eventi calamitosi si determinino in un dato territorio e in coerenza con la politica di accettabilità del rischio che si intende adottare.

L'adozione dell'approccio universalistico porta a definire un complesso di elementi informativi intermedi particolarmente rilevanti rispetto al complessivo processo di Protezione Civile. Essi illustrano:

- il sistema delle pericolosità complessive;
- il sistema territoriale disponibile;
- il sistema territoriale vulnerabile;
- il sistema di allocazione delle risorse.

Il contenuto di tali elementi, ed il loro ruolo all'interno del processo è così definito:

- Il sistema delle pericolosità complessive contiene le informazioni analitiche relative agli areali di pericolosità di tutti gli eventi pericolosi potenzialmente agenti all'interno del territorio oggetto della Pianificazione. Per la costruzione di tale quadro informativo occorre:
 - tenere in contemporanea considerazione tutti i fattori di pericolosità (primari ed indotti) agenti sul territorio valutandone il potenziale incremento di pericolosità;
 - produrre una qualificazione dell'intero territorio indagato, a prescindere dalle effettive condizioni di rischio presenti, al fine di identificare il "sistema territoriale disponibile" per la gestione delle emergenze.

- Il sistema territoriale disponibile identifica le aree non soggette ad alcun tipo di pericolosità, e quindi utilizzabili per la allocazione delle risorse strategiche per la gestione dell'emergenza (in particolare aree di ammassamento ed accoglienza).
- Il sistema territoriale vulnerabile localizza e descrive elementi vulnerabili presenti sul territorio, qualificati per livello di vulnerabilità intrinseca; la disponibilità di una simile informazione consente la valutazione dei danni potenziali anche in ambiti territoriali diversi da quelli assunti nella costruzione degli scenari di rischio.
- Il quadro di sintesi ha una propria funzione, in fase di previsione e prevenzione, poiché permette di identificare immediatamente le parti di territorio maggiormente sensibili all'evento calamitoso. Per rendere la utilizzazione di questa informazione efficace in fase di emergenza è necessario però che essa permetta di identificare, in modo agevole, i contenuti specifici di ciascun areale di vulnerabilità consentendo in tal modo l'attivazione della ulteriore risposta di Protezione Civile.
- Il sistema di allocazione delle risorse contiene la descrizione spaziale di tutte le risorse potenzialmente utilizzabili per la gestione dell'emergenza. Sono comprese tra queste, tanto le risorse strategiche localizzate sul territorio in fase di pianificazione (aree), quanto le strutture territoriali, esistenti e potenzialmente non coinvolte nello scenario di danno atteso, in grado di erogare servizi utili alla gestione dell'emergenza.
La localizzazione delle aree, in particolare, deve essere fatta all'interno del sistema territoriale disponibile e nel rispetto delle seguenti condizioni:
 - ottimizzazione rispetto alla localizzazione delle aree di potenziale danno;
 - accessibilità dall'esterno dell'area a rischio;
 - accessibilità verso le aree di potenziale danno.

Il comportamento del sistema territoriale: l'approccio sistemico

Nella valutazione degli effetti di un evento calamitoso si è definito l'insieme degli elementi naturali ed antropici presenti in un dato territorio come "sistema territoriale vulnerabile", ritenendo importante considerare non solo la presenza delle singole entità territoriali ma anche il complesso delle relazioni funzionali intercorrenti tra loro.

Di conseguenza nell'analisi del rischio è opportuno non solo valutare il potenziale danno connesso con la presenza di elementi esposti in un'area di potenziale pericolo, ma anche il danno che potrebbe riscontrarsi in elementi anche sensibilmente distanti dagli areali di pericolo diretto, ma funzionalmente connessi con specifiche tipologie di elementi colpiti direttamente dall'evento.

Questi ultimi rivestono un ruolo particolare in funzione della loro elevata capacità di interagire con altri elementi del sistema e potrebbero essere definiti elementi strategici. Tra le tipologie di elementi che potrebbero essere considerati vi sono le infrastrutture viarie, la rete elettrica (inclusi gli elementi puntuali, quali cabine di trasformazione, ...), la rete dell'acqua potabile (inclusi gli elementi puntuali, quali impianti di sollevamento, potabilizzatori, serbatoi di accumulo, ...), ed in secondo ordine tutti gli elementi che costituiscono potenziali risorse in caso di emergenza, quali ospedali, strutture di accoglienza, ecc. L'interruzione della funzionalità degli elementi strategici risulta di notevole interesse in quanto può generare un danno rilevante (nella maggior parte dei casi maggiore rispetto al danno localizzato sull'elemento sistemico) su una molteplicità di altri elementi, incluse vite umane.

E' possibile quindi, in connessione con l'interruzione della funzionalità di un elemento strategico, definire un rischio sistemico di differenti tipologie, in funzione dell'elemento la cui perdita di funzionalità genera il pericolo (es. rischio sistemico viabilità se l'elemento sistemico è la strada, rischio sistemico elettricità se l'elemento sistemico è un elettrodotto o una cabina elettrica, ecc.). Per una valutazione del rischio sistemico è quindi necessario condurre una analisi che consenta di identificare le connessioni funzionali tra elementi strategici ed altri elementi territoriali nonché il livello di tali relazioni. Ciò si traduce nel definire un modello di relazionamento tra gli elementi per cui si manifesta il rischio sistemico e gli elementi strategici di una certa tipologia ad essi funzionali. In tal modo è possibile definire, in analogia con l'approccio seguito per il rischio locale, ulteriori

tipologie di fenomeni dannosi che potremmo definire sistemici, intesi come perdita, per un insieme di elementi territoriali, delle relazioni funzionali con una specifica tipologia di elementi strategici. Tali fenomeni, a differenza della problematica del rischio locale, si manifestano in maniera peculiare in funzione delle caratteristiche di relazionamento all'interno del sistema territoriale. Sarà dunque possibile, per la specifica tipologia di elementi strategici considerati e quindi dello specifico fenomeno dannoso sistemico, valutare una pericolosità sistemica in corrispondenza di ogni elemento esposto, in base a:

- la frequenza del fenomeno, che deriva dall'entità del rischio funzionale locale per i singoli elementi strategici, quindi;
- i livelli di pericolosità locale a cui sono esposti i singoli elementi strategici;
- le caratteristiche di vulnerabilità funzionale ai diversi eventi dei singoli elementi strategici;
- l'intensità del fenomeno, che deriva dal livello di relazionamento tra i singoli elementi strategici e l'elemento territoriale esposto.

La pericolosità sistemica è valutabile per ogni elemento esposto sovrapponendo, per ogni elemento strategico, i livelli di frequenza e di intensità del fenomeno dannoso e componendo i singoli contributi. A questo scopo è necessario valutare le caratteristiche di vulnerabilità intrinseca degli elementi esposti, in relazione all'interruzione di funzionalità della specifica tipologia di elementi sistemici. La valutazione del rischio sistemico consente di:

- caratterizzare gli elementi territoriali per i quali si manifesta il rischio sistemico in funzione del livello di tale rischio al fine dell'eventuale predisposizione di risorse per l'emergenza;
- caratterizzare gli elementi strategici in rapporto al grado di relazionamento che essi stabiliscono con tutti gli altri elementi territoriali; ciò può consentire, nelle fasi immediatamente successive all'interruzione della funzionalità dell'elemento strategico, una rapida valutazione del possibile danno che potrebbe indursi sugli elementi ad esso funzionalmente connessi, anche nel caso di eventi calamitosi non previsti.

E' da notare infine che un rischio sistemico potrebbe rilevarsi su elementi a loro volta strategici per altri elementi (ad es. una interruzione di elettricità potrebbe compromettere la funzionalità di elementi infrastrutturali per l'approvvigionamento di acqua potabile).

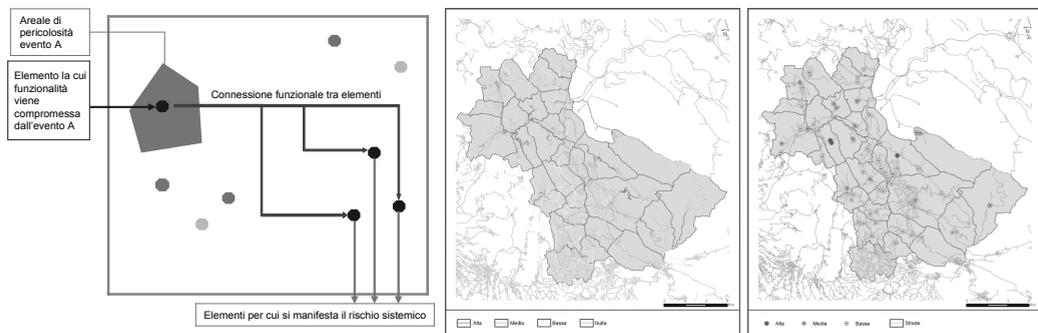


Figura 1 - Rischio sistemico: modello logico ed applicazione; pericolosità neve su strade e rischio di isolamento su centri abitati

Il sistema della conoscenza: l'approccio incrementale

In linea del tutto generale, la mole dei dati necessari alla esaustiva e dettagliata conoscenza del sistema territoriale potenzialmente investito da un fenomeno calamitoso è molto grande; tale affermazione è tanto più vera quanto più analitica volesse essere la identificazione dei fattori di vulnerabilità di ciascuna componente territoriale presa in considerazione.

Non sempre, però, il sistema dei dati necessari è già disponibile; è anche possibile che tali dati esistano ma, a causa delle modalità con cui sono stati costruiti, non siano facilmente integrabili

all'interno di un unico sistema di informazioni. Per tutti questi motivi, è opportuno che la progettazione della conoscenza di supporto al processo di Protezione Civile avvenga secondo una logica di tipo incrementale. Assumere una logica di questo tipo vuol dire salvaguardare il principio che afferma che "..... un piano speditivo è meglio di nessun piano" e cioè che il Piano deve essere redatto sulla base del sistema delle conoscenze disponibili, salvaguardando la possibilità di specificare nel tempo i contenuti informativi del Piano stesso.

Dal punto di vista tecnico questo vuol dire che la progettazione del sistema di acquisizione ed elaborazione dei dati territoriali deve essere fatta in maniera tale da rendere possibile la intercambiabilità di "strati informativi", sostituendo via via il complesso dei dati dai più generali a quelli più specifici, senza però incidere, o incidendo limitatamente, sui processi di elaborazione necessari alla produzione dei quadri informativi richiesti.

È possibile, ad esempio, per alcune grandezze che descrivono gli elementi vulnerabili, che i dati vadano dalla semplice indicazione di esistenza dell'elemento (presenza / assenza) alla specificazione delle caratteristiche funzionali, dimensionali e strutturali dell'elemento stesso.

È anche possibile che i livelli di approfondimento successivo dei dati venga operato selettivamente solo su alcuni degli elementi che descrivono le diverse grandezze e questo è ad esempio valido quando un elemento trattato in prima approssimazione come potenzialmente vulnerabile, venga invece ritenuto idoneo a fungere da risorsa per la gestione dell'emergenza. Si pensi al caso di una scuola che, se dotata di alcune caratteristiche strutturali e dimensionali, potrebbe essere utilizzata come struttura per l'accoglienza della popolazione coinvolta nell'evento.

L'assunzione di una logica di tipo incrementale produce un processo di costruzione della conoscenza basato sui seguenti passi:

- identificazione delle macro grandezze di interesse per il processo di pianificazione;
- identificazione delle componenti specifiche da sottoporre ad analisi per descrivere le grandezze di interesse;
- identificazione delle variabili descrittive ritenute idonee alla completa descrizione delle componenti specifiche;
- valutazione di disponibilità dei dati necessari alla implementazione delle variabili descrittive ed eventuale identificazione di variabili proxy utilizzabili;
- stima del grado di approssimazione introdotto nella descrizione.

L'implementazione tecnica degli approcci precedenti

I concetti di "universalità", "sistemicità" ed "incrementalità" possono essere tecnicamente implementati mediante la suddivisione del territorio in unità di riferimento discrete (celle) ed attraverso una configurazione dei dati che descriva le singole porzioni di territorio dal punto di vista di tutte le informazioni di interesse (matrici di celle codificate). Le matrici possono essere utilizzate come agile strumento di sintesi per la produzione di opportuni risultati informativi ma nello stesso tempo non presentano limiti teorici al contenere, e quindi rendere agevolmente disponibile sia nelle elaborazioni sia nella "lettura", un patrimonio informativo analitico, non mediato attraverso il calcolo di indici sintetici e quindi totalmente quantitativo. Risulta altresì possibile far coesistere in questo unico strumento tecnico una molteplicità di informazioni, anche di tipologie sensibilmente differenti, mantenendo nello stesso tempo l'indipendenza di ogni comparto informativo. In questo modo sembra possibile conseguire l'universalità nella descrizione del territorio.

Le matrici sono inoltre una struttura logico-fisica di base, a partire dalla quale è possibile definire un processo di analisi indipendente dal contenuto dei dati o dalla consistenza delle specifiche modellazioni. In questo modo è possibile sostituire "strati informativi", dai più generali a quelli più specifici, senza però incidere, o incidendo limitatamente, sui processi di elaborazione necessari alla produzione dei quadri informativi richiesti, garantendo in tal modo l'incrementalità cercata.



Figura 2 - La matrice del sistema vulnerabile, di pericolosità complessiva e di sintesi

L'incertezza nel dimensionamento del rischio: l'approccio orientato alla gestione

Se da un lato una valutazione totalmente quantitativa del rischio sembra improponibile per le difficoltà connesse al considerare una molteplicità di eventi, elementi territoriali e loro relazioni, oltre che per una reale lacuna informativa e metodologica, l'approccio totalmente empirico non sembra del tutto adeguato a definire un'analisi fattivamente utile per le finalità di Protezione Civile. Per gestire questa problematica si è definito un approccio tendente a mantenere, nel processo di analisi, il dettaglio massimo delle informazioni disponibili, sulla base del quale poter condurre valutazioni empiriche significative assumendo specifici, e dichiarati, obiettivi di intervento.

A partire dalla descrizione quantitativa degli elementi potenzialmente esposti, necessaria anche per disporre di informazioni operativamente utili per la gestione dell'emergenza nel caso si verificassero eventi del tutto o in parte non previsti, e dalla contemporanea descrizione dei fattori di pericolosità agenti, è possibile definire metodologie di analisi in grado di integrare tali elementi con il processo di programmazione della risposta di Protezione Civile in fase di emergenza.

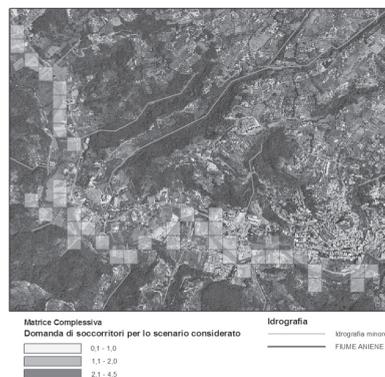


Figura 3 - Il dimensionamento della domanda di risorse umane per la gestione del rischio esondazione

A partire da valutazioni tecniche ma anche in merito agli obiettivi assunti dalla pianificazione a livello politico-amministrativo, è infatti possibile combinare la componente vulnerabile con la pericolosità attraverso valutazioni sia rigorose sia empiriche, individuando, in connessione con le finalità di gestione dell'emergenza, la priorità di intervento e la sua "dimensione" in corrispondenza dei diversi tipi di elementi esposti. In questo modo la valutazione della sovrapposizione di una

molteplicità di eventi calamitosi può essere effettuata definendo opportuni scenari di evento, mentre nello stesso tempo risulta possibile considerare contemporaneamente la presenza di molte e diverse tipologie di elementi territoriali vulnerabili riducendo i termini del problema all'individuazione e, dove possibile, al dimensionamento di una specifica tipologia di risorse necessarie per gestire l'evento. È possibile così rendere significativamente confrontabili i diversi valori e gradi di vulnerabilità all'evento di differenti tipologie di elementi esposti, nonché, in alcuni casi, definire indici di "unità di domanda" per una particolare risorsa. L'analisi del rischio assume quindi il carattere di valutazione della necessità di una specifica tipologia di risorsa, in una certa quantità ed in un dato luogo.

Il sistema informativo di protezione civile della Provincia di Roma

Nella prospettiva di incrementare l'efficacia e l'efficienza dell'attività di Protezione Civile, emerge la necessità di:

- rendere, in un tipico processo multi attore e multi livello, i contenuti del Piano di Protezione Civile fruibili in maniera agevole e condivisibili tra tutti i soggetti chiamati a collaborare nella gestione degli eventi;
- garantire l'aggiornamento nel tempo del Piano, i cui contenuti sono per loro natura affetti da un elevato tasso di dinamicità.

La definizione di strumenti in grado di supportare il raggiungimento di tali finalità è stato un obiettivo generale dell'esperienza condotta nella Provincia di Roma. Attività strategica in tal senso è stata l'implementazione di un Sistema Informativo Territoriale di Protezione Civile e di strumenti WEB per la consultazione e l'aggiornamento delle informazioni da parte degli Enti Territoriali coinvolti nel processo di Pianificazione (Comuni, Comunità Montane, COI).

I contenuti del SIT sono costituiti dai dati geografici e alfanumerici relativi:

- all'inquadramento territoriale dei singoli Comuni;
- ai risultati delle analisi di pericolosità;
- alle informazioni di interesse sugli elementi esposti e le risorse (organizzati in una struttura omogenea, per cui ogni entità cartografica è dotata di attributi di base che ne identificano il codice tipologico, l'appartenenza amministrativa e l'anagrafica di un referente);
- ai sistemi di comando e controllo e le procedure di intervento;
- alle informazioni di sintesi (Matrice di Sintesi Territoriale: ripartizione del territorio per classi di pericolosità, distribuzione degli elementi esposti per classe di pericolosità).

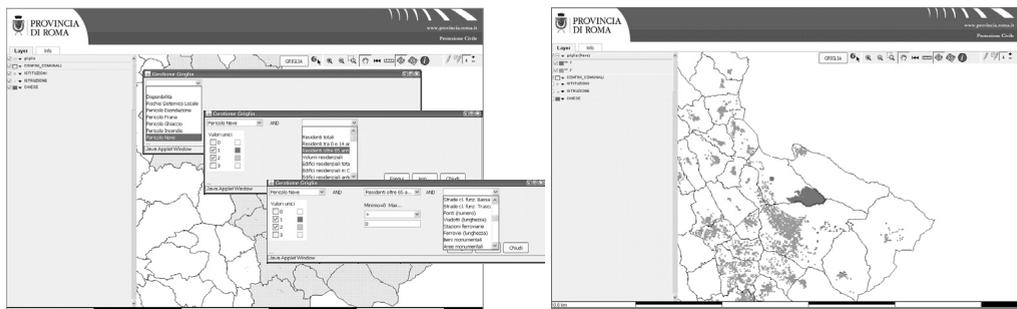


Figura 4 - Il sito di Protezione Civile della Provincia di Roma: modalità di interrogazione delle matrici di sintesi a scopo di Prevenzione

Il SIT ha lo scopo di supportare tutte le fasi del Processo di Protezione Civile messo in atto dagli Enti territoriali della Provincia di Roma, caratterizzandosi inoltre quale elemento dinamico, all'interno di un processo che ciclicamente dall'utilizzo dei contenuti porta ad un loro aggiornamento. La base informativa del SIT può costituire un efficace supporto alle decisioni riguardanti sia le attività di prevenzione sia la pianificazione della risposta in emergenza (obiettivi,

risorse, procedure); in entrambi i casi, ogni attività condotta va a modificare i contenuti del Sistema e li rende disponibili per le decisioni future, nonché per gli utilizzi in fasi diverse.

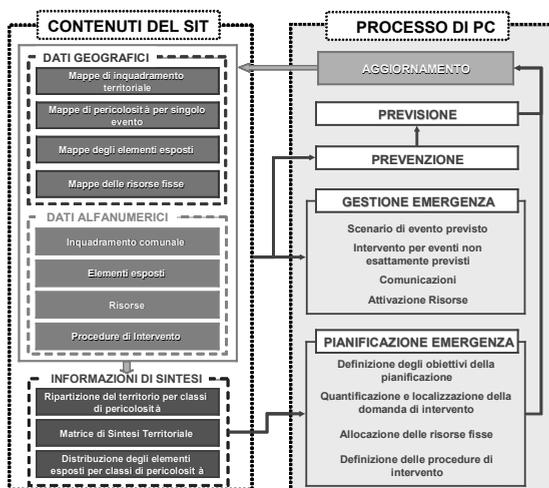


Figura 5 - Contenuti del SIT e loro utilizzo nel processo di Protezione Civile

Per quanto riguarda lo strumento WEB, il servizio GIS della Provincia di Roma ha predisposto un sistema di accessi differenziato per tipologia di utente, rendendo le informazioni di interesse consultabili ed aggiornabili secondo i diversi livelli di competenza.

In generale si è voluto rendere ogni operazione semplice ed intuitiva, progettando sistemi ed interfacce che consentissero l'accesso alle informazioni, oltre che interrogando direttamente gli elementi geografici, anche a partire dalla componente alfanumerica dei dati.

Conclusioni

L'attività di Previsione dei rischi, all'interno del più generale processo di Pianificazione di Protezione Civile, riveste un ruolo strategico sia per la componente di prevenzione che di gestione degli interventi in emergenza. L'alto livello di aleatorietà e di incertezza intrinseco nel segmento previsionale rende necessario adottare approcci metodologici ed operativi diversi rispetto a quelli tradizionalmente adottati (modellazione a singolo rischio e conseguente dimensionamento delle risorse per la gestione, staticità degli elementi informativi...). Una possibile soluzione è quella sperimentata nel presente lavoro, la quale peraltro, nella sua implementazione tecnica sembra garantire la più agevole manutenzione ed inter - operatività del Piano visto come Sistema Informativo.

Riferimenti bibliografici

O.P.C.M. 28 agosto 2007, n.3606, "Manuale operativo per la predisposizione di un piano comunale o intercomunale di Protezione Civile"

Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile (1994), "Criteri per l'elaborazione dei piani di emergenza". Circolare n.2/DPC/S.G.C./94

Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile (1994), "Criteri sui programmi di previsione e prevenzione". Circolare n.1/DPC/S.G.C./94

PROGETTAZIONE E IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO DI SUPPORTO ALLE ATTIVITÀ DI GESTIONE DELLE EMERGENZE A SEGUITO DI EVENTI DI TIPO NON PREVEDIBILI

Maria IOANNILLI (*), Simone MELEO (**), Francesco MARTOCCHIA (**),
Alessandro PAREGIANI (**)

Università di Roma Tor Vergata, Dipartimento Ingegneria Civile, Via del Politecnico, 1
(*) 0672597086, ioannill@ing.uniroma2.it
(**) 0672597296, info.intime.srl@gmail.com

Abstract

Le tematiche relative alle emergenze scaturite da eventi non prevedibili costituiscono uno degli aspetti più critici nella gestione e organizzazione degli interventi da parte delle Autorità Preposte, a causa dell'impossibilità di potersi riferire ad un Modello di Intervento predefinito.

Gli eventi non prevedibili sono quelli per cui siano noti i fattori causali ma tali fattori non siano sottoponibili ad analisi e simulazione. L'evento è quindi determinabile in senso generale ma non in termini di probabilità (tempo) e localizzazione (spazio) di accadimento. Ciò impedisce, nell'approccio corrente, di formulare qualsiasi ipotesi di previsione, prevenzione e di redigere un Piano di Emergenza.

Il lavoro presenta un Sistema Informativo Territoriale progettato ed implementato per fornire, in tempo reale, tutte le informazioni necessarie alla modellazione dello scenario incidentale scaturito da un evento non prevedibile e l'ottimizzazione nella gestione dell'emergenza che ne deriva. Il sistema è stato implementato in ambiente ARCGis.

Abstract

Emergencies arising from unpredictable events constitute one of the most critical aspects in the management and organisation of interventions by the Authorities due to an inability to refer to an existing Intervention Model. The unpredictable events are those for which are known causal factors but these factors are not analysable and predictable. Therefore, the event is determined in a general sense but not in terms of probability (time) and location (space) of occurrence.

This work presents a Spatial Information System developed with the aim to provide all real-time information necessary for modeling incidental scenarios arising from unpredictable events and optimising the management of the connected emergency.

The System has been developed in ARCGis Environment.

Introduzione

La **pianificazione di emergenza** rappresenta, oggi, il modo più evoluto di gestione degli eventi calamitosi che si manifestano sul territorio. Essa si basa su una pianificazione concertata in tempo di pace per poter disporre, nel momento in cui si verifichi un evento rilevante, di un progetto di tutte le attività coordinate e di tutte le procedure che dovranno essere adottate per fronteggiare tale evento, in modo da garantire l'effettivo ed immediato impiego delle risorse necessarie al superamento dell'emergenza ed il ritorno alle normali condizioni di vita.

Di fondamentale e prioritaria importanza nell'ambito della pianificazione è la fase di **previsione** della quale fanno parte tutte quelle attività dirette allo studio delle cause dei fenomeni calamitosi,

alla determinazione della probabilità che un determinato evento si manifesti con una data intensità, alla identificazione degli elementi vulnerabili presenti nel territorio in esame ed alla individuazione degli scenari di rischio. Non tutti gli eventi calamitosi possono però essere sottoposti ad analisi preventiva; i cosiddetti eventi non prevedibili, infatti, sfuggono all'approccio canonico della previsione e prevenzione, non potendosi per essi determinare e sottoporre ad analisi i fattori causali. Tuttavia tali eventi non possono essere ignorati e, in una logica di analisi preventiva, occorre pensare per essi a nuovi metodi di analisi in grado di:

- fornire, ove possibile, indicazione di maggiore o minore potenziale probabilità di accadimento; è questo il caso di incidenti rilevanti legati al trasporto di sostanze pericolose i quali potrebbero essere qualificati, in termini di probabilità di accadimento, in funzione dei livelli di incidentalità delle strade;
- produrre quadri informativi, in relazione ad un accadimento, in grado di delineare la più coerente risposta in termini di gestione dell'evento.

Su questa ultima tematica l'Università di Roma "Tor Vergata" è da tempo impegnata in una attività di ricerca applicata che ha portato al disegno ed alla sperimentazione di alcuni tools, basati su strumenti di analisi geografica, di supporto alla gestione di eventi non prevedibili.

Oggetto

La tematica affrontata in questo documento concerne le problematiche relative alla pianificazione dell'intervento in emergenza nel caso di incidenti legati al trasporto di sostanze pericolose.

Tale evento è tipicamente di tipo non prevedibile e l'intervento in emergenza presenta diversi elementi di criticità sia dal punto di vista dell'intervento in quanto tale, sia da quello della gestione del contesto all'interno del quale l'evento si verifica (ad esempio gestione dei flussi di mobilità).

Per quanto attiene la pianificazione dell'intervento, la maggiore criticità si manifesta in relazione alla non conoscenza, da parte dei Vigili del Fuoco (soggetti operativi), delle condizioni locali nelle quali si dovrà operare. In particolare sfugge alla conoscenza la presenza e la caratterizzazione degli elementi vulnerabili potenzialmente coinvolti (popolazione, strutture sensibili etc.), così come la presenza di fattori di potenziale amplificazione dell'evento (ad esempio, nel caso di incidenti che coinvolgano sostanze infiammabili, presenza corpi boscati o installazioni "pericolose" come distributori di carburante, industrie etc.).

In relazione alla gestione del contesto, invece, sembra essere particolarmente critica la possibilità di pervenire in tempi rapidi ad una riorganizzazione dei flussi di traffico coinvolti nell'area incidentata. Il corpo dei Vigili del Fuoco dispone, allo stato attuale, di uno strumento di supporto alla gestione dell'intervento, denominato SIGEM SIMMA. All'interno di tale strumento è contenuto un rilevante database contenente tutte le sostanze pericolose, annoverate dalla legge 334/99, con le relative caratteristiche fisico-chimiche, nonché gli algoritmi per la determinazione delle dimensioni degli areali di danno relativi a ciascuna sostanza in relazione a diverse classi di incidenti. Esso è pertanto in grado di produrre delle modellazioni di scenari derivanti da incidenti da trasporto di merci pericolose, con il limite però che tali scenari sono descritti solo in termini alfanumerici e quindi totalmente decontestualizzati rispetto all'ambito di accadimento dell'evento.

Allo scopo di risolvere i problemi precedenti è stato progettato ed implementato un Sistema che, utilizzando le risorse di calcolo messa a disposizione dal SIGEM:

- traspone in geografia i risultati delle modellazioni teoriche relative agli areali di danno;
- analizza le interazioni spaziali tra areali di danno e contesto geografico coinvolto fornendo una sintesi relativa sia agli elementi vulnerabili coinvolti nello scenario di intervento che alla presenza di eventuali fattori di amplificazione del rischio;
- produce in maniera automatica una pianificazione dell'uso della rete viabilistica identificando, in particolare, i punti di chiusura degli accessi alla rete stradale coinvolta nell'evento, gli archi di ridirezionamento dei flussi, la localizzazione di eventuali pannelli informativi.

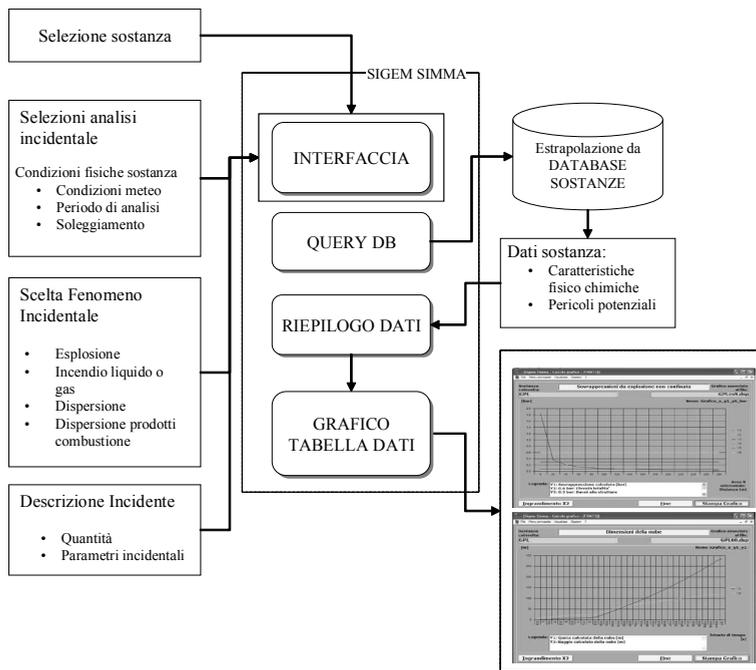


Figura 1 - Flusso operativo ed outputs del SIGEM SIMMA

Il Sistema

Il Sistema si basa sull'utilizzo degli algoritmi implementati dal SIGEM per l'elaborazione degli areali di danno relativi a ciascuna sostanza pericolosa. Essa nei fatti realizza una emulazione di questo strumento, all'interno di una architettura operativa più complessa rispetto a quella del SIGEM stesso.

L'intero Sistema si appoggia ad un Geodatabase, nel quale sono inserite:

- le tabelle descrittive di tutte le sostanze prese in considerazione, con le relative caratteristiche fisico-chimiche;
- le tabelle che descrivono le geometrie di tutti i possibili scenari sviluppabili per ciascuna sostanza;
- le tabelle in cui sono descritte le variabili utilizzabili per costruire lo scenario meteorologico relativo all'evento;
- i dati geografici relativi alla rete di trasporto;
- i dati geografici relativi agli elementi vulnerabili presenti sul territorio e agli elementi di potenziale amplificazione degli eventi.

Il Sistema è articolato in una serie di tools, il primo dei quali assicura la possibilità di georiferire la localizzazione dell'evento a seguito del ricevimento di una segnalazione. Con questo primo tool viene anche effettuato il collegamento, attraverso la scrittura di codice in linguaggio VB, con il Geodatabase da cui poi verranno acquisite tutte le informazioni necessarie per l'elaborazione degli areali di danno. Dopo aver confermato le coordinate ottenute, l'applicazione provvede a fornire una maschera per interrogare il Geodatabase, nella quale l'utente deve inserire: la data, la sostanza coinvolta, le quantità relative e i dati meteo conosciuti riguardo all'evento incidentale.

A chiusura di questa fase di *input*, il Sistema invoca automaticamente un secondo tool mediante il quale è pronta per costruire gli areali di danno attesi per l'evento in *input*.

Gli algoritmi presenti nel SIGEM sono stati riformulati in ambiente ARCGis (sviluppati in linguaggio Visual Basic) in modo da garantire una maggiore adattabilità alle esigenze del Sistema ed un maggior numero di alternative per lo sviluppo di areali; essi costituiscono quindi parte integrante del Sistema.

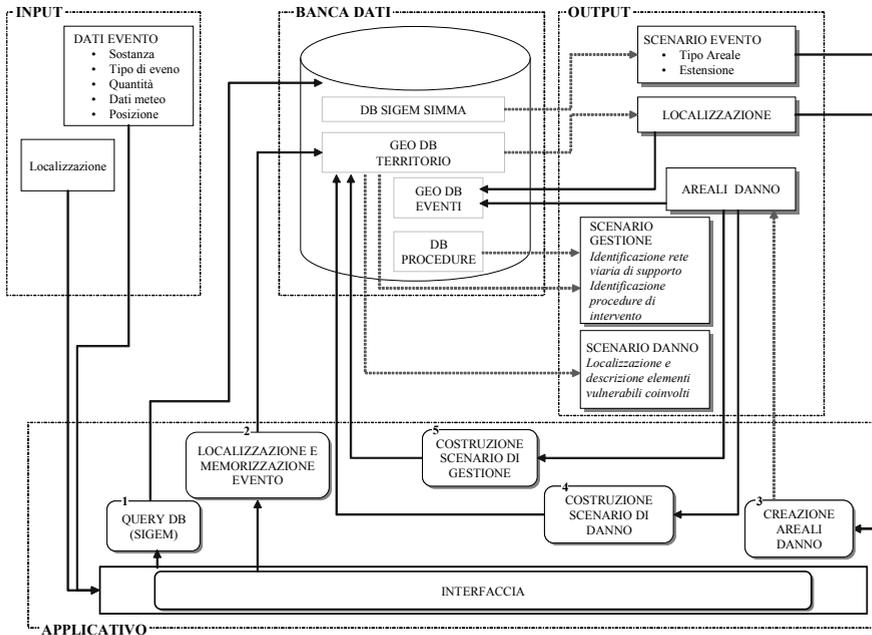


Figura 2 - Flusso operativo dell'Applicazione

Il numero e il tipo di areali che vengono creati dipende dal tipo di sostanza coinvolta e dal tipo di scenario sviluppato. A prescindere da questo, la zona interessata dall'emergenza viene comunque suddivisa in tre fasce :

- Zona 1, di sicuro impatto;
- Zona 2, di danno;
- Zona 3, di attenzione.

Per ciascun areale di danno viene quindi eseguita una analisi degli elementi vulnerabili contenuti all'interno dello stesso, secondo un criterio di pericolosità crescente. Viene quindi tracciato il primo areale corrispondente alla Zona 3, quella di attenzione, e vengono individuati tutti gli elementi vulnerabili presenti all'interno della zona, selezionati ed evidenziati nelle tabelle di appartenenza. Terminata questa operazione, il Sistema passa automaticamente alla creazione dell'areale successivo, concentrico rispetto al precedente, e all'analisi delle vulnerabilità che questo individua al suo interno. Gli elementi colpiti che ricadono in più di un areale verranno associati a quello col raggio inferiore, relativo quindi alla pericolosità maggiore.

Tutti gli elementi coinvolti vengono selezionati ed evidenziati all'interno delle rispettive tabelle di appartenenza, e vengono associati all'evento in analisi ed all'areale di appartenenza attraverso due codici specifici, che sono quindi trascritti automaticamente nella tabella di storicizzazione degli eventi ("Tabella Eventi Progressi") con funzione di archivio degli eventi incidentali e degli elementi vulnerabili coinvolti.

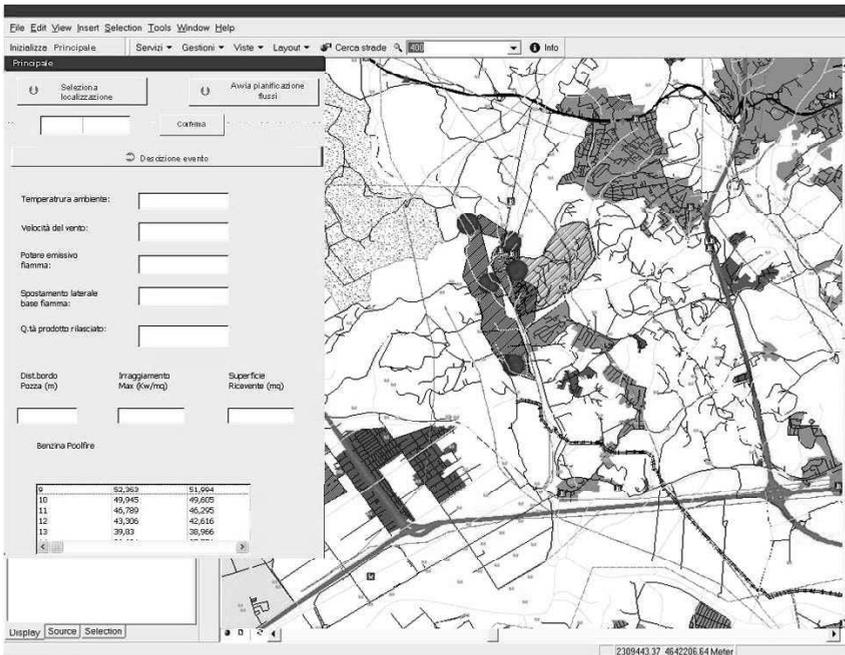
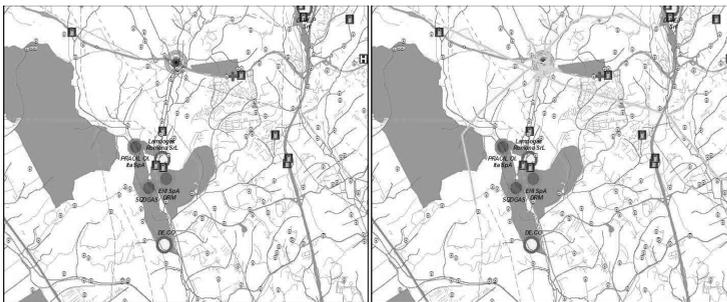


Figura 3 - Interfaccia grafica



ID_EVENTO	EFFETTO	SHAPEFILE	TPOLOGIA	NOME
1	Danni reversibili	Poligone	Elettrodotto	
1	Danni reversibili	Poligone	Elettrodotto	
1	Danni reversibili	Poligone	Elettrodotto	
1	Contatto diretto	Poligone	Idrografia	
1	Danni reversibili	Poligone	Idrografia	Fosso Galera
1	Danni reversibili	Poligone	Idrografia	
1	Danni reversibili	Poligone	Idrografia	
1	Incolto idratia	Poligone	Idrografia	Canalotto di Moscaporta
1	Contatto diretto	Poligone	Idrografia	
1	Danni irreversibili	Poligone	Idrografia	
1	Danni reversibili	Poligone	Rete Stradale	Via Aurilia
1	Danni reversibili	Poligone	Rete Stradale	Via Aurilia
1	Danni reversibili	Poligone	Rete Stradale	Via Aurilia
1	Danni reversibili	Poligone	Rete Stradale	Via Aurilia
1	Danni reversibili	Poligone	Rete Stradale	Via Aurilia
1	Incolto idratia	Poligone	Rete Stradale	Via Aurilia
1	Incolto idratia	Poligone	Rete Stradale	Via d Casal Selce
1	Danni irreversibili	Poligone	Rete Stradale	Via Aurilia
1	Incolto idratia	Poligone	Rete Stradale	Via d Moscaporta
1	Evacuata idratia	Poligone	Rete Stradale	Via Aurilia
1	Incolto idratia	Poligone	Rete Stradale	Via della Murratella Mazzara
1	Incolto idratia	Poligone	Rete Stradale	Via della Murratella Mazzara
1	Danni irreversibili	Poligone	Rete Stradale	
1	Incolto idratia	Puntuali	Beni Culturali	Complesso di Massarosa

Figura 4 - Output dell'applicazione

Una volta che si sia conclusa questa fase di analisi è possibile avviare il tool relativo alla gestione della viabilità; esso permette di simulare come il traffico debba essere redistribuito sulla rete stradale in seguito all'interruzione di uno o più archi della rete stessa conseguente ad un evento incidentale.

Il modello di pianificazione implementato effettua i calcoli tenendo conto unicamente delle classi funzionali degli archi della rete, ed a prescindere dai dati relativi ai reali flussi di traffico, nella ipotesi che un flusso che percorre un arco di data classe funzionale possa essere reindirizzato solo su archi stradali di classe pari o superiore.

Per l'implementazione del modello sono necessari, infatti, due soli input:

- La rete stradale, rappresentata nel Sistema dal grafo Multinet di Tele Atlas, in cui la classificazione delle otto categorie di classi stradali considerate si basa sull'importanza funzionale delle stesse: ad ogni arco è attribuito un valore numerico crescente (**FUNCRDCL**) che ne specifica le caratteristiche.

- L'area interessata dall'evento (identificata dalla massima estensione dell'areale di danno atteso). Interrompendo uno o più archi stradali, il flusso di autoveicoli che li percorreva si deve riversare sugli archi connessi di classe pari o superiore agli archi coinvolti; tali archi devono inoltre permettere il superamento dell'area coinvolta nell'evento senza permetterne l'attraversamento. Il modello, basandosi su questa considerazione, individua un network alternativo di classe pari o superiore agli archi stradali interessati dall'evento. In questo modo, informando adeguatamente gli automobilisti è possibile reindirizzare il traffico lungo percorsi alternativi in modo da evitare congestioni di traffico e limitare i disagi per gli utenti della rete stradale.

Il modello fornisce in output le seguenti informazioni:

- Archi Coinvolti: Si tratta di tutte le strade che secondo la configurazione dell'evento sono interessate dall'evento non prevedibile;
- Area di Allerta: Intesa come area che indirettamente è interessata dall'evento preso in considerazione (area interessata dalla modifica dei flussi di traffico);
- Interdizione al traffico totale: Archi stradali sui quali apporre il divieto di accesso per impedire a qualsiasi mezzo non autorizzato il transito;
- Interdizione al traffico parziale: Archi stradali sui quali apporre il divieto di accesso ai non residenti;
- Segnaletica informativa: Archi stradali sui quali posizionare la segnaletica informativa rivolta agli utenti per illustrare loro quali siano le deviazioni che l'evento ha reso necessarie.

Terminata la fase di analisi territoriale, è possibile per l'utente elaborare un report riassuntivo in formato word in cui vengono elencati in maniera sintetica :

- La natura e l'entità dell'emergenza specificando sostanza coinvolta e tipologia dell'areale sviluppato;
- Pericoli derivati da eventuali effetti domino e interazioni con vulnerabili;
- Elementi vulnerabili colpiti;
- Archi stradali non praticabili e quelli da interrompere.

Considerazioni conclusive

Il Sistema è stato progettato per essere inserito all'interno della sala operativa dei Vigili del Fuoco, dando la possibilità:

- all'operatore, una volta individuata l'emergenza, di valutarne l'entità, di individuarne il contesto, i possibili sviluppi e organizzare un intervento adeguato;
- al decisore, di valutare eventuali effetti domino, interazioni con elementi vulnerabili, interruzione di archi stradali, interessamento di corsi fluviali o falde acquifere in modo da fornire una visione del contesto più approfondita e ampia e poter valutare eventuali sviluppi dell'emergenza.

La disponibilità di tale Sistema anche a bordo dei vettori utilizzati per l'intervento, darebbe inoltre la possibilità alla squadra operativa di valutare immediatamente l'entità dell'emergenza ed eventuali sviluppi, individuare preventivamente la zona interessata dall'evento per organizzare un evento adeguato.

La modalità di archiviazione dei dati, infine, costituisce la base per la creazione di uno storico (anche territoriale) degli eventi fino ad oggi non disponibile.

Si stanno infine progettando, per il Sistema, i seguenti sviluppi:

- Interazione degli areali di danno con l'orografia del territorio;
- Integrazione del sistema di ricerca della unità di intervento più vicina con il sistema di gestione dinamica dei mezzi di soccorso;

Il core del Sistema è ovviamente utilizzabile, opportunamente integrato dal punto di vista di eventuali esigenze informative specifiche, anche nel caso di incidenti non prevedibili in area urbana (crolli, incendi etc.).

IL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE DELLA PIANIFICAZIONE LOCALE IN REGIONE LOMBARDIA

Roberto LAFFI (*), Stefano BAROSI (*), Dario SCIUNNACH (*), Stefano GELMI (**)

(* Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio e Urbanistica – Via Sassetti 32/2, 20124 Milano
e-mail: sitpianificazione@regione.lombardia.it

(**) Lombardia Informatica S.p.a. – Via Don Minzoni 24, 20158 Milano

Riassunto

Il SIT per la Pianificazione Locale della Lombardia risponde alle esigenze indicate dalla normativa regionale per quanto riguarda la trasparenza e la pubblicità delle azioni di trasformazione del territorio. I comuni lombardi, durante la redazione dei propri atti di pianificazione (PGT), si avvalgono di tre strumenti informativi accessibili via web, con funzioni di repertorio dei livelli informativi di conoscenza condivisa del territorio, di archivio documentale degli atti amministrativi di Piano e di visualizzatore di cartografie di sintesi della pianificazione comunale.

Abstract

The Urban Planning SDI of Lombardy fulfils the needs highlighted by regional land and urban planning acts, as far as transparency and publicity of land use changes are concerned. Local administrations, while making urban plans (PGT), are supported by three SDI instruments that can be accessed through the web. Such instruments function as geographic information archives (allowing users to share reference information layers), as digital repositories of the documents related to each plan, and as cartographic visualizers of synthetic urban planning maps.

Introduzione e quadro normativo

Le importanti innovazioni introdotte dalla Legge di Governo del Territorio della Regione Lombardia (Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12 e successive modificazioni e integrazioni) prevedono un ruolo attivo del Sistema Informativo Territoriale Integrato (SIT) nella pianificazione territoriale di livello regionale, provinciale e locale.

Tale ruolo si inquadra nel processo di innovazione perseguito da riferimenti normativi ormai ben noti (art. 3 l.r. 12/2005; Codice dell'Amministrazione Digitale; Direttiva INSPIRE etc.), che hanno impresso una forte accelerazione al processo di informatizzazione dei dati territoriali presso la Pubblica Amministrazione. Si è resa così necessaria la formulazione di specifiche e la messa a punto di applicativi a supporto di una prassi amministrativa che tende ad avvalersi sempre più spesso di banche dati geografiche.

Le disposizioni attuative dell'art. 3 della l.r. 12/2005 (d.g.r. VIII/1562 del 22 dicembre 2005) prevedono la costruzione di nuovo Sistema Informativo per la Pianificazione Locale, alimentato direttamente dai comuni, che classifica le destinazioni funzionali secondo una legenda ulteriormente semplificata, calibrata sui contenuti obbligatori dei Piani di Governo del Territorio comunali (PGT; d.g.r. VIII/1681 del 29 dicembre 2005).

Strumenti del SIT per la Pianificazione Locale

A prescindere dal livello della pianificazione territoriale a cui si opera, l'architettura generale di sistema prevede la realizzazione di tre strumenti informativi:

- un **repertorio dell'informazione territoriale** mirata alla pianificazione ("Repertorio"): consiste in una libreria di livelli informativi precostituiti, relativi a basi territoriali condivise, scaricabili e periodicamente aggiornati;
- un **sistema informativo della pianificazione territoriale** condiviso, che offre una sintesi informativa dei contenuti tematici e previsionali del piano e ne consente la mosaicatura ad una scala nominale di riferimento 1:10.000; consiste in una banca dati geografica, articolata in livelli informativi distinti, che consente la pubblicazione di cartografia di sintesi, su visualizzatore webGIS, relativa ai contenuti previsionali del PGT ("banca dati geografica PGT");
- un **archivio documentale** in formato digitale degli elaborati costituenti il piano approvato e le sue varianti; consiste in una banca dati alfanumerica, comprensiva di funzionalità di *upload* per allegati testuali e cartografici, che consente la raccolta e pubblicazione delle informazioni sul PGT e della documentazione, in formato digitale, costitutiva del PGT.

I livelli informativi che afferiscono ai primi due strumenti sono stati classificati in due tipologie principali, a seconda del livello territoriale al quale sono prodotti e gestiti. In particolare, sono stati definiti "livelli informativi di tipo A" quelli prodotti e gestiti a livello sovracomunale, "livelli informativi di tipo B" quelli prodotti e aggiornati a livello comunale secondo specifiche condivise.

Il **Repertorio** rappresenta un servizio disponibile gratuitamente, del quale comuni e province si avvalgono in sede di predisposizione degli studi sul territorio che precedono la redazione dello strumento di pianificazione. Il repertorio comprende in primo luogo livelli informativi tematici, gestiti a livello regionale e individuati come basi di riferimento per la pianificazione territoriale degli enti di livello subordinato; in secondo luogo, livelli informativi tematici disponibili a livello provinciale, comunale o presso altro ente, se realizzati a scala di maggior dettaglio o non disponibili a livello regionale. In entrambi i casi, gli enti che assumono il ruolo di utente (province, comuni) devono segnalare eventuali rettifiche e aggiornamenti delle basi informative, che l'ente sovraordinato (regione, provincia) provvede a recepire ed elaborare. Gli enti che dispongono di basi informative tematiche ad una scala di maggior dettaglio, o non comprese nel repertorio, dovranno contribuire con esse al popolamento del repertorio dell'informazione territoriale.

La **banca dati geografica PGT** è alimentata dai contenuti informativi propri di ciascun piano, sintetizzati in appositi elaborati. A livello comunale, tali contenuti sono oggetto specifico della Tavola delle Previsioni di Piano (TdP; d.g.r. VIII/1681 del 29 dicembre 2005) che rappresenta, al momento, lo strumento che più direttamente lega la pianificazione locale alla costruzione del SIT integrato. Si tratta di un elaborato non conformativo, realizzato alla scala nominale di riferimento 1:10 000, attraverso il quale il comune implementa nel SIT integrato la componente territoriale delle proprie previsioni edificatorie e, al contempo, aggiorna i livelli informativi di repertorio forniti dagli enti sovraordinati. La base cartografia di riferimento è la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10 000, in formato raster: a integrazione di questa base è possibile avvalersi della base topografica vettoriale CT10 e delle ortofoto 1998 e 2003. D'altra parte, i comuni che si sono dotati, o stanno per dotarsi, di un moderno data base topografico realizzato secondo le specifiche dell'Intesa Stato-Regioni, potranno utilizzarlo come base cartografica di riferimento. I temi vettoriali della tavola delle previsioni, siano essi di tipo poligonale, lineare o puntuale, dovranno essere forniti al SIT regionale in formato *shapefile* o compatibile, naturalmente georeferenziato. I temi vettoriali andranno così a popolare la banca dati geografica e consentiranno la mosaicatura della pianificazione territoriale a scala regionale.

L'**archivio documentale** raccoglie, mediante la maschera di acquisizione tipica di un database alfanumerico, i dati amministrativi e procedurali relativi all'*iter* di Piano e al collegato percorso di VAS (compresi i dati sulle pubblicazioni a mezzo stampa), le schede di metadati relative agli elaborati di piano e gli elaborati testuali e cartografici del PGT in formato digitale. Ad una prima fase sperimentale di trasmissione dati in modalità *off-line* (su supporto CD-Rom, DVD etc.) si è ormai sostituita l'attivazione di un'interfaccia *web-based*.

Modello organizzativo

I comuni acquisiscono i livelli informativi del Repertorio, se necessario aggiornandoli e modificandoli nei casi consentiti; elaborano i livelli informativi di propria esclusiva competenza (es. ambiti di trasformazione urbanistica) e sintetizzano i livelli informativi richiesti nella TdP, che alimenta la banca dati geografica PGT; popolano l'archivio documentale con i dati amministrativi relativi all'iter procedurale, con dati di sintesi sul PGT e sulla VAS, e allegano al medesimo Archivio l'intera documentazione del PGT (relazioni testuali, cartografia di piano etc.) in formato digitale. La pubblicazione dell'avviso di approvazione del PGT, senza la quale il PGT è inefficace, è subordinata al corretto adempimento degli obblighi di legge verso il SIT (l.r. 4/2008).

La TdP è sintesi informativa del Documento di Piano (DdP), uno degli atti costitutivi del PGT. Poiché la scadenza del DdP è fissata al quinto anno dall'approvazione, il sistema garantisce un aggiornamento periodico dei dati della pianificazione comunale da parte dei comuni stessi.

Il sito www.pgt.regione.lombardia.it

Il SIT interviene a supporto della realizzazione dei Piani di Governo del Territorio comunali (PGT) attraverso il sito web www.pgt.regione.lombardia.it (Fig. 1).



Figura 1 – Banner del sito www.pgt.regione.lombardia.it

La *home page* del sito per la pianificazione comunale, caratterizzato da una struttura semplice e da modalità di navigazione quanto più possibile *user-friendly*, consente di accedere immediatamente ai tre “Strumenti del SIT integrato” sin qui descritti. Attivando il comando “Repertorio delle informazioni territoriali per la pianificazione locale” è possibile consultare il repertorio sia in modalità di navigazione, sia di ricerca. La navigazione avviene all'interno di un esplosione dei tematismi che afferiscono alla TdP, mentre la ricerca può procedere per toponimi o aree geografiche tracciate direttamente su una mappa della Lombardia. In entrambi i casi è possibile visualizzare la scheda descrittiva dei prodotti SIT relativa al livello informativo di interesse ed effettuare il *download*.

Attivando il comando “L'Archivio documentale degli elaborati in formato digitale dei PGT” è possibile accedere all'archivio con un profilo utente limitato alla consultazione o, viceversa, abilitato all'*editing* dei dati. Dalla maschera di inserimento dati si possono consultare le informazioni relative a comuni già registrati, avviando ricerche basate sulla localizzazione o sulla tipologia di atto. I dati contenuti per ciascun comune riguardano gli estremi degli atti amministrativi che segnano le diverse tappe nell'*iter* del Piano (avvio PGT, avvio VAS, adozione PGT, approvazione PGT) e, nell'area di *upload*, gli allegati testuali e cartografici che compongono il Piano stesso.

Attivando, infine, il comando “Sistema Informativo Territoriale della Pianificazione Locale” è possibile accedere alla mosaicatura vettoriale della TdP relativa a ciascun comune (Fig. 2), che può essere localizzato tramite una ricerca testuale per toponimi o tramite tracciamento di un'area sulla mappa della Lombardia. Per tutti i comuni che non hanno ancora provveduto a popolare la banca

dati geografica con i contenuti informativi relativi ai livelli B, sarà possibile visualizzare soltanto i livelli di tipo A (es. vincolistica, classi di fattibilità geologica, infrastrutture sovracomunali di progetto...).

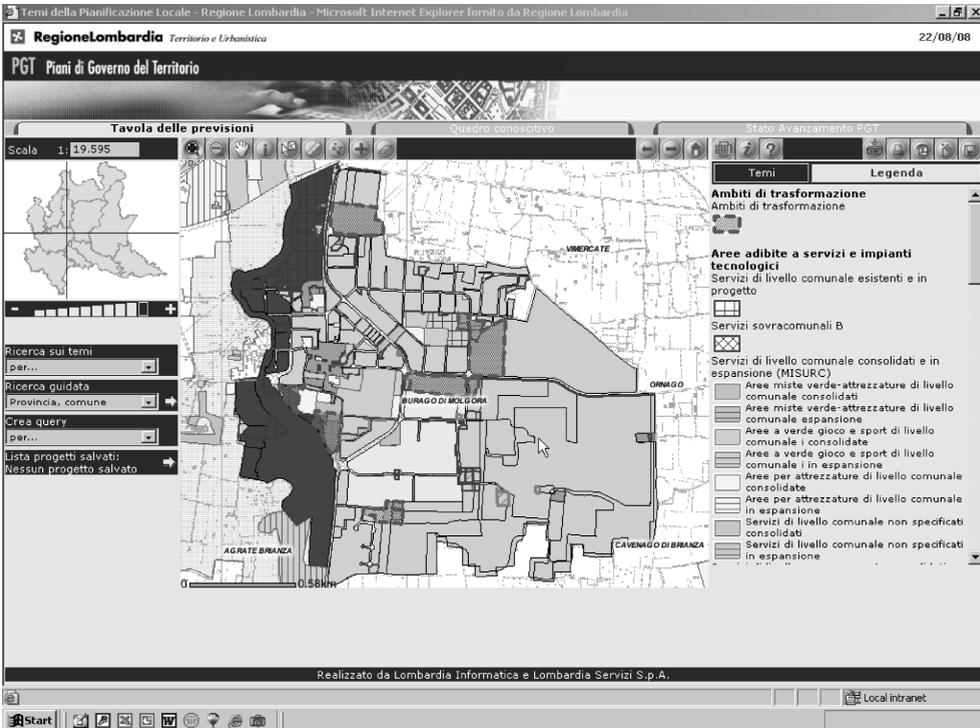


Fig. 2 – Schermata esemplificativa della Tavola delle Previsioni vettoriale (Comune di Burago di Molgora, MB). Sul territorio dei comuni limitrofi, al momento privi di temi di tipo B, è visibile solo una selezione (preimpostata di default, ma personalizzabile) di livelli informativi di tipo A.

Considerazioni conclusive

Sono evidenti gli effetti positivi del sistema descritto, sia ai fini della standardizzazione delle informazioni territoriali a scala regionale, sia in termini di aggiornamento continuo delle basi territoriali condivise; al contempo, le funzionalità dell'Archivio Documentale consentono di operare con efficacia nel senso della dematerializzazione degli atti amministrativi, come previsto dal Codice dell'Amministrazione Digitale.

Alla data di redazione del presente articolo (settembre 2008), oltre il 50% dei 1546 comuni lombardi hanno avviato il percorso che li porterà ad approvare il PGT; 60 comuni hanno già completato l'iter. L'esperienza condotta dalla IIT regionale a supporto di queste amministrazioni "pioniere" ha consentito di calibrare le funzionalità del SIT per la Pianificazione Locale in base alle esigenze degli utenti finali, e di risolvere in corso d'opera le criticità presentatesi man mano.

L'iniziativa nel suo complesso si configura come una delle più importanti realizzazioni nel campo dell'e-government sinora messe in campo da Regione Lombardia.

STANDARD E INTEROPERABILITÀ NEI SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI: UN IMPERATIVO PER LA COMUNICAZIONE INTERMODALE IN LOMBARDIA

Mauro LANGFELDER (*), Ezio Arlati (**), Michele SARTORIS (***)

(*) IAI Italia, editore – via Piatti 11 – Milano, 335 6278046, langfelder@tiscalinet.it

(**) Dipartimento B.E.S.T. Politecnico di Milano - 338 5330331

(***) infor office, business consultant - Marzio (Varese) - 348 7820329

Riassunto. Le reti di trasporto intermodale su gomma e rotaia di linee diverse (strade e autostrade, ferrovie private e pubbliche) soprattutto per collegamenti fra aeroporti che servono lo stesso bacino di traffico suggeriscono una disciplina uniforme per tutte le opere infrastrutturali in fase di progetto o di esecuzione per la loro intrinseca complessità, criticità, fragilità. Ciò è particolarmente evidente nell'area della Lombardia centro-settentrionale per la sovrapposizione di Ferro Brianza o Brianza Express con l'autostrada Pedemontana per connettere Malpensa ed Orio al Serio, ma diviene problematico per la concomitanza con gli eventi di EXPO 2015. L'intero sistema si avvantaggerebbe della definizione di uno schema di riferimento standard, cioè di un modello collaudato, esportabile in molte aree del Paese (le metropolitane nuove di Napoli, Roma, Firenze e della stessa Milano). Pedemontana e raccordi ferroviari interaeroportuali potrebbero essere i pilastri del nuovo riferimento compatibile intorno alla struttura esistente e conforme alle presenti proposte. La metodologia suggerita è quella dell'interoperabilità dei modelli di software, cioè dei progetti delle opere infrastrutturali, dei fabbricati e del territorio, quale risulta dagli standard globali generati dalla collaborazione internazionale di Open Geospatial Consortium (ed OGCE per l'area europea) e IAI Internazionale attraverso il Capitolo italiano. La compatibilità del SIT esistente in Lombardia (fondato su ArcGIS di ESRI membro fondante di OGC) ed i risultati dei *testbed* ottenuti a livello internazionale nell'ultimo triennio, anche a ridosso delle Alpi, rendono la soluzione promettente. Soprattutto se si interviene tempestivamente anche con la formazione a distanza per affrontare, in parallelo all'evoluzione di studi e opere avviate, la preparazione delle risorse umane di tutti gli *stakeholder* coinvolti in progetti, processi e nel controllo del territorio. Si suggerisce anche che il processo parta con un intervento di formazione dei formatori sulle metodologie, sui più diffusi prodotti di software edilizio o territoriale, già certificati per l'interoperabilità, ed arricchiti dai risultati conseguiti. Parte di quanto presentato è già stato anche oggetto di docenza durante un corso presso il Dip. BEST del Politecnico di Milano in aula computerizzata.

Interoperability in territorial information systems: multimodal communication in Lombardy

Abstract. *The multi-modal tyre and rail transportation networks on the same pathway (ways and highways, private and public rails) mainly for connections between airports serving the same territory suggest a uniform discipline and a methodology for all (likely and not forecasted) infrastructures both under project or approved for execution due to their complexity in an unpredictable context. This seems to be evident in central Northern Lombardy area as to Iron and Brianza Express plus Pedemontana highway to connect Malpensa and Orio by Serio, but becomes problematic for Milan EXPO 2015 events. The entire system would then benefits by the definition of a standard reference scheme, that is a tested model, exportable to other relevant underground rail*

city problems (Naples, Rome, Florence if adopted, ... Milan itself for lines 4 and 5). So the Pedemontana and rail connections might be the pillars of a conformant design.

The suggested design is based on software model interoperability for infrastructures in construction works as it derives from standards in building and territorial designs, generated by international cooperation of Open Geospatial Consortium (plus OGCE for European area) and IAI International by means of its Italian Chapter. Lombard existing GIS (based on ArcGIS by ESRI, a founding OGC member) and the results reached through the international testbeds in last years, makes our proposal promising. Particularly if it is accompanied by a distant learning teaching approach to prepare all human resources, in parallel to the execution and progress of the planned works, for all stakeholders involved in design, execution, territory planning and control. We do suggest that the teaching approach would start from educating educators on methodologies and on the most diffused building and GIS software products, certified for interoperability and enriched by the results got. Part of what we have shortly described has been the object of a recent course held by BEST Dept. for graduates at Milan Polytechnic University in a computerized classroom.

1. Interoperabilità: il ruolo del software standard certificato e la formazione remota

Dell'interoperabilità i più svariati enti e consorzi tendono a dare definizioni sempre più ricche, diversificate, specifiche. Rimandiamo al libro pubblicato nelle settimane scorse dall'AICA-ifip in occasione del 20° World Computer Congress biennale svoltosi a Milano per una panoramica più compiuta. Ma non possiamo non evidenziare subito due enti: l'Alleanza Internazionale per l'Interoperabilità (e IAI Italia) ed il consorzio OGC (Open Geospatial Consortium) che ha un preciso programma per l'interoperabilità, gestito da comitato ad hoc, ed opera in stretta ed attenta concertazione con IAI. Richiamiamo tuttavia la definizione che ritroviamo nel glossario che accompagna la Direttiva Inspire della Comunità europea ben conosciuta nel contesto di AM[^]FM e ricordare l'affermazione di un autorevole consorzio, che avvicina i produttori di sensori per l'osservazione satellitare onde monitorare i rischi ambientali, secondo cui gli standard hanno senso e valenza in quanto garantiscono l'interoperabilità.

Non ci risulta che nel riferimento agli standard per i sistemi informativi territoriali nei ricorrenti recenti appuntamenti di ASITA si sia fatto in precedenza un riferimento alle norme OpenGIS ISO 191**, che sono un centinaio, quasi parallele alle ISO 10303 di ProSTEP, cui si richiama IAI stessa attraverso l'artificio di dividerle come ISO/PAS cioè come *Public Available Specification*. Per quanto ci concerne le ISO STEP per gli impianti di riscaldamento (che ci hanno coinvolto direttamente nella fase della loro strutturazione) o per i fabbricati metallici, sempre più ricorrenti, attestiamo che hanno grande rilievo sul piano internazionale, non soltanto per appalti a Singapore.

Nei limiti di questo spazio ricordiamo dunque che per sistemi territoriali, costruzioni edilizie, prodotti industriali (quindi anche componenti dei fabbricati e dei prefabbricati) ci sono questi tre raggruppamenti normativi, e che l'OGC, cioè l'Open Geospatial Consortium governa di fatto quelli territoriali con la propria autorevolezza, ed ha anche un'efficiente organizzazione europea: OGCE.

Limitiamoci a ricordare qui che nell'ambito dei 350 soci mondiali, e fra quelli principali, consiste ESRI che in Italia fornisce con ArcGIS il modello territoriale che la Regione Lombardia ha adottato. Questa notazione intende ricordare che in Lombardia (ma non solo lì) c'è la base per rendere le costruzioni, progettate e gestite con software certificato, collocabili in altre zone del Paese. Ci sia soltanto consentito di dire che un po' tutte le città italiane coinvolte da lavori per linee metropolitane potrebbero beneficiarne: dalla Milano sconvolta nell'archeologia umiliata della sua centralissima piazza Meda, a Napoli e Roma, e Firenze (se si confermerà il progetto di affiancamento del Battistero), forse la stessa Torino, pur molto attenta non solo alla progettazione delle stazioni e delle carrozze, ma anche per il cantiere aperto fra il Lingotto e Porta Principe, che forse i frequentatori di ASITA 2007 ricordano di avere visto o visitato.

Questa comunicazione intende testimoniare lo sviluppo prorompente delle applicazioni dell'interoperabilità come metodologia e buona prassi e, come descriveremo nella parte 3, portare la

testimonianza di quanto è stato insegnato in un corso post-universitario al Politecnico di Milano, nell'ambito delle attività innovative del suo dipartimento BEST, strutturato da architetti e ingegneri in cattedra. Ma la complessità delle strutture coinvolte ci conduce a considerare la grande varietà degli interventi formativi da svolgere, pur tentando di permanere nell'ambito dei tecnici di progettazione ed esecuzione, degli specialisti di pianificazione, degli uomini dell'organizzazione e dei sistemi informativi dove consistono in attività che non siano di mera gestione, ma guardando con attenzione particolare ad enti locali ed a funzioni ministeriali o di aziende di Stato, gravate da un ruolo strategico ad hoc di imprese-obiettivo: Autostrada Pedemontana Lombarda, BREBEMI come S.p.A. di progetto, Concessioni Autostradali Lombarde, ...

2. Infrastrutture viarie in Lombardia: progetti e cantieri

Il problema che poniamo si posiziona in questi anni critici che preparano l'evento fondante dell'EXPO 2015 a Milano, un'occasione storica per il rilancio e lo sviluppo della città e del territorio in una prospettiva di lungo periodo e di interesse generale: e riguarda le reti di comunicazione a nord di Milano, interessanti la fascia centrale della Lombardia settentrionale e prioritariamente le Province di Como Lecco Varese e Bergamo, insieme a quella di Milano (che peraltro nel frattempo avrà generato quella di Monza). Qui le opere che considereremo toccano la piena intermodalità del sistema di trasporto. E potremmo circoscrivere la zona come quella del collegamento interaerportuale fra gli scali di Malpensa ed Orio al Serio caratterizzato da linee viarie su gomma e su ferro. Quest'ultime vedono sovrapporsi percorsi gestiti da enti statali e privati, a lunga percorrenza e locali, consolidati ed in fase di ristrutturazione, a ri-tracciare un cammino peraltro già esistente e compiuto. Intendiamo soltanto ricordare il dedalo che intreccia le Ferrovie Nord Milano (che già hanno realizzato la navetta fra la città e Malpensa) con le radiali, prevalentemente statali, che muovono dal capoluogo verso tutte le altre quattro province con trasporti locali, ma anche per alcune con collegamenti internazionali strategici diretti; arricchiti dalla trasversale Como-Bergamo che interseca la Milano-Lecco al nodo di Carnate.

Ed i percorsi su rotaia intrecciano la ormai storica Pedemontana con strade ed autostrade, locali e statali, in parziale affiancamento con i percorsi rotabili, e pretendono una serie impressionante di raccordi stradali, che inducono tangenziali e circonvallazioni di città che sono cresciute nello spazio costretto da troppi vicini a nord di una metropoli prorompente. La connessione fra i due aeroporti internazionali rende ipercritico il progetto globale, al quale manca soltanto la componente lacustre o fluviale per essere totalmente generale. Gli aspetti inerenti l'interoperabilità, evidenti per i progetti in sviluppo, possono essere e sono in tanti settori operativi, adottati per progetti già realizzati o per opere in manutenzione. Su questo tema rimandiamo al *paper* numero 196 sulla validazione digitale di prodotto, ed al tema del project management dei progetti, che già ne tratta diffusamente.

A complicare le cose, cioè la sovrapposizione delle competenze, come anticipavamo, potrebbe inserirsi la istituenda Provincia di Monza e della Brianza, già territorialmente definita e collocata geograficamente al centro del sistema interessato (il suo celebrato Parco è lambito a settentrione dalle infrastrutture, Pedemontana e ferrovia, in questione), quasi da far pensare che potrebbe essere, non ancora gravata da routine operativa, l'ente proponente del progetto formativo che andiamo a presentare. Ma desideriamo ribadire che quanto qui si separa (Milano città, Como, Varese ...) per motivi di competenza, potrebbe riunirsi nell'ambito metodologico generale, come ribadiremo nel svolgersi della presentazione, per alcune delle maggiori città italiane.

In coerenza con sperimentazioni positive correnti (seppure non si tratta del corso già accennato del B.E.S.T.) proponiamo di fare riferimento alla formazione remota, sia per la flessibilità che consente nel modo di essere impartita (uno a molti, interattiva, molti a molti, ...) sia per la libertà di movimento per l'ascolto, che per i tempi di insegnamento o di riascolto. Ben sapendo che l'assenza fisica del docente spesso pone problemi di apprendimento, di dibattito, di interazione.

3. Modelli di software interoperabile certificato: proposta di sessioni formative

Allora, intendendo affrontare in modo efficiente ed efficace un caso eccezionalmente complesso, come hanno comprovato gli accadimenti dei molti anni occorsi, le possibilità di miglioramento che si offrono nei tempi ristretti, che pur rimangono e per come le abbiamo viste, sono forse tre.

Prima. Il ricorso a metodologie praticabili in quanto poggianti su software molto diffusi, come i quattro più affermati prodotti di progettazione architettonica ed edilizia, od il sistema informativo territoriale della Regione Lombardia interessata, quindi l'interoperabilità fra prodotti certificati.

Seconda. L'utilizzo condiviso di risorse, magari in una logica di orari di lavori estesi, cioè turni senza rotazione del personale, ma con squadre notturne ad integrazione del lavoro diurno. Ciò ben ricorda chi aveva osservato (già tre decenni or sono) i cantieri della metropolitana di Tokyo che aprivano alle 10 di sera anche in zone centrali, e che analizzeremo in una comunicazione parallela.

Ma soprattutto (terza metodologia praticabile) un'attività formativa che raggiunga la pluralità dispersa degli interessati in luoghi agevoli, come la propria scrivania o salette viciniori, in orari compatibili e modulari, con la possibilità di reiterazioni e l'assistenza specialistica; cioè secondo i canoni meglio serviti della formazione remota. La base potrebbe essere il modello già collaudato dal contesto internazionale più maturo ed evoluto, replicato in un'aula attrezzata del Politecnico di Milano, dove i docenti invitarono a partecipare anche tecnici occasionali del settore, e che potrebbe essere centro di irradiazione e cabina di regia della proposta, essendo fungibile tramite IAI Italia.

Oltre a tutto il resto, questa proposta pare riprendere bene la comunicazione condotta in area poster ad ASITA 2007 a Torino in novembre, quando si illustrarono i criteri di accreditamento e di certificazione degli stessi prodotti software oggi riproposti. Se la Regione Lombardia (e le società che si sono costituite per agevolare la gestione complessiva dei progetti infrastrutturali in esame) ne convenissero, non sarebbe impensabile anche il trasformare l'impostazione e le soluzioni proposte in imperativo cogente per gli esecutori; o se i vincitori della gare già appaltate convenissero sui principi che ispirano la proposta, adottandole de facto. Il dar luogo alle attività didattiche di qui a pochi mesi, già in fase operativa dopo l'assestamento e la definizione delle risorse da coinvolgere dai due lati della cattedra, sarebbe praticabile, anche se idubbiamente disturbante.

Il modello di riferimento, citato per concretezza, ha *aecm1* come identificazione e si è svolto al BEST nell'inverno scorso. Si avvaleva di tre parti: il prodotto industriale ed i componenti per l'edilizia; i fabbricati costruiti, cioè strade e raccordi nella fattispecie; ed il sistema territoriale di riferimento, allora considerato quasi come un'appendice, nobilitata da una ricca documentazione a supporto. Nel caso specifico delle tre componenti e dalla evidente prevalenza della seconda, dovrebbe essere (come qui facciamo) estratto un equilibrio diverso che ben pesi il GIS/SIT.

Per fare un riferimento, già strutturato, si richiama lo schema di Interoperabilità dei modelli di software come base da personalizzare alle richieste dei partecipanti, partendo dalle sue sessioni.

La sessione introduttiva si riferisce all'interoperabilità dei tre modelli industriale, edilizio, territoriale integrati nella scala del valore e delle forniture per ben riconoscere i ruoli.

La seconda interessa tutte le definizioni accreditate di interoperabilità degli enti che hanno fatto gli standard nello scorso decennio: ProSTEP, IAI, OGC, Sany, oltre alla stessa Comunità Europea; e si completa con la loro classificazione degli stakeholder, per favorire il posizionamento dei partecipanti. La terza ricostruisce sinteticamente la storia dell'interoperabilità ed apre alle prospettive di sviluppo necessarie per seguire e determinare l'evoluzione. Si completa con l'indicazione testimoniale delle voci di costo e beneficio. Le due sessioni seguenti, in coerenza con le organizzazioni proponenti, presentano gli standard come presupposto per l'interoperabilità: la base fondante delle ISO 10303 (la prefabbricazione dei componenti e le parti metalliche sono rilevanti), poi IAI International e IAI Italia; quindi OpenGIS di OGC, con un accenno alle 191** ed un'analisi comparativa fra 10303 e 191xx ed ogni pertinente valutazione di approfondimento. La sessione finale (sesta) è sull'Interoperabilità oggi nel mondo: protagonisti e osservatori. Possibili azioni degli stakeholder italiani e regia. Si presenta certamente anche come un'occasione per un pieno recupero delle nostre capacità imprenditoriali in un settore importante dell'economia globale.

4. Organizzazione della docenza con tutori e mentori e dei partecipanti

Per la conformazione della tipologia degli interessati ai corsi e la configurazione stessa del piano formativo, anche per quanto non esposto nel presente documento, abbiamo fatto riferimento ai firmatari del protocollo, datato 5 novembre 2007, per la parte afferente la tratta Seregno-Bergamo della gronda ferroviaria nord est di Milano e per l'Autostrada pedemontana lombarda. Il referente tecnico (o suo delegato) di ogni firmatario insieme alle imprese concorrenti o aggiudicatrici, ai loro fornitori (dal macchinario al software ed ai servizi) e consulenti insieme a rappresentanti (come auditori) delle categorie professionali regionali e dei cittadini e movimenti di opinione, potrebbero costituirla. La formazione potrebbe essere segmentata in varie forme ottimali nella logica dell'uno a molti, cioè dell'ente docente verso più aule diversamente gestite (interattive o di solo ascolto).

In un progetto complesso come quello proposto, assumono particolare rilievo i formatori dei formatori, cioè i docenti che dovranno impostare il definitivo piano e gestirlo per tutto il suo ciclo di vita, garantendo la fruibilità degli spazi didattici utilizzati, il materiale educativo, le ripetizioni e le emergenze eventuali, cioè soluzioni di back-up. Così per i formatori indotti in funzione del piano educativo prescelto, e strettamente legato al numero dei partecipanti ed all'articolazione delle aule contemporaneamente servite. A parte queste ovvie considerazioni, hanno rilievo le figure usuali dei tutori e quelle più originali e qualificanti dei mentori, più responsabili della crescita personale del singolo (come per il precettore di Telemaco, figlio dell'assente Ulisse).

Nella fattispecie l'operazione, per essere fruttifera, non può non fare riferimento a molte decine o qualche centinaio di discenti. Per organizzarli intorno alle figure professionali, qualificando i formatori (e i loro vicari o sostituti), differenziando i tutori per tipologia (rispetto del tema, dell'orario, del programma, delle verifiche, ...) e selezionando i mentori. E non sarà banale la struttura direzionale, cioè decisionale, del corso.

Proposte alternative di schemi funzionali in forma di organigrammi sono state predisposte e verranno illustrate durante la Conferenza. Qui ci limitiamo ad alcune specificazioni, che fanno comunque cogliere l'impegno della formazione del corpo di docenza ed assistenza, pur poggiante su modelli affinati. Distinguiamo fra discenti attivi, che hanno cioè la possibilità di interagire in modo regolato con il docente anche se remoto, e discenti passivi che ricevono l'istruzione in diretta non potendo interagire in tempo reale, ma solo predisporre quesiti tramite il loro tutore locale, che si configura come tutore di coordinamento tematico o tutore logico, che potrà porre il quesito in differita se non riuscirà ad evaderlo personalmente. Il tutore tematico o logico è una figura consueta che accompagna, pur saltuariamente, il processo formativo del singolo discente. Alcuni tutori siedono con i docenti, come il tutore di programma, che ne controlla l'operato e contribuisce al coordinamento dei docenti, soprattutto di quelli vicari o principianti. In ciò, soprattutto nel caso di strutture complesse a più livelli, possono avvalersi della prestazione di un tutore tecnologico; possono anche svolgere un ruolo di supplenza o quello di esercitatori attraverso attività coerenti.

Riepilogando ulteriormente: assistente e vicario del docente, esercitatore, garante di orari e piani, responsabile delle connessioni, programmatore, ... accanto al docente; aiuto proattivo per i discenti remoti, per il loro sviluppo personale e la loro capacità di interazione, ...

Il mentore nella nostra impostazione dovrebbe essere una figura di personalizzazione dei tutori, pur nella loro già complessa e bivalente struttura, simmetrica per docenti e discenti, dovrebbe garantire il coordinamento per meglio qualificare il processo formativo complessivo. Il mentore dei tutori della docenza per il rispetto dei programmi, dei tempi di progressione, degli interventi di ripetizione, per gli affinamenti richiesti, per la programmazione delle esercitazioni coprirebbe un ruolo di grande rilievo. Altrettanto rilevante sarà il ruolo del mentore dei discenti, ed il loro numero.

5. Testimonianze ed esperienze internazionali

Ci riferiremo a risultati, derivanti dalla collaborazione fra consorzi ed enti, probanti per i progetti considerati. OGC, consorzio emblematico per definizione, aperto e geospaziale, si avvale, al di là della collaborazione con IAI per applicazioni intorno a modelli di tipologia buildingSmart, di

almeno altri 15 enti generatori di standard, fra cui: ISO, IEEE, NIBS, OASIS, OMG, WWW, ponendosi così al centro dei sistemi territoriali riconosciuti.

Sono soci OGC 345 organizzazioni di 36 nazioni in 6 continenti (154 in Nord America, 141 in Europa). Per chi ama descrizioni strutturali più compiute aggiungeremo (è la suddivisione istituzionale) che ci sono soci strategici (6) e principali (15) che finanziano e, con quelli cosiddetti tecnici (60) guidano l'organizzazione; mentre gli altri definiti associati sono di sei categorie: commerciali, piccole imprese, ricerca, università, e di governo statale (20) o locale (10).

Delle 345 (oggi potrebbero essere un po' di più) 10 risultano come italiane, seppure si tratti anche di istituzioni internazionali come FAO e Ispra (JRC), e sono universitarie come il Politecnico di Milano e l'Università di Firenze (Prato), oltre al CNR, e fra le imprese Elsas come gruppo Finmeccanica. Naturalmente ci sono nella loro dimensione globale ed estesa: ESRI, come detto, ed Autodesk, Bentley, Microsoft, Oracle, ... mentre mancano istituzioni governative italiane.

La visione e la missione di OGC, per completare il quadro sinottico, si possono così condensare: conseguire i benefici economici e scientifici della completa integrazione delle risorse locali in processi globali, sia commerciali che istituzionali (come visione). La missione è quella di fungere da forum globale per gli sviluppatori e gli utenti di contenuti e servizi geospaziali; e per far progredire lo sviluppo di standard internazionali per l'interoperabilità geospaziale.

La collaborazione fra OGC e IAI, cioè il nostro punto privilegiato di osservazione si manifesta nel contesto di piani triennali, mobili annualmente (cioè prolungati) su progetti concreti proposti dagli associati attraverso AECOO di Architecture Engineering and Construction, cioè i costruttori americani promotori di IAI International.

Fra le attività del programma di Interoperabilità di OGC sono gestiti i cosiddetti *testbed*, cioè i casi concreti di inquadramento in un contesto di standard riconosciuti per problemi di specifico interesse. Qui concorrono due tipologie di soci o invitati: gli sponsor e i partner o partecipanti. I primi promuovono lo sviluppo degli standard in modo cooperativo, i secondi li rendono disponibili sul mercato attraverso standard PAS, cioè specifiche rese disponibili pubblicamente. I tempi di attuazione sono stati così ridotti a 4-6 mesi, ed hanno comportato ritorni di 3 o 4 volte nella quasi totalità degli investimenti. Esempifichiamoli in modo sinottico, ma probante. L'osservazione satellitare mirata per la città di New York ... o la definizione delle specifiche per il monitoraggio ambientale del territorio e sul traffico in localizzazioni riconoscibili ... come su alcuni ponti nodali per il traffico extra urbano (ci impressionò il caso del Wilson Bridge) sistematicamente con azione in quattro fasi programmate: scoperta, pianificazione, intervento, recupero.

L'installazione di un ospedale di pronto soccorso, conseguente ad un caso di radiazioni nucleari può essere preso come un ulteriore esempio interessante, nel momento in cui si sta procedendo al ritorno seppure graduale e parziale al nucleare: è un testbed avviato nel 2006 impostato sugli Open Standard, e giunto ormai alla sua quarta fase in USA. Complessivamente considereremmo in una trentina gli esempi interessanti, a datare dal 1999, che possono essere oggetto di una casistica di studio, e che hanno dato un contributo importante a definire standard oggi diffusamente praticati.

Dunque per concludere, la convinzione che è venuta progressivamente maturando in ognuno di noi, poi consolidando nella verifica complessiva e multilaterale è che, al di là dei benefici per il sistema di interconnessioni stradali e ferroviarie della Lombardia centro settentrionale (spontaneamente estendibile alla copertura nazionale), del recupero di costi e tempi di realizzazione poi di gestione e manutenzione del traffico è stata quella di un sistema di garanzia della sicurezza ambientale per qualunque evenienza, anche di disastro imprevedibile. Sull'aspetto delle risorse rimandiamo anche alla prossima comunicazione (sul tema del project management nell'informazione geografica). La visita programmata al Centro del CNR si riconduce ad un socio nazionali di OGC, quindi di OGCE; ma soprattutto mi auguriamo che almeno ad ogni biennio, e per una decina d'anni, di ritrovarci ad ASITA, ed essere così in mezzo alla vostra competenza per riferirne.

Siamo coscienti di avere svolto un'esposizione complessa, forse complicata, soprattutto nella parte 4) di struttura della docenza, di organizzazione delle aule, di tutori e mentori; e forse lo abbiamo fatto perché non sia sottovalutata. Gli schemi prototipali potranno semplificare la presentazione.

LA VALIDAZIONE DIGITALE DI PRODOTTO E PROCESSO NELLA COSTRUZIONE DI INFRASTRUTTURE VIARIE PER GESTIRE RISORSE CONDIVISE

Mauro LANGFELDER (*), Claudio MOSCA (**)

(*) IAI Italia, editore – via Piatti 11 – Milano, 335 6278046, langfelder@tiscalinet.it

(**) Ordine Ingegneri, Presidente SILP Milano, corso Venezia 18 – Milano, 02 76022285

Riassunto. Le opere infrastrutturali (autostrade, ferrovie,...) per la grande mobilità multimodale sono sempre più frequentemente oggetto di validazione digitale dopo la realizzazione del modello virtuale in una logica di PLM estesa a tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto, cioè dalla ideazione alla manutenzione, dopo il collaudo, ed allo smantellamento o abbandono.

Nella parte iniziale l'articolo le descrive brevemente in modo originale per le costruzioni edilizie, prendendo esempio dal settore delle costruzioni metalliche di derivazione industriale, soffermandosi sul concetto di validazione digitale e sulla sua applicazione anche su costruzioni esistenti realizzate con tecnologie tradizionali. Quindi partendo da un solo progetto le applica a tutte le fasi, antecedenti e seguenti la validazione digitale, soffermandosi in particolare sulla progettazione esecutiva e sulla realizzazione (processo edificatorio) considerando i fenomeni indotti (scavo, trasporto, riporto, riassetto territoriale, ...). Considera poi il caso di progetti diversi interferenti; quindi quello di interazione con infrastrutture esistenti, per le quali si ponga eventualmente il problema di ri-modellazione ex-novo. Composto così il progetto complessivo ne valuta l'utilizzo combinato di risorse comuni, soprattutto meccaniche, anche in orario esteso, abbinato diurno e notturno per valutarne i costi e le possibili economie di scala. Prendendo anche come esempio la realizzazione del Tunnel sotto la Manica, e guardando a percorsi intermodali complessi come l'autostrada Pedemontana e la Ferro Brianza, concomitanti con infrastrutture viarie di accesso, attesta i benefici derivanti dalla validazione digitale e formula ipotesi preliminari per la regolazione di mobilità concorrente con lo svolgimento di EXPO 2015 per la zona lombarda a Nord di Milano.

Digital Validation to share resources in highway and railway system project management

Abstract. Transportation infrastructures (railways, highways, ..) for large and local multimode mobility are more and more frequently an object of digital validation in their building lifecycle simulated processes, after the implementation of the virtual model in a PLM extended logics covering all the phases of its life, from digital conception to overall maintenance after the control checking, and before dismantling or dismissal.

The proposed paper in its initial part describes the lifecycle digital product and process design shortly, starting from metal constructions, an area where digital validation is more generally adopted, then it deals with its validation phase; and its application on existing conventional structures and traditional methodology.

Then starting from one single project the article applies its virtual fundamentals to all phases, both those preceding the digital validation and those following, especially the on execution process to describe all inducted activities. Afterwards it enlarges the horizon to many different concurrent projects, for some of which it would be necessary a re-modelling of some existing built works or infrastructure to be interfaced with the new ones, as they are already on execution differently.

At end it evaluates the combined usage of common resources, human and machinery, even on an extended timetable, daily and nightly, to evaluate costs and eventual scale economy and, starting from recalling the Channel Tunnel underground structure connecting France and England, develops some final considerations to prepare Milan EXPO 2015 concurrent events.

1. Il ciclo di vita delle infrastrutture edilizie complesse

Si considera il modello digitale di infrastruttura edilizia (BIM, cioè *building information model*, seppure più ricorrente sotto il logo *buildingSmart*) ai fini del suo posizionamento nel territorio e del relativo modello (cioè del SIT o *Geographic Information Model*) come gestito per tutto il ciclo di vita del prodotto al fine di considerare propriamente la fase di gestione del progetto nell'ambito del sottotema (e del tema) del mandato congressuale relativo alle complesse infrastrutture viarie della Lombardia centro-settentrionale, ed in particolare al collegamento aeroportuale fra Malpensa ed Orio al Serio, che alla fine (fra 7 od 8 anni) sarà percorribile attraverso l'autostrada cosiddetta Pedemontana, e sulla gronda Ferro Brianza e/o sui binari del Brianza Express.

In tal modo la cosiddetta fase di validazione digitale del ciclo di vita viene ad inserirsi propriamente nella vita dell'opera (nel processo del prodotto in senso lato) e nella progettazione in particolare.

Abitualmente per il ciclo di vita del prodotto industriale si considerano dieci fasi, mentre nel prodotto edilizio soltanto quattro o cinque. Per la verità in alcuni settori specifici dove la statura del cittadino (abbigliamento, ma anche arredo: si pensi alla dimensione del letto) od il gusto cromatico del colore suggeriscono personalizzazioni, etnografiche o ambientali, il numero delle fasi può anche essere diverso per problemi stagionali legati alla geografia intercontinentale, ed arrivare a tredici fasi. Una commistione di spazio (geografico) e tempo (stagionale) non è poi così aliena da alcune delle riflessioni che qui svolgeremo. Sono problemi di moda ed arredo qui sfiorati appena.

Considerando la promiscuità delle infrastrutture viarie e gli impianti che accompagnano quelle rotabili su ferro in particolare, nonché in generale la pluralità dei materiali ed il ruolo incidente della prefabbricazione, nel caso in questione prendiamo in esame le seguenti nove fasi, che proponiamo anche come indirizzo verso una normalizzazione. Le riportiamo nella tabella di figura 1 per chiarezza di esposizione.

1. Analisi e definizione dei requisiti ambientali e dei fabbisogni a lungo termine
2. Progettazione concettuale (quindi anche generale) estesa al contesto ambientale
3. Progettazione esecutiva (quindi anche dettagliata) e contestuale di completamento
4. Validazione digitale (e sicurezza in cantiere) ed eventuali modifiche di progetto
5. Pianificazione del processo edilizio o fabbricativo
6. Esecuzione disciplinata dei lavori nel contesto ambientale
7. Collaudo (ed eventuale certificazione) in coerenza con tutte le prescrizioni
8. Informazione documentata a tutti gli *stakeholder* su fruibilità ed emergenze
9. Manutenzione ordinaria e straordinaria con disciplina per blocco od accesso emergenti

Fig. 1 - Le fasi del ciclo di vita dei manufatti edilizi infrastrutturali

La definizione dei requisiti, classicamente la prima fase del ciclo di vita del progetto, ci può far subito ricordare che spesso si opera in zona sismica (sarebbe anche il problema del ponte sullo stretto di Messina, se si avesse il senso comune di analizzarlo) senza considerarne la criticità. Quindi potremmo definirla come l'analisi della conformità delle condizioni di paesaggio ed ambiente alle funzionalità che sono richieste all'opera. Al di là di frequenza, lunghezza, fermate, velocità di percorrenza,... delle ferrovie, ed eventuali barriere, svincoli, raccordi, corsie, precedenza, rotatorie delle strade ed autostrade, la sicurezza, il rispetto dell'ambiente, la visione del paesaggio, l'accesso dei mezzi di soccorso rientrano in un progetto, tanto più se si tratta di un'occasione epocale di riassetto del territorio, che raramente si ripresenta nel corso della storia.

La progettazione concettuale evidenzia gli aspetti salienti degli indirizzi di progettazione dell'opera essendo implicitamente generale e definibile come la scelta del percorso (o di alcune alternative) su tracciati convenzionali, su viadotti o gallerie, naturali o artificiali, nel contesto del sistema viabilistico complessivo, indicando anche eventuali suggerimenti per opere da realizzarsi in momenti successivi. Tenderemmo a separarla dalla progettazione del contesto, che spalmiamo sulle tre prime fasi, dove terza è appunto la progettazione dettagliata, non ancora quella esecutiva e

definitiva, perché vincolabile anche da aspetti legati alle prescrizioni della quarta fase, quella che più direttamente ci riguarda qui: la validazione digitale.

Fondando il nostro agire abituale su modelli compiutamente digitali di prodotto, come presupposto sia per l'interoperabilità che professiamo, sia per gli standard che propugniamo, intendiamo definirla come: la fase che consente di esaminare il progetto con tutte le tecnologie informatiche di visione più evoluta, simulando accuratamente la statica e dinamica di comportamento da parte di tutti gli stakeholder o portatori di interessi, individuali e collettivi, dovunque si trovino, quindi in locale come in remoto attraverso le cosiddette riunioni a distanza. Pertanto, e questa è forse la notazione più rilevante, la progettazione esecutiva, si può presentare soltanto dopo la validazione digitale.

La programmazione del conseguente processo pianificatorio e l'esecuzione, disciplinata e compatibile con il contesto ambientale, supportata dalla garanzia della sicurezza nel cantiere, qualificano la quinta e sesta fase. Sono quelle che richiedono il maggior impegno di macchine e mezzi pesanti per lavorazione del suolo, movimento terra, trasporti eccezionali per posa in opera.

La settimana, il collaudo, è considerata a sé per la sua delicata complessità, soprattutto su opere che possono avere una valenza internazionale in quanto coinvolgono arterie di grande comunicazione o aeroporti multinazionali. Prima della nona fase di manutenzione, ordinaria e straordinaria di breve periodo ma anche secolare come la recente normativa europea prescrive, comprensiva degli aggiornamenti sistematici conseguenti all'innovazione tecnologica che può accompagnarla ed alle prevedibile future evoluzione dei sistemi di comunicazione, collochiamo una fase opinabile (l'ottava) intesa come l'informazione alla cittadinanza delle regole di percorrenza, e lo facciamo per comprendere anche il complemento della disabilità dei soggetti che possono percorrerla; e che di per se stessa meriterebbe capitoli a sé, che tuttavia rinviando ad altra data o sede. In questa stessa fase dovrebbero essere definite e divulgate tutte le situazioni di emergenza con le procedure ed i comportamenti coerenti.

2. La modellazione retrospettiva delle costruzioni per gestire manutenzione o modifiche

Per introdurre, in coerenza con la modellazione compiutamente digitale che proponiamo, il tema della modellazione ad hoc per opere già esistenti che devono essere inquadrare nelle interconnessioni con la nuova opera, come è nel nostro caso, desideriamo citare solo due riferimenti esemplificativi per la chiarezza; e probanti, perché circostanziabili personalmente..

Anche quanto abbiamo avuto modo di riferire nel parallelo articolo relativo all'interoperabilità ed agli standard, sempre relativamente ai progetti delle infrastrutture viarie lombarde, fa riferimento alla considerazione che si possano adottare le stesse metodologie sia a progetti in fase di definizione che ad opere già realizzate e soltanto da mantenere, ai fini della retroattività della validazione digitale dei progetti già tradotti compiutamente in opere.

Ecco dunque i due esempi nazionali che, pur appartenendo ad altri settori economici, sono ispirati da principi e poggiano su soluzioni che possono ricondursi alle reti di trasporto viario. Il primo è relativo alla costruzione in corso delle centrali termoelettriche dell'ENEL, il secondo si riferisce alla delicata manutenzione degli aeromobili Boeing, di Grottaglie, ora praticata negli scali del mondo.

L'ENEL, intendendo costruire quattro centrali termoelettriche in sostanziale parallelo, attraverso soluzioni innovative per economie di scala, ma soprattutto per potere fare interagire in remoto gli addetti con le opere in corso, ha fatto riferimento a modelli digitali, ma per farlo in modo originale ha ricostruito il modello retroattivo dell'ultima centrale già realizzata, anche se con criteri meno automatizzati di quelli ora praticati sulle nuove. Cioè ha ricostruito il modello digitale di una centrale che stava per entrare in esercizio quindi ormai avviata al completamento dei collaudi finali. Riteniamo che la costruzione di un impianto di generazione termoelettrica sia una costruzione affine per metodologia di progetto ed esecuzione a quella di una linea di trasporto. E se ne potrà comunque discutere, magari coinvolgendo interattivamente gli interessati da due centrali in esecuzione e da quella eletta alla ricostruzione del modello.

Il caso della Boeing riguarda tutti i modelli delle serie 7x7, partendo dal 727 in volo da trent'anni e giungendo fino al 787 di cosiddetta ultima generazione. Tutti i modelli di queste serie nelle rispettive ulteriormente diversificate versioni, si muovono attraverso gli scali del mondo in tutti i continenti; dove possono avere bisogno di interventi manutentivi, prevedibili o imprevisi, senza dover aspettare che eventuali parti di ricambio o tecnici addestrati debbano poter raggiungere lo scalo richiedente, provenendo da chissà dove. Né sarebbe pensabile di tenere in tutti gli scali scorte di ricambi o tecnici specializzati per tutti i modelli.

Sicché sono stati normalizzati con regole standard i processi manutentivi principali di tutti i modelli civili 7x7 uniformando la formazione di tutti i tecnici di diversa esperienza e provenienza, dopo avere unificato anche la netta maggior parte dei pezzi di ricambio soggetti ad usura o rottura. Così dall'Australia al Sud America, dall'Europa all'Estremo Oriente gli scali di riferimento sono autonomi, ed eventuali consultazioni che richiedano esperienza ulteriormente maggiore sono rapidi ed efficaci. Riteniamo che anche questo esempio possa suggerirci comportamenti affini.

La sala corsi di Palazzo Serbelloni a Milano, sede di Ordine, Fondazione, Sindacato degli Ingegneri milanesi, ha richiesto nello scorso decennio la sostituzione dell'impianto di condizionamento, rendendosi autonoma nel fabbricato. Ci ha fornito l'occasione, e non solo a motivo dei vincoli monumentali, di meditare sui vantaggi della fruibilità di un eventuale modello digitale, che peraltro fu suggerito di fare. Non tanto per il dover realizzare condutture in muri protetti, quanto per il dover produrre chili di carta per riunioni autorevoli dove in tempi lunghi si assumevano decisioni brevi.

3. La gestione condivisa delle risorse nei progetti concorrenti

La validazione digitale presuppone innanzi tutto che dei progetti delle opere in costruzione ci siano modelli compiuti che consentano di pianificare i processi, cioè di programmarne l'esecuzione in modo gestito da tutti i livelli tecnici e direttivi, locali o remoti, allargando le valutazioni a competenze e pareri qualificati, tanto più quanto meglio è garantita l'interoperabilità dei lavori. Ciò può essere assai utile nella concomitanza di progetti diversi, che sottendono lavori che per cadenza o localizzazioni possano essere visti in un processo unitario: li chiameremo progetti concorrenti.

La doppia concomitanza di cadenza nel tempo e locazione nello spazio consente attraverso l'utilizzo di risorse comuni o comunque condivise delle economie spesso vistose. Il riferimento al prossimo decennio ed il poligono lombardo che, sovrastando Milano, si allarga da Gallarate a Bergamo e si protende verso il nord di Varese Como e Lecco si presta a questa analisi come un gigantesco *testbed*, quasi un enorme laboratorio, dove non soltanto si affiancano autostrade varie e ferrovie diverse, ma si incrocia un ben più complesso sistema di traffico.

Si sa che alcuni progetti, già appaltati sono in corso d'opera, si sa che altri sono in via di definizione ed altri si sovrapporranno in un complesso intreccio forse inestricabile per un esame unitario e congiunto. Siamo tuttavia convinti che giovi farlo, e la relazione n.163 in questa stessa conferenza tende a circostanziare sul come farlo. Classificando gli interventi attraverso la loro datazione e le risorse umane e tecnologiche da impiegare, si può fare una valutazione complessiva sulla loro pianificazione e sulla sovrapposibilità in modo da utilizzare le risorse comuni in modo compatibile e valutare per quelle omogenee le possibilità di risparmi di tempo, di economie di spostamento dei mezzi, di supervisione unitaria e semplificata. E di coinvolgimento degli stessi *stakeholder* in modo organico e coordinato. Ipotizzando di potere e di sapere utilizzare i moderni mezzi delle riunioni a distanza in televideo conferenza per gestire la disponibilità di tutti in modo ottimale.

Vediamo alcuni esempi concreti. Per le risorse umane con compiti direttivi e tecnici emerge come sempre più rilevante la doppia opportunità di controllare i lavori a distanza e la possibilità di riunirsi o incontrarsi in tele-videoconferenza. Ne deriva il duplice risparmio in termini di tempi e costi di spostamento o viaggi, ma anche la ulteriore flessibilità che viene dilatata dal più facile riferimento di spazi temporali compatibili, soprattutto quando i soggetti interessati congiuntamente sono in numero rilevante, quale è quello del caso in questione. Ne possono beneficiare anche i tempi di esecuzione delle opere, meno condizionati da autorizzazioni ed approvazioni semplificate ed

accelerate; quindi si riduce il disagio per il cittadino, conseguente al disservizio indotto dal permanere delle attività di cantiere. Questo è un aspetto che oggi tende ad assumere importanza sempre maggiore, anche per il risparmio energetico dei cittadini e la riduzione dell'inquinamento spesso vistosa che ne deriva. Questo è un indicatore prestazionale che viene misurato come disagio indotto dalle opere pubbliche in vari contesti internazionali dove i KPI (*key performance indicators*) hanno valenza e vengono misurati, determinando talora anche interventi sanzionatori.

In alcuni casi, peraltro in numero crescente, si tende a favorire il prolungamento dell'orario di cantiere proprio per il bilanciamento che ne deriva dalla riduzione complessiva dei tempi di disagio. Non si pensa (opportunamente) al lavoro a turni, classico della vita secolare nelle fabbriche industriali, quanto ad orari contrattualmente dilatati, eventualmente su meno giornate settimanali più lunghe (ormai in diversi Paesi) con personale diverso. E sono in molti a ritenere (veniamo dunque ai mezzi meccanici) che ciò determini un vistoso beneficio anche per l'utilizzo più intenso dei mezzi di cantiere. Questo ci ha indotto ad alcuni recenti approfondimenti.

La maggior parte delle stime (anche ricostruite a posteriori) e dei preventivi confermati dai consuntivi sinora svolti, tende a quantificare intorno al 7-8% l'incidenza del costo dei macchinari di cantiere sul costo complessivo dell'opera. Recuperi, poniamo del 30%, equivarrebbero a economie del 2-2,5% sull'opera, che pur non essendo trascurabili, non son confrontabili con gli altri benefici.

Rimarrà sempre inciso nella memoria di molti lo storico caso del Channel Tunnel, la galleria sotto la Manica (progetto del 1985) con i suoi 50 km (38 dei quali sottacqua) che impegnarono dal 1986 al 1993. Non intendiamo ricordare gli ettari di terreno interessati (500 metri diciamo di larghezza per ogni metro di collegamento) né la scelta di partire insieme dai due lati per dimezzare i tempi, e neanche degli effetti aerodinamici dell'alta velocità che trovò soluzione prevalente in connessioni trasversali spezza-flusso o nel abbinamento fra ferrovia e percorso rotabile. Vorremmo soltanto provare a chiedere, se qualcuno ricorda dove furono collocate le macro frese alla fine dei lavori, cioè i macchinari prevalenti di cui ci stiamo qui occupando. Sono stati lasciati là, interrati a metà strada nel punto di fine lavori del tunnel....

Per i sistemi software di progettazione architettonica in varie occasioni si è riferito dei prodotti certificati (ASITA 2007 Torino, ma anche ASITA 2006 Bolzano) soprattutto per il ruolo di IAI Italia. Per quelli territoriali ArcGIS in Calabria (ancora a Torino) e in Lombardia. Ma anche le conseguenze del disagio del contesto possono essere gestite in modo unitario e compatibile, con la partecipazione sia dei cittadini che delle autorità locali preposte.

Risorse tecnologiche (modelli condivisi e cogestiti del territorio), meccaniche (mezzi pesanti), strumentali (specialistici e rari), finanziarie (per l'economia complessivamente compatibile), umane di progetto, di rappresentazione del territorio, di utilizzo conduzione governo guida delle risorse meccaniche o strumentali, ci fanno poi tutti riflettere sul territorio. Se si comincia dalla progettazione, e se c'è validazione digitale, si possono verificare tutte le compatibilità anche e soprattutto quelle geografiche.

4. Il riferimento dei progetti all'area geografica

Siamo alla sintesi finale del progetto, definito nelle fasi, nel suo database, per attività classificate in funzione di più chiavi di ricerca, tipicamente qui quella geografica. Può colpire il circuito ciclabile che contorna una zona ricca di storia e di preistoria, come il periplo del lago di Varese. Ci si può muovere nelle zone sferzate dal vento e allagate come i polder olandesi, per ricomporre disegni estesi, si può provare a ricollocare in un traffico di 170.000 passeggeri al giorno nel più trafficato e fluente di Melbourne. O pensare all'integrazione fra prodotto e processo per lo spettacolare ponte pedonale di Marina Bayfront a Singapore: 280 metri con arcate di 65 e larghezza di 6 metri, che ci rimanda al Paese dove forse è meglio disciplinata la disciplina del fabbricare: non a caso una delle sedi più convincenti dell'attività di IAI International. Ma ci possiamo anche concentrare sulle attività formative che il Consiglio Nazionale degli Ingegneri ha promosso per la formazione nelle sedi provinciali dei colleghi interessati, per favorire lo sviluppo dei modelli digitali e la validazione

virtuale. E pur senza coinvolgere le iniziative americane di OGC con IAI, pensare all'aeroporto Fontana Rossa di Catania, o al quartiere di Milano Santa Giulia fra Rogoredo e Linate, un aeroporto milanese dunque, ed alla metropolitana che lo raggiungerà.

La gestione dei progetti viari nella parte settentrionale della Provincia di Milano ed in quelle finitime, ed il ricorso verosimile a risorse comuni e condivise per più progetti intorno ad un sistema centralizzato in un macroprogetto unitario, pensando anche al concetto di data base relazionale del fabbricato o dell'opera, si presta a riflessioni di rilievo. Le varie fasi del progetto, cioè dei singoli progetti integrati, possono essere viste come appartenenti al ciclo di vita descritto alla parte 1) quindi se ne può esaminare la validazione digitale. Analogamente possono essere viste le stesse risorse: specialisti di consolidamento delle gallerie per esempio, o i macchinari come ruspe di elevata potenza, o svolte delle analisi digitali per il comportamento sismico; ...come abbiamo esaminato nella parte 3). Ma si potrebbe anche fare un'analisi per integrata per area geografica, teatro di svolgimento dei lavori: il riporto del terreno dopo lo scavo di gallerie vicine e parallele, della ferrovia e dell'autostrada, per non dire dei due sensi di marcia della messa arteria ... che può essere gestito in modo uniforme.

Pur non disponendo dei progetti esecutivi, né di una cartografia digitale o convenzionale sufficientemente dettagliata per un'analisi del territorio abbiamo ragione di ritenere che i binari della Ferro Brianza o del Brianza Express corrano paralleli all'autostrada Pedemontana, nel tratto a nord del Parco di Monza nella direzione del Comune di Casatenovo, già in Provincia di Lecco, che probabilmente sarebbe stato incorporato in quelle di Monza se questa fosse stata disegnata quando nasceva appunto quella lecchese. Qui i lavori potrebbero essere a nostro avviso condotti in modo unitario, con benefici vistosi nell'economia generale dei progetti e riteniamo che sarebbero argomenti importanti di tesi post-universitarie (magari proprio di laureati che, dopo aver frequentato l'aecm1 del BEST, intendano proseguire nell'impegno in ateneo).

Il problema non è banale né astratto se si pensa che, pur senza entrare nei dettagli dei piani di esecuzione delle opere il progetto pedemontano prevede la realizzazione nel periodo 2012-2016 per la parte autostradale quando ferveranno chissà quali lavori per l'EXPO del 2015, o sarà in pieno svolgimento, e non poca gente vi perverrà dagli aeroporti che stiamo esaminando o dalle autostrade e strade del nord che stiamo intersecando. Se non altro il nostro modello servirà per dare indicazioni viarie. E forse è più che corretto che ad occuparsi dei problemi siano la Regione Lombardia soprattutto o delegati del governo nazionale, accurati esperti dei problemi, e magari ingegneri.

E poiché il processo di interferenza potrebbe durare anche due o tre anni, è opportuno che quanto proponiamo sia gestibile in modo continuo, sia per gli eventi correnti programmabili e forse dominabili, sia per gli imprevisti che i rischi ambientali che correranno.

In fondo anche la risorsa geografica della rappresentazione simulazione e visualizzazione, quella più strettamente è afferente il contesto di ASITA potrebbe svolgere un ruolo pregiato di immagine, di servizio, e costituire un risparmio consistente. Forse ASITA 2014 2015 o 2016, cioè la numero 18, 19 o 20 potrebbe venirsi a svolgere da quelle parti e sarebbe bello ricordare gli eventi de l'Aquila in positivo.

In fondo c'è l'occasione di monitorare un cantiere, osservando Shanghai 2010, nella preparazione del 2009 dell'installazione del padiglione italiano che, smontabile e mobile, potrà essere seguita in tempo reale per quanto ci hanno asserito coloro che dal laboratorio di progettazione architettonica dell'Università romana della Sapienza ne hanno vinto l'appalto e si accingono a vederla realizzare. Può essere un tema per ASITA 2009 e magari 2010 da Shanghai preparando Milano 2015.

PROGETTAZIONE S.I.T. SU PIATTAFORMA *OPEN SOURCE* FINALIZZATO ALLA VALORIZZAZIONE DEI SENTIERI E PERCORSI DI INTERESSE STORICO-NATURALISTICO DELLA COMUNITÀ MONTANA DEL SAVUTO (SISEN-CMS)

Salvatore LAROSA

Libero Professionista, sal.larosa@libero.it

Sommario

La Comunità Montana del Savuto si estende su di una superficie di 393 Km², rappresentata dai territori di 17 comuni della provincia di Cosenza. Essa confina a Nord con l'area metropolitana del capoluogo e a Sud con l'estremo lembo Nord-Occidentale della provincia di Catanzaro, si congiunge ad Est con la Sila grande e la Sila piccola, si sviluppa ad Ovest, per gli altipiani di Lago e di Aiello Calabro, fino alla vista del Mar Tirreno, a pochi chilometri da Amantea.

Il Territorio presenta prevalentemente un paesaggio collinare e montuoso fortemente corrugato, per il 60% a quota superiore ai 600 metri, frammentato da un reticolo idrografico, con corsi d'acqua a regime spiccatamente torrentizio e alvei di norma incassati tra sponde ripide e pendenze che si accentuano nella zona mediana ed in quella occidentale del bacino.

Le singolarità del territorio possono costituire un vero e proprio polo di riferimento scientifico-divulgativo e soprattutto turistico a cui possono fare riferimento i territori limitrofi.

Le caratteristiche geologiche e geomorfologiche hanno per altro costituito un punto di attrazione per insediamenti umani storici le cui tracce sono tutt'oggi visibili.

A tale scopo si è pensato di tracciare dei percorsi storico-naturalistici immersi nel territorio, per apprezzare a pieno le bellezze che offre la montagna.

L'intero lavoro è stato sviluppato in ambiente GIS, creando, dapprima, una vera e propria Infrastruttura di Dati Territoriali in cui tutte le informazioni, da quelle semplicemente descrittive a quelle geografiche-spaziali, sono memorizzate in un DB relazionale PostgreSQL dotato di componente Spatial (PostGIS) e gestiti dai client attraverso QuantumGIS, per poi passare alla pubblicazione sul WEB.

Le modalità utilizzate per la pubblicazione sono due: un WebGIS, per soddisfare le esigenze di qualsiasi utente semplicemente accedendo ad un browser web, e un WMS che consente agli operatori delle amministrazioni appartenenti alla Comunità Montana di accedere al sistema, al fine di fornire così un supporto cartografico da visualizzare e confrontate eventualmente con i propri dati.

L'intera architettura è stata sviluppata su piattaforma Open Source, utilizzando le applicazioni più diffuse dei GFOSS (Geospatial Free and Open Source Software).

Abstract

The “*Comunità Montana of Savuto*” covers an area of 393 km², represented by territories of 17 municipalities in the province of Cosenza. It is bordered to the north with the metropolitan area of Cosenza and south with the North-Western extreme flap of province of Catanzaro, joins in the East with great Sila and small Sila, spread to the west, for the high plains of Lago and of Aiello Calabro, until the view of the Tyrrhenian Sea, not far from Amantea.

The Territory has predominantly a hilly and mountainous landscape, heavily corrugated, for the 60% share over 600 meters, fragmented by a river network, with rate of flow torrential and river bed between banks and steep slopes, this morphology is more visible in the middle and western basin.

The singularity of the territory can be a real focal point of scientific reference, spread and especially tourism which can refer the territories.

The geological and geomorphological features have also been a point of attraction for human settlements historians whose traces are still visible.

To do so is thought to trace the pathways historical nature immersed in the territory, to appreciate fully the beauty that offers the mountain.

The whole project was developed using GIS applications: firstly a Spatial Data Infrastructure is created, where all the informations, both simply descriptive and spatial, are stored in a relational DB PostgreSQL equipped with component Spatial (PostGIS) and managed by clients through QuantumGIS, then move to publication on the Web.

The methods used for the publication are two: a WebGIS, to meet the needs of any user simply approaching a web browser, and a WMS that allows operators administrations belonging to the Comunità Montana to access the system to provide a cartographic support from view and possibly compare with their data.

The whole architecture was developed on Open Source platform, using the most widespread applications of GFOSS (Geospatial Free and Open Source Software).

Piattaforma ed Architettura del sistema

Il sistema si sviluppa secondo un'architettura di tipo *client-server* in ambiente Web utilizzando tecnologie *Open Source*, sia come sistema operativo utilizzato che come *software*. Il sistema operativo è *Debian GNU/Linux*, che fa parte di una delle tante distribuzioni esistenti oggi del sistema *GNU/Linux*.

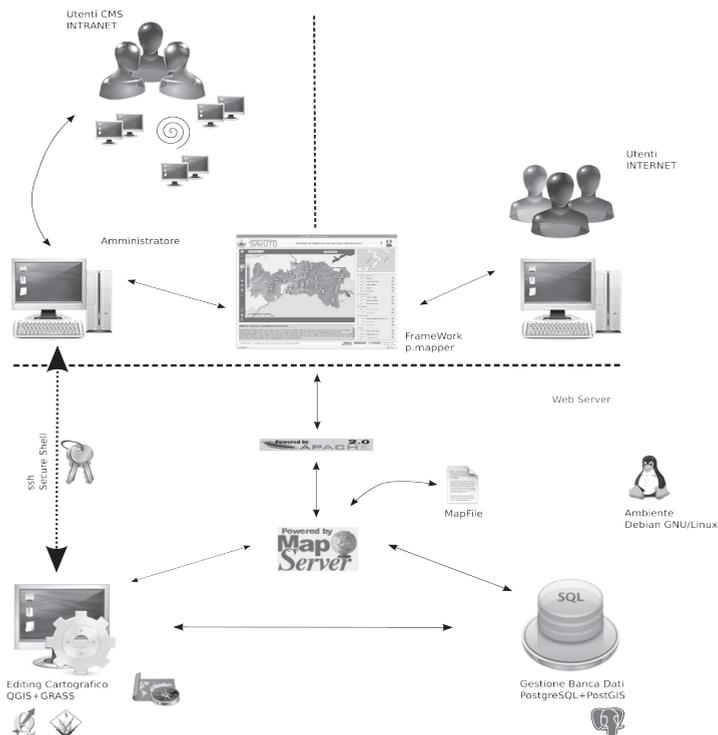


Fig. 1 – Architettura del sistema

GFOSS utilizzati in SISEN-CMS.

Esistono molte soluzioni software per la realizzazione e la gestione di un *WebGIS*, dal *Web Server* al *DBMS*. Ogni soluzione presenta vantaggi e svantaggi, nonché un costo di acquisto differente. Da questo punto di vista i programmi *FOSS* (Free Open Source Software) offrono alcuni punti di forza significativi rispetto ai software proprietari. La filosofia “*Free-Open*”, oltre a non presentare costi di licenza, permette di conoscere effettivamente il funzionamento del sistema. Avere a disposizione il codice sorgente permette di innestarsi nel processo di evoluzione di quest'ultimo consentendo di individuare velocemente la soluzione di eventuali errori o limitazioni del software e quindi di contribuire al miglioramento del software stesso. Soluzioni di questo tipo fanno spesso riferimento a standard condivisi a livello globale rendendo i software più interfacciabili tra loro mentre soluzioni proprietarie vengono solitamente distribuite come oggetti “*black box*” e, talvolta, la gestione stessa dei dati avviene attraverso formati e procedure proprietarie, non accessibili all'utente. La scelta di adottare formati e procedure standard ed aperti consente inoltre la definizione di soluzioni ibride tra software proprietario e “*FOSS*”. Il lavoro è stato sviluppato utilizzando solamente software liberi. La parte *Server* è gestita da Apache, il *Web Server* attualmente più diffuso grazie alle sue qualità di affidabilità e sicurezza. Utilizzando il *DBMS* PostgreSQL con estensione spaziale PostGIS, è possibile avere la totalità delle informazioni, da quelle geografiche a quelle semantiche. L'estrazione dell'entità geometriche e degli attributi ad esse associate avviene definendo interrogazioni basate sul linguaggio *SQL* standard. L'*internet mapping* viene fornito dal software MapServer, che si interfaccia in modo efficiente e naturale sia con Apache che con PostgreSQL e le sue estensioni spaziali e topologiche. Infine, come *front-end* per la visualizzazione delle mappe sul web, è stato utilizzato il framework p.mapper che sarà approfondito nei successivi paragrafi.

Realizzazione SISEN-CMS.

Allo scopo di realizzare un Sistema Informativo Territoriale efficiente e che risponda ai requisiti su esposti, si propone un sistema *GIS WEB BASED* con modalità di accesso via *INTERNET* (o *INTRANET*) per la consultazione/navigazione e in modalità *Client-Server* per l'aggiornamento e la manutenzione dei dati. La scelta di tale architettura tecnologica garantisce una estrema flessibilità del sistema ed è modulata per costruire nel tempo eventuali nuove funzionalità a supporto dei servizi dell'utente. L'architettura proposta è realizzata secondo le specifiche dell'*Open GIS Consortium*, garantendo lo standard di interscambio/interoperabilità per i sistemi *WebGIS*.

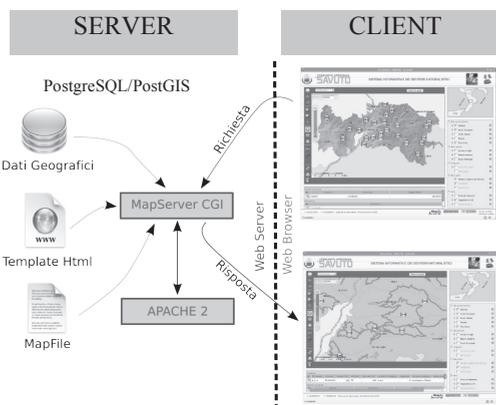


Fig. 2 – Architettura Client-Server

La cartografia georeferenziata sarà quindi facilmente disponibile agli operatori remoti senza bisogno né di installare localmente specifici strumenti GIS, né di avere particolari conoscenze delle funzioni GIS specifiche, essendo l'interfaccia utente guidata ed intuitiva.

In ultimo, la strutturazione di una stazione collegata in modalità *Client/server* alla BD centrale, consente agli utenti della Comunità Montana di controllare, aggiornare e gestire i dati in modo che siano immediatamente disponibili per la pubblicazione.

Organizzazione dei dati e creazione GeoDatabase.

I dati e la loro organizzazione sono il nodo fondamentale per la progettazione e la realizzazione di un SIT.

I dati inseriti sono i seguenti:

-Basi cartografiche di riferimento in formato raster georeferenziato:

- Carta Tecnica della Comunità montana scala 1:5.000
- Ortofotocarta digitale a colori 1:10.000
- Topografia IGMI 1:25.000

-Carte tematiche primarie in formato vettoriale georeferenziato:

- Sentieri Naturalistici
- Limiti amministrativi in formato vettoriale scala 1:10.000
- Limiti Provinciali
- Centri e località abitate scala 1:10.000
- Idrografia principale lineare e poligonale – scala 1:10.000
- Laghi e Bacini Idrografici
- Viabilità principale
- Altimetria (Curve di livello)
- Punti di interesse (storico-culturale e gastronomico)
- Toponomastica

Tutti i dati cartografici sono opportunamente elaborati e resi omogenei nel sistema di proiezione. Ad ogni *layer* vettoriale è associata la tabella contenente gli attributi e sono archiviati sul server in formato *geodatabase*, ossia con la parte grafica ed alfanumerica entrambe archiviate in tabelle nel *RDBMS*.

Le tavole *raster* sono invece archiviate in formato *GeoTIFF*.

Tutti i dati vettoriali sono memorizzati direttamente all'interno di tabelle *PostgreSQL/PostGIS* utilizzando colonne di tipo “*geometry*” contenenti la geometria degli elementi geografici e sono gestiti attraverso *p.mapper* per la pubblicazione.

In tal modo ogni singolo elemento geografico corrisponde ad un record di una tabella *PostgreSQL/PostGIS* e può essere trattato con tutti gli strumenti che il software *RDBMS* ed il linguaggio *SQL* mettono a disposizione. Gli elementi geografici vettoriali utilizzano l'identificativo univoco attribuito in fase di acquisizione per le operazioni di *Join* con le altre tabelle presenti nel database.

Tutti i dati cartografici hanno le seguenti caratteristiche comuni:

1. Scala massima di riferimento 1:10.000/1:25.000
2. Precisione passante fra le scale (un punto di eguali coordinate è coerente spazialmente a qualsiasi scala di restituzione con l'analogo punto sugli altri layer);
3. Corretta topologia;
4. Coerenza geometrica;
5. Correlazione logica e spaziale fra i diversi livelli informativi.
6. Proiezione in fuso GAUSS BOAGA fuso est
7. Metadati descrittivi associati ad ogni strato cartografico

Le operazioni di aggiornamento dati possono avvenire unicamente lato *CLIENT* e sono deputate al personale della CMS.

Le procedure di aggiornamento dati potranno avvenire tramite connessione *SSH* (SecureShell) con *login*, che permetterà l'avvio degli applicativi (*QGIS+GRASS*) lato *CLIENT* per la modifica quindi l'aggiornamento dei dati presenti all'interno del *GeoDatabase PostgreSQL/PostGIS*. Questa è una delle principali funzionalità della piattaforma in quanto l'utente predisposto potrà compiere qualsiasi

operazione di editing o di acquisizione da qualsiasi postazione che abbia una connessione ad *INTERNET*.

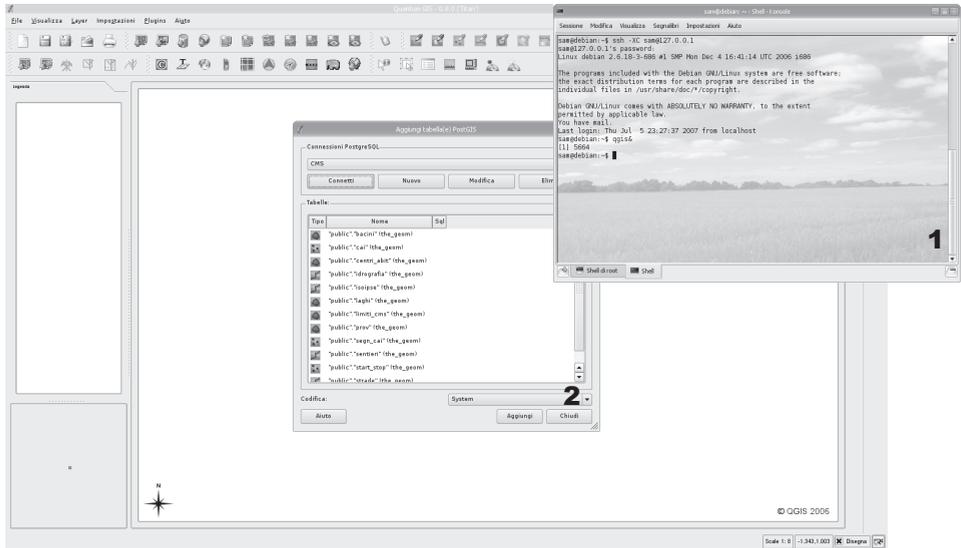


Fig. 3 – Accesso tramite SSH(1) e connessione a PostgreSQL/PostGIS(2)

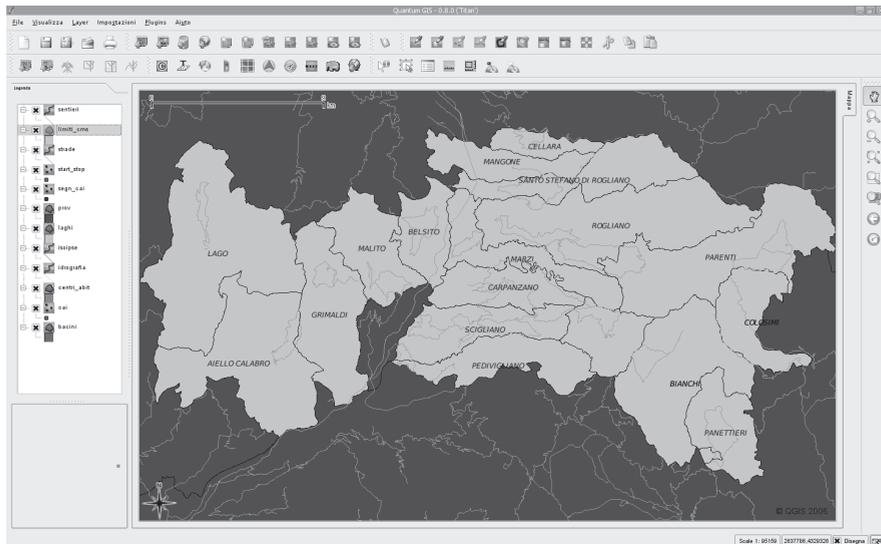


Fig. 4 - Editing QGIS da connessione SSH.

WebGIS SISEN-CMS e WMS.

Come è stato già detto, il *WebGIS* funziona con *MapServer* e, in particolare, attraverso *p.mapper*, un'applicazione sviluppata in *PHP* e *JavaScript*. In realtà il linguaggio sviluppato dalla *DM*

Solution è il *PHP/Mapscript*, ovvero un'estensione del linguaggio *PHP* che permette di controllare dinamicamente *MapServer* mediante la sintassi e la logica della programmazione ad oggetti del linguaggio di scripting *PHP*. Il motore di visualizzazione di *p.mapper* è basato sulla tecnologia *AJAX*, *Asynchronous JavaScript* e *XML*, che permette un aumento della velocità di risposta nell'interrogazione e consultazione delle mappe in quanto viene eseguito solo il *refresh* della mappa, mantenendo fissa invece la struttura. L'utilizzo di *Javascript* fa sì che l'applicazione sia piacevole da usare in quanto rende più dinamiche le funzioni normalmente presenti in *MapServer* - quali zoom, pan e interrogazione- attraverso strumenti grafici come per esempio le *zoombox*.

È stato inoltre, realizzato un Web Map Service (WMS), tramite il quale è possibile rendere disponibile per la visualizzazione tutti i dati presenti all'interno del WebGIS, consentendo a chiunque di usufruire di informazioni aggiuntive direttamente sul proprio PC, non necessariamente usando il browser. Infatti la maggior parte dei Desktop GIS, sia Open che proprietari (ArcView, ArcGIS, ecc.), hanno la funzionalità che permette l'importazione di layer che risiedono in WMS. In questo caso, uno degli utilizzi più importanti oltre che recuperare informazioni, è la possibilità di georiferire dei dati privi di sistema di riferimento utilizzando il metodo dei *GCP* (Ground Control Point), appoggiandosi al servizio WMS offerto dalla CMS. Per la realizzazione di tale servizio è stato utilizzato ancora MapServer attraverso il file di configurazione (*mapfile*, vedi Appendice B) che in questo caso si presenta leggermente diverso dal *mapfile* creato per il WebGIS.

Funzionalità aggiuntive di SISEN-CMS.

Il WebGIS, al fine di facilitare le attività di escursionismo, consente di effettuare dei voli tridimensionali sui vari sentieri presenti in due modalità, sia come volo 3D che come panorama 3D (360°). Inoltre, per gli utenti più esperti e per chi è dotato di un GPS mobile, il sistema permette di scaricare l'intero sentiero scelto in formato GPX (track) per guidare l'utente lungo tutto il sentiero impostato sul proprio GPS.

Riferimenti bibliografici.

P. Zatelli, WebGis, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università degli Studi di Trento

W. Lorenzetti, D. Scarselli, E. Venturato, P. Cavallini, *p.mapper* Un front-end dinamico per MapServer, MondoGIS 55 luglio/agosto 2006

E. Braglia, R. Braglia, S. Galassi, L. Giulietti, Web GIS Un Portale al servizio del Cittadino, Consorzio Intercomunale Servizi C.I.S.

D. Magni (2002), Progettazione e implementazione di un WebGIS archeologico: il caso del Parco della Spina Verde di Como, Tesi di laurea - Politecnico di Milano (MapServer versione 3.5.1)

P. Zatelli, WebGis, Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università degli Studi di Trento

Siti Web

Sito Ufficiale della Comunità Montana del Mugello

<http://www.cm.-mugello.fi.it/>

Web-GIS del progetto Coronas Metropolitanas

<http://www.biclazio.it/coronas/>

S. Menegon, Introduzione alle infrastrutture WebGIS Open Source, Mpa Solution
<http://www.mpasol.it/>

M. Negretti, MapServer, Politecnico di Milano – Polo Regionale di Como

<http://geomatica.como.polimi.it>

STUDIO DELLA PRODUZIONE PRIMARIA DELLE ACQUE MARINE TOSCANE

Luigi LAZZARA (*), Christian MARCHESE (*), Fabio MASELLI (**),
Luca MASSI (***), Caterina NUCCIO (***), Maurizio PIERI (****),
Carolina SANTINI (*), Valentino SORANI (****)

(*) Università di Firenze – Dipartimento Biologia Evoluzionistica “Leo Pardi”,
Via Romana, 17, 50125 Firenze, Italy, luigi.lazzara@unifi.it

(**) CNR – Istituto di Biometeorologia (IBIMET)

(***) Università di Firenze – Laboratorio di Ecologia, Dipartimento di Biologia Vegetale
(****) Consorzio LaMMa

(*****) Universidad Autónoma del Estado de Morelos - Departamento de Ecología, Mexico

Riassunto

Il fitoplancton costituisce il principale produttore primario di materia organica in mare e la concentrazione di clorofilla-*a* rappresenta un indice riconosciuto dell'abbondanza di biomassa fitoplanctonica, necessariamente correlata con il carbonio organico contenuto e prodotto (Produzione Primaria). Le stime di produzione primaria (PP) tramite modelli di simulazione hanno trovato in queste ultime decadi l'ausilio di immagini satellitari che forniscono informazioni spazialmente e temporalmente distribuite riguardo alla concentrazione di clorofilla-*a* ed altri importanti parametri biofisici marini: temperatura superficiale del mare (SST), radiazione fotosintetica (PAR), ecc..

Scopo di questa ricerca è quello di creare una procedura per ricavare mappe di PP per l'area marina antistante la costa della regione Toscana. Per le acque marine toscane è stato messo a punto un modello semianalitico del colore del mare e sottoposto ad una prima fase di validazione. L'inversione del modello fornisce le concentrazioni di clorofilla, sedimenti in sospensione e sostanza gialla, a partire dai dati di radianza misurati dal sensore MODIS Aqua. Per il calcolo della produzione primaria pelagica la procedura presentata utilizza queste stime satellitari ed altre informazioni all'interno di un modello semianalitico di tipo bio-ottico risolto in lunghezza d'onda e in profondità. In questa fase iniziale del progetto sono state ottenute mappe di PP che rappresentano il prototipo del prodotto finale calibrato per le acque in studio.

Abstract

Phytoplankton is the main primary producer of organic matter in the sea. Chlorophyll concentration represents a standard index of phytoplankton biomass abundance, and therefore of organic carbon contained and produced (Primary Production). In the last decades the estimation of Primary Production (PP) through simulation models has found the support of satellite images that provide spatial and temporarily distributed information about the concentration of chlorophyll and other major marine bio-physical parameters: sea surface temperature (SST), photosynthetic radiation (PAR), etc..

The present work aims at developing a procedure for obtaining PP maps of the sea area in front of the Tuscany region. A semi-analytical model of the Tuscany marine waters is used to estimate the concentration of chlorophyll, suspended sediments and yellow substance, from the measured MODIS Aqua radiances. The pelagic primary production is then assessed by using these satellite estimates and other information within a bio-optical semianalytical model resolved in wavelength and depth. In this preliminary phase some PP maps have been obtained, that represent the end product prototype, specifically calibrated for the study waters.

Introduzione

La produzione primaria marina (PP), ovvero la quantità di carbonio organico per unità di tempo e superficie attraverso la fotosintesi algale, gioca un ruolo chiave nel ciclo del carbonio del Mar Mediterraneo (Nardello et al., 2003). Da alcuni anni sono stati pubblicati ampi studi di monitoraggio stagionale e interannuale della produzione primaria pelagica mediterranea impiegando immagini sinottiche giornaliere acquisite da sensori satellitari dedicati allo studio del colore del mare e della temperatura superficiale marina (Bosc et al., 2004; Colella, Santoleri, 2008). In questi lavori, a scala di bacino, sono stati ottenuti miglioramenti nella stima di produzione primaria pelagica rispetto ai corrispettivi prodotti globali standard, grazie a calibrazioni locali a mare dei dati satellitari.

La fitomassa pelagica nel Mediterraneo, infatti, è mediamente sovrastimata nei prodotti standard forniti dalla NASA tramite il sensore MODIS. Per questa ragione, tale fitomassa va quantificata in modo appropriato a scala di bacino, con calibrazioni di dati, trattati tramite metodologie empiriche o modelli semianalitici, al fine di ottenere stime più realistiche della produzione primaria marina.

In questo studio viene schematizzata la fase iniziale di un progetto, finanziato da Ente Cassa di Risparmio di Firenze, che ha come tappa iniziale, l'elaborazione di mappe di produzione primaria pelagica giornaliera delle acque marine prospicienti la regione Toscana e, come punto d'arrivo, il calcolo regionale dei flussi di carbonio tra atmosfera e mare e tra zona eufotica ed acque profonde.

I dati di *input* del modello di produttività sono forniti da immagini MODIS giornaliere (per i costituenti marini otticamente attivi e la temperatura superficiale del mare) e da dati di radiazione fotosintetica (PAR) misurata da alcuni radiometri vicini alla linea di costa che delimita l'area di studio.

Per il ruolo fondamentale giocato dalla PAR nell'innescare e nella regolazione delle funzioni autotrofe delle popolazioni pelagiche, misure frequenti di radiazione discendente migliorano sensibilmente la stima della produzione primaria giornaliera.

In questo lavoro si utilizza un modello semianalitico di colore del mare sviluppato per le acque in studio ed applicato a dati MODIS Aqua (Maselli et al., 2008). Mediante una procedura di inversione del modello, calibrato con dati di verità a mare ricavati da una campagna di campionamenti eseguita nel 2003 e validati da misure a mare raccolte tra il 2004 e il 2006, si ottiene la distribuzione di clorofilla, presente nelle acque superficiali nell'area di studio.

Le mappe settimanali ottenute dall'elaborazione regionale dei dati, sono state anche confrontate con le stime standard di clorofilla, su otto giorni, distribuite dalla NASA e basate sull'algoritmo OC3M definito da O'Reilly et al., (2000). Quindi, mediante il modello di produzione primaria sono state prodotte alcune mappe giornaliere di PP nelle acque marine toscane.

Area di studio

L'area di studio comprende il settore orientale del Mar Ligure, a Nord, e la porzione settentrionale del Mar Tirreno, a Sud (Figura 1).

I rilievi a mare sono stati prevalentemente raccolti in una fascia compresa fra la punta settentrionale della Corsica ed il promontorio di Piombino sulla costa toscana. L'area di studio rappresenta una zona di transizione fra i due bacini (Ligure e Tirreno) che differiscono soprattutto per alcuni aspetti climatici e batimetrici.

Le correnti marine che determinano lo scambio delle acque fra i due bacini sono generalmente dirette verso il Mar Ligure, specialmente in inverno ed in primavera. Alcuni studi svolti nell'area antistante la Toscana mostrano le principali caratteristiche del ciclo annuale della biomassa fitoplanctonica (Lenzi Grillini e Lazzara, 1980; Innamorati et al., 1995).

Gli autori descrivono un ciclo con due massimi di fioritura algale, uno maggiore in primavera ed uno minore in autunno, così come spesso risulta anche dai dati satellitari pubblicati (Morel e André, 1991; Bricaud et al., 2002; Bosc et al., 2004). Solitamente intorno ad Aprile, una vasta fioritura algale si sviluppa nelle acque oceaniche del Mar Ligure occidentale, influenzando anche tutta la parte settentrionale dell'area di studio.

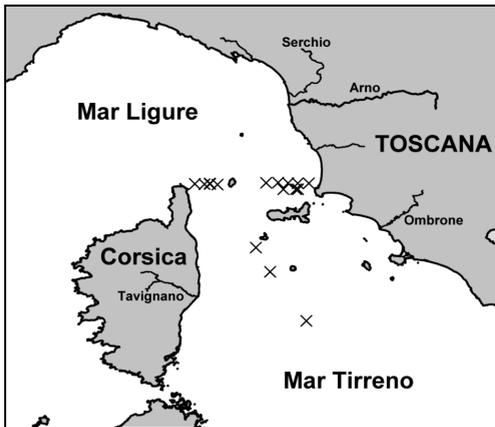


Figura 1 – Area di studio con indicate le stazioni di campionamento di clorofilla-*a*.

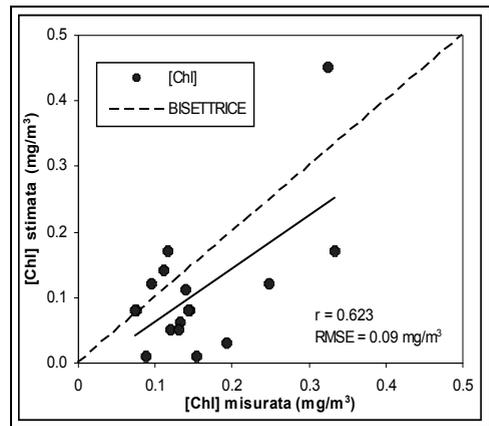


Figura 2 – Diagramma di dispersione dei valori di concentrazione di clorofilla-*a* misurati e quelli stimati dalla procedura descritta

Misure in mare di clorofilla (CHL)

I dati di concentrazione di clorofilla-*a*, raccolti in 17 stazioni di campionamento delle acque superficiali di largo tra maggio 2004 ed ottobre 2006, hanno permesso di validare il modello di stima delle concentrazioni dei costituenti marini a partire dalle riflettanze ottenute da dati satellitari MODIS Aqua contemporanei ai campionamenti nelle acque di largo. La misura della clorofilla è stata realizzata per via spettrofluorimetrica, come descritto in Lazzara et al., (1990) e modifiche successive (Lazzara et al., 1997).

Stime di CHL e SST da dati MODIS

Per la validazione del modello ottico, 4 immagini MODIS Aqua, di livello 2, simultanee ai 4 giorni di campionamento in mare sono state scaricate dal sito Ocean Color della NASA (oceancolor.gsfc.nasa.gov). Le immagini con risoluzione spaziale di 1 km circa contengono le radianze normalizzate (nLw) in 6 bande dello spettro del visibile. Le immagini sono state corrette geometricamente usando le informazioni geografiche contenute nei file hdf distribuiti dalla NASA. Partendo dalla radianza normalizzata (nLw), un prodotto standard dei dati MODIS, e dividendo per l'irradianza solare misurata al top dell'atmosfera relativa alle 6 bande spettrali del sensore MODIS Aqua si sono ricavate le riflettanze misurate da satellite. Infine, sono state estratte 17 firme spettrali dai pixel corrispondenti alle stazioni di campionamento.

Per ottenere la produzione primaria pelagica giornaliera dal modello qui proposto, sono state scaricate 7 immagini MODIS giornaliere nell'intervallo settimanale che contiene come quarto giorno della settimana quello di campionamento ed i dati di radianza normalizzata sono stati processati fino a ottenere le concentrazioni dei parametri ottici attivi, fra cui la clorofilla-*a*, tramite il modello ottico regionale. Le immagini delle concentrazioni dei costituenti marini ottenute sono state mascherate per la terra e la presenza di copertura nuvolosa utilizzando la flag OCEAN contenuta nei file hdf. Successivamente le 7 immagini sono state mediate per la presenza cospicua di pixel flaggati a causa di copertura nuvolosa e poi sottoposte ad un filtro cosmetico per eliminare le brusche variazioni di concentrazione dovute principalmente alla presenza di nuvole. Infine i prodotti finali sono stati degradati ad una maglia di 4 km circa.

Le riflettanze misurate da satellite sono state utilizzate per ottenere le concentrazioni [CHL], [SS] e [YS] tramite una procedura d'inversione di un modello semianalitico del colore del mare (Carder, 2003; Maselli et al., 2008). L'inversione è stata ottenuta utilizzando una tecnica di minimizzazione dell'errore tra misure di riflettanza e stime simulate dal modello. Il criterio di minimizzazione si

avvale di un algoritmo basato sul calcolo del coseno dell'angolo spettrale tra i vettori delle riflettanze stimate e di quelle simulate (*Spectral Angle Mapping*). Tale algoritmo è insensibile alle variazioni di ampiezza delle riflettanze misurate, che possono derivare da diversi fattori di disturbo (correzioni radiometriche ed atmosferiche non accurate, variabilità spaziale delle caratteristiche ottiche dei costituenti marini, ecc.).

In questo lavoro la procedura utilizzata per il calcolo delle concentrazioni dei parametri marini ed in particolare della clorofilla consente di identificare, a livello di ciascun pixel dell'immagine, il tipo di acqua (di largo o costiero) attribuendo opportuni intervalli di variazione dei parametri marini da stimare. Infatti, se le acque sono di caso 1, come quelle rappresentate dai campioni utilizzati in questo lavoro, mostrano bassi valori di clorofilla ed ancor più bassi valori di assorbimento di sostanza gialla e di sedimenti in sospensione. Viceversa, nelle acque di tipo costiero od in prossimità delle bocche fluviali si hanno concentrazioni dei costituenti marini molto più elevate (acque di caso 2).

Al fine di eseguire un confronto fra le concentrazioni di clorofilla-*a* ottenute dal modello ottico regionale ed i corrispondenti prodotti standard OC3M di livello 3, settimanali, con risoluzione di 4 km, anche questi ultimi sono stati scaricati dal sito Ocean Color per il periodo di studio.

Le immagini di livello 2 corrispondenti alla temperatura superficiale marina SST sono state elaborate fino a ottenere i valori settimanali di temperatura a una maglia di 4 km e confrontati con le immagini standard SST di 8 giorni, di livello 3 e con risoluzione di 4 km di lato.

Dati di radiazione fotosintetica (PAR)

La radiazione fotosintetica (PAR) è stata ottenuta da misure di radiazione solare globale. I dati di radiazione solare sono acquisiti, ogni 15 minuti dalle ore 00:00 alle ore 24:00, da 3 stazioni meteorologiche (Livorno, Piombino e Grosseto), archiviati in un database gestito dal LaMMA. La spazializzazione dei valori di PAR nell'area di studio è stata eseguita identificando le aree di influenza di ogni stazione meteo sulla base dei poligoni di Voronoi, mediante l'uso di un software GIS in commercio e di un algoritmo basato sull'inverso della distanza.

Calcolo della produzione primaria (PP)

Per valutare la produzione primaria pelagica giornaliera è stato utilizzato il modello semianalitico di Morel (1991). Il modello, che viene qui impiegato per la stima da dati satellitari della produzione primaria giornaliera ($\text{gC m}^{-2} \text{g}^{-1}$) lungo la colonna d'acqua fino alla profondità eufotica, rientra nella categoria dei *Wavelength Resolved Models* (WRMs). Unendo al modello di produzione di Morel, un modello atmosferico (Tanré et al., 1979) ed uno bio-ottico (Morel, 1988) si ottiene la stima della radiazione fotosintetica sulla superficie del mare e la sua attenuazione lungo la colonna d'acqua e, con una parametrizzazione dei principali processi fisiologici, si esegue il calcolo della produzione primaria partendo dalla distribuzione di biomassa algale. I principali *input* telerelevati utilizzati dal modello sono la concentrazione di clorofilla superficiale [CHL] e la temperatura superficiale del mare (SST), parametri ottenuti da dati MODIS. La temperatura superficiale del mare (SST), utilizzata insieme a profili di temperatura climatologici MODB (*Mediterranean Oceanic Data Base*) fornisce il profilo di temperatura nello strato eufotico.

La PAR, parametro essenziale per la stima della produzione primaria, essendo ricavata da misure *in situ* di radiazione solare globale non risente di eventuali errori legati alla applicazione di correzioni atmosferiche non appropriate, oltre a consentire una possibile valutazione della dinamica temporale. L'applicazione del modello avviene mediante l'esecuzione del programma PPCALC scritto in Fortran 77. Questo programma che necessita di un particolare file di *input* è in grado di lavorare solo su di un singolo pixel. L'estensione del processo di calcolo della produzione primaria, dal singolo pixel all'intera area di studio, avviene grazie all'utilizzo dello script Unix PPSAT appositamente ideato e scritto per questo tipo di utilizzo. Infatti, lo script Unix PPSAT partendo dai dati di clorofilla e temperatura superficiale telerelevati e dai dati di PAR delle tre stazioni meteo

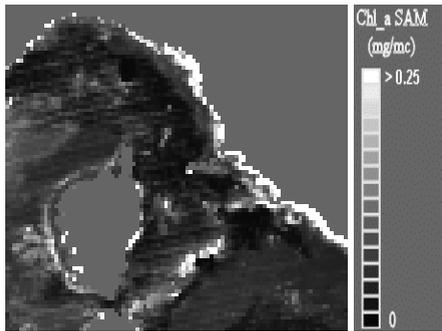


Figura 3 – Mappa CHL (settimanale) da modello ottico regionale

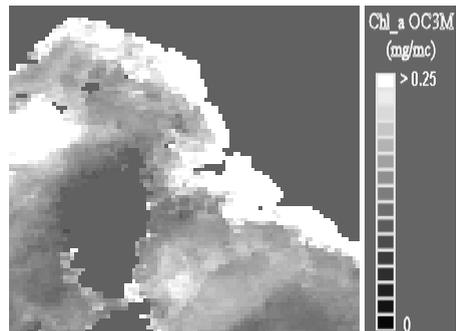


Figura 4 – Mappa CHL (8 giorni) da prodotto standard OC3M

LaMMA, utilizza reiteratamente il programma PPCALC per il calcolo della produzione primaria pelagica nell'area di studio.

Risultati e Conclusioni

Le stime di clorofilla-*a* ottenute dal modello ottico regionale sono confrontate con le corrispondenti misure raccolte a mare in Figura 2. In generale, si osserva una leggera sottostima dei valori di clorofilla ottenuti dal modello regionale per il *range* di valori misurati. Le concentrazioni medie su 8 giorni di clorofilla fornite dal modello ottico regionale e quelle ottenute dall'algoritmo OC3M sono mostrate in Figura 3 e 4. Come si può notare, le concentrazioni di clorofilla ottenute con il modello regionale, risultano quasi ovunque più basse di quelle ottenute dall'algoritmo OC3M, che è solito sovrastimare queste concentrazioni nel mare Toscano.

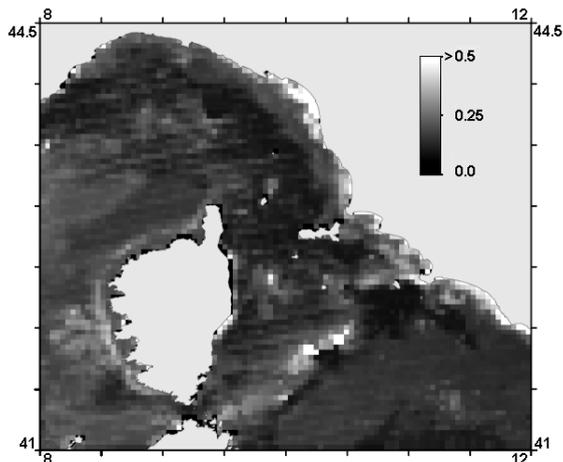


Figura 5 – Mappa di produzione primaria in $\text{gC m}^{-2} \text{g}^{-1}$ del 25-10-2006

Nella Figura 5 si riporta un esempio di mappa di produzione primaria giornaliera, prodotta dal modello qui presentato, per l'area in studio. Si osservano valori più elevati prevalentemente nelle acque neritiche continentali e a NE delle Bocche di Bonifacio. L'intera area esaminata presenta un valore medio (\pm ds) di $0.188 \text{ gCm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (± 0.097) che, pur compatibile con recenti valori di letteratura (Bosc et al., 2004), è considerevolmente inferiore ai valori calcolati per il mese di ottobre con algoritmi standard quali VGPM ed Eppley, rispettivamente di 0.512 e $0.387 \text{ gCm}^{-2}\text{g}^{-1}$ (web.science.oregonstate.edu/ocean.productivity).

Questi risultati mostrano come la metodologia presentata possa essere utilizzata per il monitoraggio operativo della produzione primaria del mare Toscano. Ulteriori ricerche sono dirette a migliorare le stime delle variabili di *input* del modello ([CHL], PAR, SST, ecc.) e a validare le simulazioni di PP tramite confronto con informazioni a mare esistenti o raccolte specificamente.

Bibliografia

- Bosc E., Bricaud A., Antoine D., (2004), "Seasonal and interannual variability in algal biomass and primary production in the Mediterranean Sea, as derived from 4 years of SeaWiFS observations", *Global Biogeochem. Cycles*, 18, GB1005, doi:10.1029/2003GB002034.
- Bricaud A., Bosc E. and Antoine D. (2002). "Algal biomass and sea surface temperature in the Mediterranean Basin. Intercomparison of data from various satellite sensors, and implications for primary production estimates." *Remote Sensing of Environment* 81: 163-178.
- Carder K.L., Chen F.R., Lee Z., Hawes S.K., Cannizzaro J.P., (2003), *Case 2 Chlorophyll_a, Algorithm and Case 2 Absorption Coefficient Algorithm*, ATBD (MOD 19), Version 7, College of Marine Science, University of South Florida, 140 Seventh Avenue S. St. Petersburg, Florida 33701.
- Colella S., Santoleri R., (2008), *Variabilità interannuale della produzione primaria nel Mar Mediterraneo: 8 anni di osservazioni SeaWiFS*, in *Clima e cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR*, a cura di Bruno Carli, Giuseppe Cavarretta, Michele Colacino, Sandro Fuzzi, 525-528; pubblicazione su web: Daniela Beatrice (www.dta.cnr.it).
- Innamorati M., Lazzara L., Nuccio C., Mori G., Massi L. (1995) Nutrienti biomassa e produzione fitoplanctonica nell'Alto Tirreno toscano. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem. serie A*, 102 (suppl.): 137-150.
- Lazzara L., Bianchi F., Falcucci M., Hull V., Modigh M. e Ribera D'Alcalà M. (1990) Pigmenti clorofilliani. *Nova Thalassia* 11 : 207-223.
- Lazzara L., Massi L., Nuccio C., Biondi N. e Innamorati M. (1997) Phytoplankton ecology: irradiance, particles, gilvin, pigments, absorption, fluorescence, production and species density in Terra Nova Bay, Ross Sea. *Nat. Progr. Ant. Res., ROSSMIZE 93-95, Data Rep., I* : 229-279.
- Lenzi Grillini C., Lazzara L., (1980), "Ciclo annuale del fitoplancton nelle acque costiere del Parco Naturale della Maremma, II. Flora e variazioni delle comunità," *Giorn. Bot. Ital.*, 114, 5, 199–215.
- Maselli F., Massi L., Pieri M., Santini C., (2008), "Spectral Angle Minimization for the Retrieval of Optically Active Seawater Constituents from MODIS Data", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* (in stampa).
- Mobley C.D., (1994), *Light and Water. Radiative Transfer in Natural Waters*, Academic Press, San Diego, USA.
- Morel A., (1988), "Optical modeling of the upper ocean in relation to its biogenous matter content (case 1 water)", *Journal of Geophysical Research*, 93, 10749–10768.
- Morel A., (1991), "Light and marine photosynthesis: a spectral model with geochemical and climatological implications", *Prog. Oceanog.*, 2, 263–306.
- Morel A. e André J.M. (1991) "Pigment distribution and primary production in the Western Mediterranean as derived and modeled from Coastal Zone Color Scanner observations." *Journal of Geophysical Research* 96(C7): 12685-12698.
- Nardello I., Marcelli M., Lazzara L., (2003), "Stime di biomassa e produzione primaria nel canale di sicilia, attraverso misure di fluorescenza in vivo della clorofilla-a", in: Casagrandi R. & Melià P. (Eds.) *Ecologia. Atti del XIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia* [online] <http://www.xiiicongresso.societaitalianaecologia.org/articles/Nardello-184.pdf>
- O'Reilly J.E., e 21 co-autori, (2000), *SeaWiFS Postlaunch Calibration and Validation Analyses*, Part 3. NASA Tech. Memo. 2000-206892, Vol. 11, S.B. Hooker and E.R. Firestone, Eds., NASA Goddard Space Flight Center, 49 pp.
- Tanré D., Herman M., Deschaps P.Y., De Lefèvre A., (1979), "Atmospheric modelling for space measurements of ground reflectances, including bidirectional properties", *Applied Optics*, 18, 3587–3594.

IL CONTROLLO DEI GNSS SYSTEMS IN REAL TIME KINEMATIC CON LE NUOVE NORME ISO 17123-8:2007

Lorenzo LEONE (*), Daniela LAUDANI FICHERA (**)
Marco LEONE (***), Giuseppe PULVIRENTI (****)

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale – Facoltà Ingegneria Catania
Viale Andrea Doria, 6 – 95100 Catania, telefono 0957382218, fax 0957382247, email: lleone@dica.unict.it
(**) Dottoranda Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale – Facoltà Ingegneria Catania
Viale Andrea Doria, 6 – 95100 Catania, telefono 3394986058, email: dlaudani@dica.unict.it
(***) Ingegnere libero professionista – Product Specialist CAD GIS
Piazza L. Ariosto, 29 – 95100 Catania, telefono 3485561399, email: ing.leone@gmail.com
(****) Cultore di materia – Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale – Facoltà Ingegneria Catania
Viale Andrea Doria, 6 – 95100 Catania, telefono 0957382218, 0957382247, email: ing.gpulv@tin.it

Sommario

Nel presente lavoro, sulla base di una serie di prove sperimentali, è stata eseguita un'analisi critica dei risultati e delle procedure operative per il controllo dei GNSS systems in RTK indicate dalle recenti norme ISO 17123-8, al fine di testarne l'applicabilità nell'ambito delle problematiche di controllo della strumentazione disponibile. Il tema di grande attualità, principalmente nei sistemi di gestione della qualità che richiedono la verifica programmata della strumentazione da utilizzare, consente di definire un approccio metodologico corretto per testare la precisione del sistema nella complessità delle condizioni operative. Al fine di verificare la possibilità di applicazione pratica delle procedure indicate dalle suddette norme, sono state eseguite delle prove sperimentali secondo le due procedure "simplified e full". Dall'esperienza diretta eseguita si è di fatto evidenziato la reale applicabilità delle stesse sia a livello operativo che di elaborazione dei test di verifica. Non essendo, inoltre, necessario disporre di uno specifico campo prova le procedure indicate risultano adeguate all'uso nella pratica professionale.

Abstract

In the present job, on the base of a series of experimental tests, a critical analysis of the results and the operational procedures has been performed for the control of the GNSSs systems in RTK pointed out by the recent norms ISO 17123-8, with the purpose to make a will its applicability within the problem list of control of the available instrumentation. The theme, of great actuality, mainly in the systems of management of the quality that ask for the verification programmed of the instrumentation by to use, it allows to define an approach methodological correct to make a will the precision of the system in the complexity of the operational conditions. With the purpose to verify the possibility of practical application of the procedures pointed by the aforesaid norms, you are been performed some experimental tests according to the two procedures "simplified and full". From the direct experience performed him it is of a done underlined the real applicability of the same is to operational level that of elaboration of the tests of verification. Not being, besides, necessary to have a specific "training job" the suitable procedures they result suitable to the use in the professional practice.

Le norme ISO 17123-8 e le problematiche di controllo della strumentazione disponibile

L'oggetto del presente lavoro è un'analisi critica delle procedure operative previste dalle norme ISO 17123-8 per il controllo dei GNSS Systems in RTK e dei relativi risultati conseguibili sulla base di una campagna di prove sperimentali. L'obiettivo è di testarne l'applicabilità nell'ambito delle problematiche di controllo della strumentazione disponibile nell'uso professionale e di ricerca. Il

tema si dimostra di grande attualità, principalmente nell'applicazione a livello aziendale di Sistemi di Gestione delle Qualità (SGQ), laddove si richiede una verifica test programmata della strumentazione posseduta da utilizzare, così da garantire definiti standard operativi in termini di precisione conseguibile e di affidabilità dei risultati ottenuti. Pertanto, la definizione di un approccio metodologico corretto per verificare la suddetta precisione del sistema rispetto a quella dichiarata, pur nella complessità delle differenti condizioni operative, costituisce di fatto l'aspetto più interessante del riferimento alle Norme ISO 1723. In tal senso, come già espresso in precedenti lavori, si auspica che la necessaria certificazione indicata nei Sistemi di Gestione della Qualità, possa di fatto riferirsi a procedure codificate a livello internazionale, come quelle indicate dalle norme ISO in oggetto, in modo tale da costituire la base comune per il controllo periodico del normale funzionamento della strumentazione. Nel caso in esame la Norma ISO 17123-8, pubblicata in forma definitiva in data 29/08/2007, appartiene alla famiglia delle Norme ISO 17123 che si occupano dei test di verifica previsti per le strumentazioni di rilievo. Altri lavori degli scriventi hanno avuto già per oggetto l'analisi dell'applicabilità delle procedure indicate dalle Norme ISO 17123-3:2001 ed ISO 17123-4:2001 per i teodoliti ed i distanziometri elettro ottici. Le conclusioni di tali studi hanno evidenziato che, per la tipologia delle grandezze da stimare, le procedure indicate sono risultate poco praticabili, se non facendo ricorso alla realizzazione di un "campo prova", opportunamente predisposto, ma di difficile attuazione e gestione. Invece le Norme ISO 17123-8 per il controllo dei sistemi GNSS in RTK, genericamente commentate e riscontrate in un precedente lavoro presentato in occasione di ASITA 2007, risultano sicuramente più praticabili, essendo necessaria una sola base da materializzare come riferimento per le prove sperimentali. D'altra parte la procedura proposta mira, nella consapevolezza della complessa influenza delle condizioni ambientali, di trasmissione dati e di ricezione satellitare, a indurre come prassi operativa di testare la strumentazione disponibile direttamente nell'area oggetto di rilievo. Non si rende quindi necessario un campo prova strutturato, ma è sufficiente per la creazione della base di riferimento l'uso della normale strumentazione topografica (misura di distanza e dislivello tra punti con precisione millimetrica).

Le prove sperimentali

Le prove sperimentali, da eseguire, come già espresso, possibilmente nell'area oggetto di futuro rilievo, senza ricorrere ad un vero e proprio campo prova, sono state programmate all'interno della Cittadella Universitaria di Catania ed all'esterno con diversi posizionamenti nell'ambito della stessa provincia. La scelta del sito della Cittadella Universitaria è stata ovviamente dettata dalle condizioni di accessibilità e dalla possibilità di utilizzare come stazione master la stazione permanente CT01-RTCM05 del nodo di Catania della rete di stazioni permanenti VRS Sicilia gestita dalla CGT di Palermo. In tale sito sono stati eseguiti tutti i test di verifica previsti dalle norme ISO 17123-8 per il sistema GNSS RTK, nella configurazione tradizionale che prevede la coppia di strumenti nelle funzioni di master/rover e dei quali si riportano i risultati conseguiti nel presente lavoro. Per l'estensione dei test ai rilievi RTK con appoggio ad una rete di stazioni permanenti, sono ancora in corso le misure programmate in diverse aree della provincia di Catania, scelti in funzione della configurazione della rete VRS Sicilia, utilizzata come riferimento. La strumentazione utilizzata nelle prove eseguite, in dotazione del Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università di Catania, è costituita da:

- Stazione Totale Trimble S6; Lettura di angoli risoluzione standard 1" – Misurazione della distanza precisione modo prisma standard $\pm(3\text{mm} + 2\text{ppm})$
- Ricevitore GPS Trimble 5800; rilevamento GPS Cinematico in tempo reale: orizzontale $\pm(10\text{mm} + 1\text{ppm})$ RMS, verticale $\pm(20\text{mm} + 1\text{ppm})$ RMS
- Stazione GPS Permanente CT01-RTCM05 (lat. $37^{\circ}31'33.58100''$ - Long. $15^{\circ}04'28.489002$ - H. 190.970m), ubicata nella Facoltà di Ingegneria dell'Università di Catania ed appartenente alla rete VRS Sicilia CGT/Assogeo ed avente le seguenti caratteristiche: Ricevitore GPS geodetico a doppia frequenza NetRS con Antenna modello Zephyr

La necessaria base di controllo indicata dalla norma ISO in oggetto di lunghezza compresa tra 2 e 20,000 m., da misurare con “precisione millimetrica”, è stata materializzata in un’area a parcheggio della città universitaria, facilmente accessibile e libera da ostacoli. Per maggiore approfondimento nella valutazione dei risultati, invece di una sola base di riferimento, si è preferito operare su tre punti prefissati, in modo da disporre comunque di due tratti di lunghezze

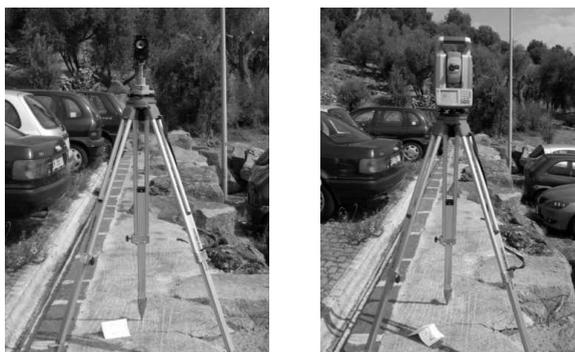


Figura 01: Strumentazione per l'esecuzione delle misure di riferimento

vicine ai valori limiti indicate dalla norma in direzione pressoché ortogonale. Eseguite le misure con l’uso della Stazione Totale stazionando sui tre punti, e dopo il classico rigoroso trattamento dei dati, sono state determinate con la precisione richiesta le distanze e i dislivelli da assumere come riferimento. Determinate le basi di riferimento, si è proceduto all’esecuzione dei test nelle due modalità previste “semplificata e “completa”. In particolare si è partiti da quella semplificata utilizzando la strumentazione GPS disponibile con la normale attrezzatura a corredo prevista per il rilevamento in RTK così da operare conformemente alla indicazioni tecniche fornite dalle case costruttrici per il raggiungimento delle precisioni dichiarate e quindi attese.

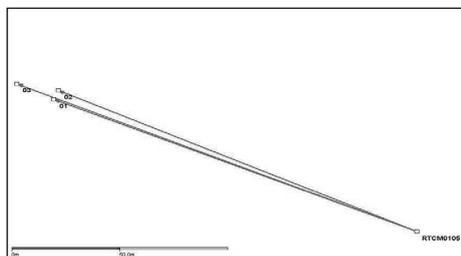


Figura 02: Tracciamento vettori rilievo GPS in esecuzione RTK

Base rif.	Distanza m	Dislivello m
1-2	5.391	0.054
2-3	19.471	0.265
1-3	19.209	0.319

Limitatamente alla procedura semplificata, è stato eseguito il test anche utilizzando l’appoggio alla rete VRS Sicilia, gestita dalla CGT di Palermo. La strumentazione utilizzata infatti di tipo integrato,



Figura 03: Strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle prove

consente di potere operare sia in modalità RTK classica, sia di poter gestire dati RTCM attraverso un collegamento GSM o Lan e quindi di poter ricevere in tempo reale le correzioni da una stazione master virtuale ubicata in prossimità della stessa. Nella modalità semplificata, come indicato dalle stesse norme, è stata eseguita una sola serie di misure costituita da 5 set di misure intervallati ognuno di 5 minuti per complessivi 25 minuti in modo tale da tenere conto della “variazione di ciclo di una tipica influenza multipath che è di quasi 20 minuti”.La conseguente verifica sulla base dei dati ottenuti risulta abbastanza immediata in quanto valutati gli scarti delle grandezze dai valori di riferimento basta riscontrare il rispetto delle seguenti disuguaglianze :

$$|e_{Di,j}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_{xy} \quad [1]$$

$$|e_{hi,j}| \leq 2,5 \times \sqrt{2} \times s_h \quad [2]$$

dove s_{xy} ed s_h sono i valori della deviazione standard predeterminata attraverso la procedura completa o in base ai valori indicati dal costruttore.

Nel caso in esame, nonostante i valori di deviazione standard siano stati successivamente determinati con lo sviluppo della procedura completa, si sono adottati come riferimento iniziale, quelli dedotti dalle specifiche tecniche indicate dal costruttore. In tal senso i valori di s_{xy} ed s_h , calcolati a partire dalle precisioni di posizionamento orizzontale e verticale delle specifiche tecniche in modalità RTK, sono stati determinati in: $s_{xy} = +/-15\text{mm}$ ed $s_h = +/-28\text{mm}$.

Nella tabella che segue sono riportati quindi, nel caso della procedura semplificata, i valori di riferimento del range entro cui dovranno ricadere gli scarti sulle misure in orizzontale e verticale.

Limiti Rel. n°[1] e [2]	$S_{xy}(mm)$	$S_h(mm)$
	+/- 53	+/- 99

Fig. 04: Tabella dei limiti per ciascun scarto

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'elaborazione della procedura semplificata in modalità RTK classica e VRS. In entrambi i casi gli scarti rispetto ai valori di riferimento sono risultati ampiamente contenuti entro i limiti determinati. Ciò ha di fatto escluso la presenza di eventuali errori grossolani, senza la possibilità di eseguire valutazioni di tipo statistico.

PROCEDURA SEMPLIFICATA MODALITA' RTK

D* rif.	Base	Set j = 1		Set j = 2		Set j = 3		Set j = 4		Set j = 5		Limiti
		Dj	ε Dij									
5,391	1-2	5,384	-7	5,368	-23	5,387	-4	5,385	-6	5,388	-3	+/-53mm
19,209	1-3	19,187	-22	19,196	-13	19,210	1	19,193	-16	19,197	-12	+/-53mm
19,471	2-3	19,464	-7	19,448	-23	19,476	5	19,468	-3	19,464	-7	+/-53mm
Δh* rif.	Base	Δh* j	ε hij	Limiti								
0,054	Dis1-2	0,028	-26	0,044	-10	0,084	30	0,082	28	0,059	5	+/-99mm
0,319	Dis1-3	0,290	-29	0,304	-15	0,331	12	0,336	17	0,315	-4	+/-99mm
0,265	Dis12-3	0,262	-3	0,258	-7	0,248	-17	0,254	-11	0,256	-9	+/-99mm

PROCEDURA SEMPLIFICATA MODALITA' RTK-VRS

D* rif.	Base	Set j = 1		Set j = 2		Set j = 3		Set j = 4		Set j = 5		Limiti
		Dj	ε Dij									
5,391	Dist1-2	5,389	-2	5,378	-13	5,378	-13	5,36	-31	5,391	0	+/-53mm
19,209	Dist1-3	19,189	-20	19,202	-7	19,196	-13	19,194	-15	19,194	-15	+/-53mm
19,471	Dist2-3	19,449	-22	19,457	-14	19,446	-25	19,472	1	19,472	1	+/-53mm
Δh* rif.	Base	Δh* j	ε hij	Limiti								
0,054	Dis1-2	0,024	-30	0,054	0	0,062	8	0,038	-16	0,035	-19	+/-99mm
0,319	Dis1-3	0,302	-17	0,312	-7	0,344	25	0,305	-14	0,327	8	+/-99mm
0,265	Dis12-3	0,253	-12	0,259	-6	0,282	17	0,290	25	0,289	24	+/-99mm

Nella procedura completa il rilievo GPS è stato eseguito solo in modalità RTK classica ed in particolare sono state effettuate 3 serie di misure intervallate da un periodo di 90 minuti così da tenere presente le influenze dovute alle variazioni della configurazione dei satelliti e delle condizioni ionosferiche e troposferiche

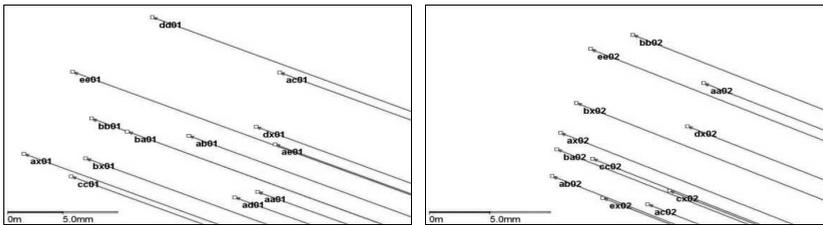


Fig 06: Semina dei punti 1) e 2) derivati dalla procedura completa in esecuzione RTK

Con riferimento a quest'ultima procedura, i dati ottenuti sono stati sviluppati, secondo le indicazioni fornite dalla stessa norma ISO, in modo tale da determinare le deviazioni standard sperimentali, secondo le relazioni:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum r_x^2}{v_x}} \quad s_y = \sqrt{\frac{\sum r_y^2}{v_y}} \quad s_h = \sqrt{\frac{\sum r_h^2}{v_h}} \quad [3]$$

dove r_x , r_y ed r_h sono gli scarti che intercorrono tra le coordinate N,E,H dei singoli punti di controllo ed i corrispettivi valori medi determinati sulla base delle 15 misure effettuate, mentre:

$v_x = v_y = v_h = (m \times n - 1) \times p = 28$ sono i gradi di libertà del sistema ($m=3$; $n=5$; $p=2$)

PROCEDURA COMPLETA MODALITA' RTK

1°serie

D* rif.	Base	Set j = 1		Set j = 2		Set j = 3		Set j = 4		Set j = 5		Limiti
		Dj	ε Dij									
5,391	Dist1-2	5,397	6	5,380	-11	5,371	-20	5,376	-15	5,371	-20	+/-40mm
19,209	Dist1-3	19,204	-5	19,192	-17	19,206	-3	19,205	-4	19,199	-10	+/-40mm
19,471	Dist2-3	19,468	-3	19,459	-12	19,473	2	19,453	-18	19,467	-4	+/-37mm
Δh* rif.	Base	Δh* j	ε hij	Limiti								
0,054	Disl1-2	0,054	0	0,051	-3	0,060	6	0,045	-9	0,056	2	+/-33mm
0,319	Disl1-3	0,318	-1	0,325	6	0,319	0	0,316	-3	0,319	0	+/-34mm
0,265	Disl2-3	0,264	-1	0,274	9	0,258	-7	0,271	6	0,263	-2	+/-26mm

2°serie

D* rif.	Base	Set j = 1		Set j = 2		Set j = 3		Set j = 4		Set j = 5		Limiti
		Dj	ε Dij									
5,391	Dist1-2	5,385	-6	5,398	7	5,391	0	5,384	-7	5,391	0	+/-40mm
19,209	Dist1-3	19,202	-7	19,194	-15	19,202	-7	19,203	-6	19,195	-14	+/-40mm
19,471	Dist2-3	19,467	-4	19,468	-3	19,475	4	19,461	-10	19,469	-2	+/-37mm
Δh* rif.	Base	Δh* j	ε hij	Limiti								
0,054	Disl1-2	0,065	11	0,069	15	0,042	-12	0,069	15	0,078	24	+/-33mm
0,319	Disl1-3	0,326	7	0,330	11	0,312	-7	0,340	21	0,352	33	+/-34mm
0,265	Disl2-3	0,261	-4	0,261	-4	0,269	4	0,271	6	0,276	11	+/-26mm

3°serie

D* rif.	Base	Set j = 1		Set j = 2		Set j = 3		Set j = 4		Set j = 5		Limiti
		Dj	ε Dij									
5,391	Dist1-2	5,392	1	5,394	3	5,384	-7	5,386	-5	5,363	-28	+/-40mm
19,209	Dist1-3	19,193	-16	19,205	-4	19,202	-7	19,208	-1	19,184	-25	+/-40mm
19,471	Dist2-3	19,464	-7	19,475	4	19,479	8	19,475	4	19,476	5	+/-37mm
Δh* rif.	Base	Δh* j	ε hij	Limiti								
0,054	Disl1-2	0,054	0	0,029	-25	0,058	4	0,042	-12	0,056	2	+/-33mm
0,319	Disl1-3	0,308	-11	0,317	-2	0,333	14	0,303	-16	0,307	-12	+/-34mm
0,265	Disl2-3	0,255	-10	0,288	23	0,275	10	0,261	-4	0,251	-14	+/-26mm

Successivamente sono state calcolate le “ISO standard deviations” $s_{\text{ISO_GNSS RTK}_{xy}}$ e $s_{\text{ISO_GNSS RTK}_h}$ in funzione di s_x , s_y ed s_h , come riportato ed indicate in fig. 05:

$$s_{\text{ISO_GNSS RTK}_{xy}} = \sqrt{(s_x^2 + s_y^2)} \quad [4]$$

$$s_{\text{ISO_GNSS RTK}_h} = s_h \quad [5]$$

Base di rif.	SISO_GNSS RTK _{xy}	Limiti Rel.n.1	SISO_GNSS RTK _h	Limiti Rel.n2
1 - 2	11.19	+/- 40mm	9.30	+/- 33mm
2 - 3	10.39	+/- 37mm	7.37	+/- 26mm
1 - 3	11.37	+/- 40mm	9.59	+/- 34mm

Fig.05: Tabella delle deviazioni standard sperimentali

Ottenuti i valori delle “ISO standard deviations”, è possibile quindi eseguire i seguenti test statistici, che, di fatto, costituiscono la verifica strumentale perseguita in termini di precisione e riproducibilità delle misure:

- *Quesito A)* Verificare se la deviazione standard sperimentale $s_{\text{ISO_GNSS RTK}_{xy}}$ è minore o uguale al valore indicato dal costruttore o ad un prefissato valore di σ_{xy} .
- *Quesito B)* Verificare se la deviazione standard sperimentale $s_{\text{ISO_GNSS RTK}_h}$ è minore o uguale al valore indicato dal costruttore o ad un prefissato valore σ_h .

L'analisi e lo sviluppo dei valori ricavati nello svolgimento della procedura completa sono riassunti nella tabella in precedenza riportata. Anche in questo caso notiamo come le differenze che intercorrono con le basi di riferimento rientrano nelle tolleranze stabilite. La verifica dei test statistici A) e B) è riportata nella tabella seguente considerando quale valori assoluti della deviazione standard quelli indicati dal costruttore. ($\sigma_{xy}=15\text{mm}$, $\sigma_h=28\text{mm}$)

Basi di Rif.	1 - 2	1 - 3	2 - 3
Quesito A	$11.19 \leq 15$	$11.37 \leq 15$	$10.39 \leq 15$
Quesito B	$9.30 \leq 28$	$9.59 \leq 28$	$7.37 \leq 28$
Esito	Positivo	Positivo	Positivo

La procedura completa nella modalità sopra indicata, è stata successivamente ripetuta in un differente periodo, per rispondere ai quesiti di tipo C) e D) della norma. I valori delle misure non vengono riportati per brevità, ma anche per questi test, i risultati sono da considerarsi positivi.

Conclusioni

L'applicazione diretta delle procedure operative previste dalla norma ISO 17123-8:2007, ha messo in risalto una metodologia operativa sufficientemente semplice e quindi adeguata all'uso nella pratica professionale. L'esecuzione di tali prove può quindi essere utilizzata per le verifiche programmate della strumentazione disponibile in modo tale da certificarne, ai fini di una corretta applicazione di un Sistema di Qualità, la rispondenza agli standard di precisione indicati dal costruttore. Ai fini professionali le metodologie trattate possono essere utili al tecnico per testare la reale precisione della propria strumentazione conseguibile nell'area oggetto di rilievo. La procedura semplificata, occupando un tempo di esecuzione notevolmente ridotto (circa 30 minuti), si presta

meglio ad una più semplice ed agevole operazione di generale verifica strumentale. L'esecuzione, invece, della prova completa, risulta più impegnativa ma se, opportunamente pianificata, non dovrebbe superare le cinque ore per i test statistici A) e B), alle quali si aggiunge la tempistica legata alla determinazione della base di riferimento. Prova da ripetere in un periodo successivo, per i test statistici C) e D). A livello di valutazione dei risultati conseguiti nelle prove eseguite, risulta confermata l'ottimo posizionamento ottenuto sia planimetrico ed altimetrico ampiamente entro i limiti di precisione attesi indicati dalla case costruttrici.

Bibliografia

- ISO 17123-8:2007 "Optics and Optical Instruments. Field procedures for testing geodetic and instruments - Part 8: GNSS field measurement system in real time kinematic (RTK)."
- Dardanelli G., Franco V., Lo Brutto M. (2007), "La rete sperimentale di stazioni permanenti GNSS della Sicilia Occidentale per il posizionamento in tempo reale", *Atti Convegno Nazionale SIFET*
- De Agostino M., Manzano A., Roggero M. (2007), "Repertorio delle stazioni GNSS in Italia, controllo di qualità e monitoraggio dei dati", *Atti Convegno Nazionale SIFET*.
- Leone L., Laudani Fichera D. (2007), "Analisi e valutazione delle "Field Procedures" per il controllo dei GNSS Systems in RTK nell'ambito delle nuove norme ISO17123-8", *Atti 11 Conferenza Nazionale ASITA*
- Leone L., Laudani Fichera D. (2005), "I test di verifica previsti dalle norme ISO 17123 per le strumentazioni elettroniche di rilievo topografico", *Atti Convegno Nazionale SIFET*

LE BANCHE DATI GEOGRAFICHE PER LA GESTIONE DELLA MOBILITÀ E DELLA SICUREZZA STRADALE

Lorenzo LEONE (*), Daniela LAUDANI FICHERA (**),
Patrizia SPICUZZA (***)

(*) Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale – Facoltà Ingegneria Catania
Viale Andrea Doria, 6 – 95100 Catania, telefono 0957382218, fax 0957382247, email: lleone@dica.unict.it
(**) Dottoranda Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale – Facoltà Ingegneria Catania
Viale Andrea Doria, 6 – 95100 Catania, telefono 3394986058, email: dlaudani@dica.unict.it
(***) Architetto Libero Professionista – Dott.ssa Master, via Vittorio Veneto n. 27 – 95018 Riposto (CT)
telefono 3473772455, email: patrizia.spicuzza@tiscali.it

Sommario

Nel campo della mobilità di persone e merci in condizioni di sicurezza, gli “Intelligent Transport Systems”, intesi come l’insieme delle procedure informatiche e dei dispositivi basati sulle più recenti potenzialità comunicative della telematica, rispondono in forma sempre più esaustiva alla risoluzione delle complesse problematiche dei trasporti e della sicurezza stradale.

Questa positiva evoluzione è legata oltre che alla crescente installazione di nuovi dispositivi e sistemi lungo le infrastrutture stradali e sugli stessi mezzi di trasporto, anche alla possibilità di disporre di Banche Dati Territoriali sempre più complete ed aggiornate da utilizzare nei sistemi GIS di gestione più complessi.

Sull’analisi delle più significative esperienze su tale settore e sulle relative problematiche e norme vigenti, è stata già data comunicazione in precedenti lavori, da cui è scaturita anche la proposta di una B.D., sempre a carattere generale, ma già orientata alle applicazioni stradali (B.D.S.), mirata anche ai sistemi ITS.

Per queste ultime applicazioni è stato formulato un nuovo strato informativo, denominato “ITS/traffico e mobilità”, definito sempre secondo le modalità indicate da Intesa GIS, per assicurarne il carattere di standardizzazione. Nel presente lavoro viene evidenziata in tal senso la strutturazione per ogni tema del nuovo strato, riportando per ciascun tema la classe di informazioni più significativa con i relativi attributi, nonché le istanze degli stessi attributi e le relative estensioni.

L’aggiornamento o l’adattamento di tale B.D. a specifici ITS, potrà così essere attuato solo attraverso l’eventuale implementazione in una strutturazione già costituita, di nuovi dispositivi che si rendessero disponibili o necessari, da inserire tra gli attributi delle classi di riferimento proposte.

Abstract

In the field of the mobility of people and commodities under safety conditions, "Intelligent Transport Systems", understood as the whole of the computer procedures and the devices based on the most recent communicative potentialities of the telematics, respond more and more in exhaustive form to the resolution of the complex problem list of the transports and the road safety. This positive evolution is tied up over that to the increasing installation of new devices and systems along the road infrastructures and on the same means of transport, also to the possibility to have more and more Territorial Banks Dati complete and adjourned by to use in the systems more complex GIS of management. On the analysis of the most meaningful experiences on such sector and on the relative problem list and laws in force, communication has been given in already precedents jobs, from which the proposal of a B.D also has sprung, always to general character, but

already directed to the road applications (B.D.S.), also aimed at the ITS systems. For these last applications a new informative layer, denominated "ITS/traffico and mobility", has been formulated always defined according to the formalities pointed out from Intesa GIS, to assure its character of standardization. In the present job is underlined in such sense the structure for every theme of the new layer, bringing for every theme the more meaningful class of information with the relative attributes, as well as the appeals of the same attributes and the relative extensions.

The updating or the adaptation of such B.D. to specific ITS, can happened only through the possible implementation in a structure already constituted, of new devices that were made available or necessary to be inserted among the attributes of the classes of reference proposed.

La gestione della mobilità e della sicurezza stradale

L'esigenza sempre più diffusa di mobilità di merci e persone che ha caratterizzato questi ultimi decenni, ha compromesso inevitabilmente ambiente, produttività e sicurezza dei trasporti. Si manifesta, dunque, sempre più pressante la ricerca di soluzioni a supporto di una mobilità sostenibile. Gli "Intelligent Transport Systems", fondati sull'interazione fra informatica, telecomunicazioni e multimedialità, rispondono a tali esigenze, sviluppando soluzioni innovative sempre più efficienti nel campo della mobilità di persone e merci.

Gli ITS, infatti, mediante un insieme di procedure informatiche e di particolari dispositivi di monitoraggio e segnalazione, raccolgono, elaborano e distribuiscono informazioni, permettendo di ottimizzare la mobilità in tutti i suoi aspetti. Le soluzioni ITS si differenziano principalmente in base alle tecnologie adottate per l'acquisizione, la trasmissione e l'elaborazione dei segnali, e prevedono l'utilizzo di sistemi di localizzazione satellitare o con trasmissione a corto raggio.

Tali sistemi riguardano un'ampia gamma di servizi e mirano essenzialmente a vari obiettivi, tra cui l'aumento della sicurezza, l'incremento dell'efficienza e dell'accessibilità delle reti, la crescita della competitività del trasporto pubblico urbano, il miglioramento della qualità dell'ambiente urbano, lo sviluppo dei sistemi di mobilità sostenibile, la razionalizzazione delle catene logistiche e dei processi distributivi, l'ottimizzazione delle infrastrutture esistenti.

Come già riportato in un precedente studio proposto al Convegno SIFET 2008, la Commissione Europea ha classificato come ITS i seguenti sistemi: la gestione del traffico e della mobilità, l'informazione all'utenza, la gestione del servizio Pubblico, la gestione delle flotte e del trasporto merci, il pagamento automatico, il controllo avanzato del veicolo e la navigazione, la gestione delle emergenze e degli incidenti. Per quanto riguarda la gestione del traffico e della mobilità, con particolare attenzione alla sicurezza stradale, i sistemi ITS più diffusi tendono, in genere, a risolvere i problemi fisiologici legati all'uso stesso delle reti stradali, come la congestione durante le ore di punta, gli itinerari critici e le condizioni di emergenza. Ulteriore obiettivo è la migliore regolazione sia delle interruzioni fisiche del deflusso, tipo le intersezioni semaforizzate e il pagamento del pedaggio, sia delle interruzioni legate ad eventi critici quali incidenti, cantieri, precipitazioni, manifestazioni ed eventi meteorici.



Figura 1: Sistema di gestione della mobilità



Figura 2: Video sorveglianza del traffico

I dispositivi maggiormente utilizzati per la raccolta delle informazioni e per l'eventuale relativa gestione (centrali operative, strumenti di previsione, attivazione soccorsi, organizzazione interventi e comunicazione agli utenti, ecc.) sono i sensori di monitoraggio, le videocamere, le spire

magnetiche, il telepedaggio, il pagamento elettronico delle tariffe di parcheggio e dei biglietti ferroviari, ecc., mentre per la comunicazione agli utenti delle informazioni necessarie vengono normalmente utilizzati pannelli a messaggio variabile, sistemi di regolazione semaforica, comunicazione diretta su telefonia mobile. Nella maggior parte delle esperienze applicative più significative in cui vengono gestite informazioni complesse, eterogenee ed in continuo aggiornamento, si utilizzano veri sistemi informativi basati su banche dati territoriali opportunamente strutturate.

L'obiettivo della presente ricerca è stato quello di individuare, sulla scorta di un ampio approfondimento su tali problematiche, gli elementi da inserire in una generica BD mirata alle applicazioni ITS, nei termini della standardizzazione vigente.

Recenti dati forniti dalla C.E. rivelano che i paesi dell'Unione che applicano maggiormente i sistemi ITS hanno raggiunto l'aumento di circa il 10% della capacità della rete, del 20% in termini di riduzione dei tempi di spostamento, del 15% ai fini del miglioramento della sicurezza e del 10% nell'ottica della riduzione delle emissioni inquinanti. Di fatto, però, risultano in corso di sviluppo principalmente le applicazioni sui veicoli, mentre quelle relative alla rete sono scarsamente impiegate a causa di diverse criticità che ostacolano tuttora il pieno sviluppo degli ITS.

Proposta di una Banca Dati Geografica orientata ai problemi della mobilità e della sicurezza stradale

Le principali applicazioni ITS per la gestione della mobilità e della sicurezza stradale necessitano di una banca dati geografica continuamente aggiornata, specificatamente orientata a tali problematiche. In un precedente studio, proposto al Convegno SIFET 2008, e di cui la presente nota costituisce ulteriore sviluppo e aggiornamento, sono stati analizzati i principali sistemi ITS e le BD disponibili in tale settore. Da tali approfondimenti, sulla base della strutturazione proposta da Intesa GIS, sono state così individuate nuove specifiche classi ed attributi all'interno di un nuovo strato informativo denominato "ITS/traffico e mobilità", relativo sempre ai sistemi che utilizzano dispositivi ubicati in forma stabile nelle infrastrutture esistenti, e di cui, per chiarezza, si riporta di seguito lo schema sintetico.

STRATO	TEMI	CLASSI
ITS/traffico e mobilità	Sistemi di monitoraggio del traffico	Stazioni di rilevamento del traffico Telepedaggio
	Sistemi di monitoraggio delle condizioni ambientali	Stazioni di monitoraggio meteo
	Sistemi di controllo del traffico	Impianti semaforici collegati a sensori pedonali, radar, etc... Dissuasori di velocità
	Sistemi di informazioni agli utenti	Sistemi di preallarme e di ausilio alla guida

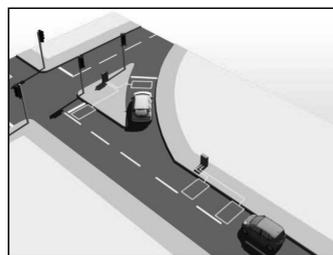


Figura 3 - Strato integrativo per una B.D.S di supporto agli ITS

Figura 4 - Rilevamento traffico

Nell'ambito di detto strato, all'interno dei diversi temi, per ogni classe sono state specificate la componente spaziale, attributi ed istanze. Per la componente spaziale tutti gli elementi appartenenti al nuovo strato "ITS" proposto, saranno georiferiti in forma puntuale "GU_POINT 3D", secondo prestabiliti criteri da seguire per la determinazione del punto in funzione delle singole attrezzature.

Nel presente lavoro, a titolo esemplificativo e per brevità di esposizione, si riporta di seguito la schematizzazione degli attributi e delle istanze limitatamente ad una classe per ciascun tema. Per certe istanze è stata anche inserita un'ulteriore sottoclasse, denominata "Estensione dell'istanza", per disporre dei dati di monitoraggio in continuo aggiornamento, che costituiscono l'elemento di riferimento essenziale nell'ambito degli ITS.

Il tema “Sistemi di monitoraggio del traffico” comprende quei sistemi composti da stazioni di rilevamento poste sull’infrastruttura stradale, che inviano i dati acquisiti alla centrale operativa dell’Ente Gestore della strada mediante collegamenti radio, GSM, linea telefonica ecc. e in aggiornamento predefinito all’eventuale GIS gestionale (B.D.S./ITS).

Per la classe “Stazioni di rilevamento del traffico” sono stati indicati come istanze dell’attributo “categoria” i principali dispositivi utilizzati per le operazioni di monitoraggio del traffico.

A seconda della tipologia dei dati da rilevare sono disponibili attrezzature di tipo diverso di cui di seguito viene fornita una descrizione sintetica di carattere generale, nella consapevolezza della molteplicità di tipi presenti sul mercato:

- spire induttive annegate nel manto stradale, costituite da un conduttore elettrico fatto scorrere per tre o quattro giri all’interno di un taglio eseguito nello stesso manto, successivamente sigillato con del materiale adatto. Un apposito circuito residente nell’apparecchiatura elettronica, favorisce la creazione di un campo elettromagnetico in una semisfera (chiamata “zona di rilevamento”) intorno alla spira. Nel momento in cui il veicolo entra all’interno di tale zona, la sua massa metallica altera la caratteristica del campo elettromagnetico e viene quindi captato dal circuito interno al rilevatore;

- sensori radar, generalmente operanti nella banda delle microonde (> 1 GHz), che emettono energia verso l’ambiente circostante, e ricavano informazioni su tale ambiente analizzandone l’eco di ritorno. La maggior parte dei radar sono del tipo cosiddetto monostatico, cioè hanno il trasmettitore ed il ricevitore fisicamente uniti in un unico apparato : di converso sono possibili radar bistatici o multistatici, in cui vi sono un trasmettitore ed uno o più ricevitori fisicamente separati. I radar più comunemente impiegati sono del tipo ad impulsi. L’effetto Doppler è ampiamente sfruttato da svariati tipi di radar per estrarre, anche informazioni sulla velocità radiale dei bersagli;



Figura 5 - Radar

- sensori e telecamere digitali, si basano attualmente sulla tecnologia CCD oppure sulla tecnologia CMOS. Entrambi i tipi utilizzano il silicio, hanno proprietà simili e funzionano convertendo la luce che li colpisce (fotoni) in carica elettrica (elettroni) in maniera simile a quanto avviene nelle celle solari. Il sensore ha generalmente forma rettangolare e dimensioni variabili. Un sensore di immagine digitale è essenzialmente un chip di silicio in grado di catturare e misurare la luce, ovvero la quantità di fotoni che lo raggiungono.

CLASSE	ATTRIBUTI DELLA CLASSE	ISTANZE DEGLI ATTRIBUTI		ESTENSIONE DELLE ISTANZE
Stazioni di rilevamento del traffico	Categoria	Sensori multifunzione Sensori per rilevamento veicoli Spire Telecamere		Valori rilevati aggiornati ad intervalli prestabiliti tramite collegamento alle centraline di raccolta dati
	Tipo	Induttivi Radar A visione digitale		Marca
	Funzionamento	Continuo Discontinuo A tempo		
	Ambito utilizzo	Urbano Extraurbano Autostradale		
	Sede	A raso Su ponte Su viadotto	Su cavalcavia In galleria In sottopassaggio	
	Stato	In esercizio In fase di attivazione In disuso		



Figura 6: Sensori digitali

Figura 7: Attributi ed istanze della classe "Stazioni di rilevamento del traffico"

Nel tema "Sistemi di monitoraggio delle condizioni ambientali", per la classe "Stazioni di monitoraggio meteo" sono stati fissati quali istanze dell'attributo "categoria" i dispositivi di monitoraggio meteo di più largo impiego tra cui:

- sensori per la rivelazione della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria, opportunamente schermati per mezzo di vari dischi concentrici, sovrapposti, di materiale resistente ai raggi ultravioletti;
- pluviometri per la rivelazione di presenza/assenza di precipitazioni realizzati con un sistema a bascula supportata, dotati di triplo sistema di riscaldamento elettronico;
- sensori per l'intensità e la direzione del vento, costituiti normalmente da due strumenti diversi: il primo misura la velocità del vento mediante una girante a coppe, mentre il secondo misura la direzione del vento mediante una banderuola verticale;
- sensori per la temperatura del suolo posizionati solitamente secondo un preciso schema. Il primo, dotato di protezione contro l'irradiazione solare diretta, viene posto a circa 5 cm di altezza da terra su suolo erboso, e gli altri tre a diverse profondità nel sottosuolo;
- piranometri per la misura della radiazione globale, basati sulla differenza di temperatura misurata da elementi termoelettrici;
- sensori per la pressione atmosferica, di tipo capacitivo, costituiti da una membrana sensibile di silicio montata su una piastra che viene deformata dalle variazioni di pressione, senza isteresi;
- sensori per il rilevamento della nebbia, composti da un emettitore a raggi infrarossi e da un ricevitore che, in funzione della presenza di gocce d'acqua in sospensione nell'atmosfera, riceve una quantità maggiore o minore di raggi riflessi.

CLASSE	ATTRIBUTI DELLA CLASSE	ISTANZE DEGLI ATTRIBUTI		ESTENSIONE DELLE ISTANZE
Stazioni di monitoraggio meteo	Categoria	Sensori temperatura e umidità Sensore nebbia Sensore vento Sensore temperatura del suolo e stato della superficie della pavimentazione Sensore pressione atmosferica Pluviometri Piranometri		Valori rilevati aggiornati ad intervalli prestabiliti tramite collegamento alle centraline di raccolta dati
	Tipo	Induttivi Digitali Altro		Marca
	Funzionamento	Continuo Discontinuo A tempo		
	Ambito utilizzo	Urbano Extraurbano Autostradale		
	Sede	A raso Su ponte Su viadotto	Su cavalcavia In galleria In sottopassaggio	
	Stato	In esercizio In fase di attivazione In disuso		



Figura 8: Sensore T e U



Figura 9: Sensori vento

Figura 10: Attributi ed istanze della classe "Stazioni di monitoraggio meteo"

Nel tema "Sistemi di controllo del traffico" per

la classe "Dissuasori di velocità" sono stati indicati come istanza dell'attributo "categoria" pannelli luminosi alfanumerici con display generalmente a led, con regolazione automatica dell'intensità luminosa, che visualizzano o la sola velocità rilevata, o quest'ultima con un messaggio variabile a seconda del limite prestabilito, collegati a sensori ad alta precisione per la rivelazione della velocità dei veicoli in transito.

CLASSE	ATTRIBUTI DELLA CLASSE	ISTANZE DEGLI ATTRIBUTI		
Dissuasori di velocità	Categoria	Pannelli luminosi con sensori		
	Tipo	A led	Radar	A microonde
	Funzionamento	Continuo	Discontinuo	A tempo
	Modalità	Fissa	Lampeggiante	
	Ambito utilizzo	Urbano	Extraurbano	Autostradale
	Sede	A raso Su ponte	Su cavalcavia Su viadotto	In sottopassaggio In galleria
	Stato	In esercizio	In fase di attivazione	In disuso



Figura 11: Attributi ed istanze della classe "Dissuasori di velocità"

Figura 12: Dissuasori

Nel tema “Sistemi di informazione agli utenti”, per la classe “Sistemi di preallarme e di ausilio alla guida” sono stati fissati quali istanze dell’attributo “categoria” i principali sistemi oggi disponibili in tale campo, tra cui:

- pannelli a messaggio variabile (PMV), costituiti da tabelloni elettronici luminosi, controllati da una centrale remota in rete via GSM, che forniscono in tempo reale informazioni di vario tipo (condizioni del traffico, del tempo, situazioni di emergenza, uso dei mezzi di trasporto pubblico);
- pannelli freccia croce, formati da PMV a pittogrammi luminosi predefiniti che vengono normalmente posti dovunque sia necessario gestire l’agibilità delle corsie ed eventualmente bloccarne l’accesso o deviarne il traffico;
- sistemi di indirizzamento ai parcheggi, costituiti da una rete di pannelli elettronici (PMV) che consentono di orientare il traffico verso il più vicino parcheggio, visualizzandone il nome e gli eventuali posti disponibili, determinati costantemente da appositi dispositivi locali.

CLASSE	ATTRIBUTI DELLA CLASSE	ISTANZE DEGLI ATTRIBUTI	ESTENSIONE DELLE ISTANZE
Sistemi di preallarme e di ausilio alla guida	Categoria	Pannelli a messaggio variabile	Messaggio testuale o pittogramma visualizzato
		Pannelli freccia croce	
		Sistemi di indirizzamento ai parcheggi	Posti disponibili e ubicazione del parcheggio
	Tipo	A led	Marca
	Funzionamento	Continuo Discontinuo A tempo	
	Modalità	Fissa Lampeggiante	
	Ambito utilizzo	Urbano Extraurbano Autostradale	
	Sede	A raso Su ponte Su viadotto	Su cavalcavia In galleria In sottopassaggio
	Stato	In esercizio In fase di attivazione In disuso	



Figura 13: PMV



Figura 14: P freccia croce

Figura 15: Attributi ed istanze della classe “Sistemi di preallarme e di ausilio alla guida”

Riferimenti bibliografici

Leone L.– Laudani Fichera D., 2008. Le Banche Dati geografiche negli ITS per il monitoraggio dei processi di trasporto. *Atti del Convegno Nazionale SIFET – Sorrento 18-20/06/2008*, pp. 99-105.

Leone L.– Laudani Fichera D., 2007. Le Banche Dati geografiche nelle più attuali applicazioni sulle infrastrutture viarie. *Atti del Convegno Nazionale SIFET – Arezzo 27-29/06/2007*, Vol. I, pp. 201-207.

Tesoriere G., 2007. I sistemi ITS a supporto delle politiche sulla mobilità. Proposta per la definizione di un piano strategico. *Atti del Convegno “Mobilità, Territori, Tecnologie” – Roma 13/12/2007*.

Galdi V., 2007. Nuove frontiere del fleet management: integrazione con i servizi telematici delle infrastrutture logistiche. In: *Telemobility Mobility Forum – Monza 14/11/2007*.

Vasone M. - Garretti L. - Boggio D. - Manca G. - Barbero G. - Pirrello G. - Annibaletto L. - Bernabino F. - Bucciantini R. - Gambero A. - Picco I. La Base Dati territoriale di riferimento per gli Enti. In: *Atti della 11^a Conferenza Nazionale ASITA – Torino 6-9 Novembre 2007*, Vol. II, pp. 1-6.

Intesa Stato Regioni Enti-Locali Sistemi Informativi Territoriali, 2006. Specifiche per la realizzazione dei Data Base Topografici di Interesse Generale – Il Catalogo degli oggetti Revisione delle Specifiche di contenuto In 1007_1 e In 1007_2.

Mazzone F., 2006. Le tecnologia ITS per la riduzione dell’inquinamento da traffico. In: *XVII Convegno tecnico ACI La Strada per Kyoto – Roma 16-17/02/2006*.

L'OPERATORE SIFT PER L'ORIENTAMENTO DI IMMAGINI ACQUISITE CON PRESE NON-NORMALI

Andrea LINGUA, Davide MARENCHINO, Francesco NEX

(*) DITAG – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell' Ambiente e delle Geotecnologie, Politecnico di Torino
C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino – (andrea.lingua, davide.marenchino, francesco.nex)@polito.it

Riassunto

In questi ultimi anni lo sviluppo di strumenti fotogrammetrici in ambito aereo si è evoluto fortemente. Allo stato attuale le piattaforme aeree autopilotate (UAV) e i sistemi per l'acquisizione di immagini oblique forniscono immagini con geometrie di presa lontane dalla condizione di normalità. In questo contesto, un'alternativa agli operatori di interesse per la *feature extraction* utilizzati in campo aereo (Forstner, Harris, ecc.) è costituita dagli algoritmi proposti in computer vision e in fotogrammetria dei vicini. In questo articolo viene testato l'operatore SIFT (Lowe, 2004) su immagini terrestri e su immagini aeree per valutarne le potenzialità applicative.

Abstract

The development of photogrammetric aerial systems has changed the user demand. Nowadays the increasing use of unmanned aerial vehicles (UAV) and new oblique aerial cameras acquire images far from normal conditions. For this reason traditional interest operators (Forstner, Harris, etc.) are joined by new algorithms already proposed in computer vision. In this paper, some tests of the SIFT operator (Lowe, 2004) are performed considering both terrestrial and aerial images, in order to evaluate the performance of this operator.

INTRODUZIONE

L'operazione di *feature extraction* è un passo fondamentale nel processamento di immagini per applicazioni fotogrammetriche e di computer vision. Da questa fase dell'elaborazione dipendono le fasi di orientamento automatico e semiautomatico delle immagini, e la definizione dei *seed point* del *matching* denso. Sono allo studio numerosi operatori di interesse in grado di estrarre e accoppiare punti significativi in condizioni critiche; attualmente l'algoritmo SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) è uno degli operatori sui quali si è maggiormente rivolta l'attenzione del mondo della ricerca (Mikolajczyk, Schmid, 2005). L'algoritmo è stato implementato dagli autori in ambiente Matlab, allo scopo di valutarne le prestazioni in vari ambiti applicativi. L'operatore SIFT è stato quindi testato su immagini aeree e terrestri ed i risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli forniti dal ben noto operatore di Forstner.

L'operatore SIFT

L'operatore SIFT è un algoritmo in grado di estrarre (*detector*) e di "descrivere" (*descriptor*) *features* su immagini stereoscopiche per la ricerca di punti omologhi. Gli operatori utilizzati tradizionalmente in fotogrammetria (Forstner, Gulch 1988; Harris, Stephens, 1988) ricercano punti omologhi (*point detector*) su spigoli o discontinuità radiometriche; al contrario l'operatore SIFT ricerca i punti (*keypoint*) su regioni più ampie dell'immagine (*region detector*) superando i problemi di occlusione e deformazione prospettiche (Lowe, 2004). A tale scopo, ogni immagine è innanzitutto filtrata mediante convoluzioni gaussiane, formando uno spazio delle "scale". Per ogni

scala sono quindi calcolate le differenze fra gaussiane adiacenti (*DoG*, *Difference of Gaussian*) i cui massimi sono memorizzati come punti di interesse (*keypoints*). La ricerca di questi punti nello spazio delle scale anziché sulle immagini originali fa sì che i *keypoints* estratti non coincidano con spigoli o discontinuità radiometriche ma si localizzino in prossimità degli stessi. Per ogni *keypoint* individuato è quindi definito un descrittore (vettore di numeri) capace di descrivere i gradienti radiometrici nell'intorno del punto di interesse indipendentemente da rotazioni, variazioni di scala e cambiamenti di illuminazione. In base alla distanza euclidea fra questi vettori n -dimensionali è infine possibile individuare *keypoints* omologhi fra le immagini. L'algoritmo prevede la definizione di alcuni parametri da cui, come sarà proposto nel seguito, dipende il numero di punti estratti e il tempo di elaborazione per ciascuna immagine. Per una descrizione completa dell'operatore si rimanda comunque a [Lowe, 2004].

Eliminazione degli outlier

La principale caratteristica che distingue l'operatore SIFT dagli altri operatori di interesse utilizzati per il *features extraction* è la robustezza. Le invarianze alla scala, alla rotazione e all'illuminazione garantiscono l'estrazione e l'individuazione automatica di punti omologhi anche in condizioni "lontane" dall'ipotesi di presa normale. In questo caso l'aggettivo "robusto" è esclusivamente legato alla capacità di estrarre e associare punti di interesse. L'operazione di *matching* proposta da Lowe (Lowe, 2004) non garantisce però robustezza nella definizione delle coppie omologhe. Permangono quindi i problemi legati a possibili accoppiamenti di punti omologhi errati, con il conseguente insorgere di errori grossolani (*outlier*).

Perciò, prima di procedere alla fase di *bundle block adjustment*, è necessario ricorrere a opportune tecniche di stima robusta per l'individuazione degli *outlier*. In particolare è stato utilizzato lo stimatore robusto LMS (*Least Median Square*, Rousseau, 1987) per il calcolo dell'orientamento relativo tra coppie di immagini omologhe.

IMPLEMENTAZIONE E VALIDAZIONE

Al fine di validare l'algoritmo di calcolo (implementato in ambiente Matlab), e di testare le potenzialità dell'operatore SIFT, sono state svolte numerose prove su immagini di differente natura. Le analisi sono state compiute mediante il confronto con i risultati di *corner extraction*, forniti dall'operatore di Forstner, e di accoppiamento ottenuti con la tecnica di *cross correlation* (ForCC). L'estrazione di punti di interesse è avvenuta su immagini pretrattate con il filtro di *Wallis*. Tutti gli algoritmi di calcolo sono stati sviluppati in ambiente Matlab.

Test su immagini sintetiche

Il primo test è stato eseguito su una coppia di immagini sintetiche (Remondino, 2006), che presentano una variazione di scala (fattore 0.9) ed una rotazione di circa 20°. La Figura 1 mostra i risultati del match. In verde sono evidenziate le corrispondenze corrette ed in rosso quelle errate.

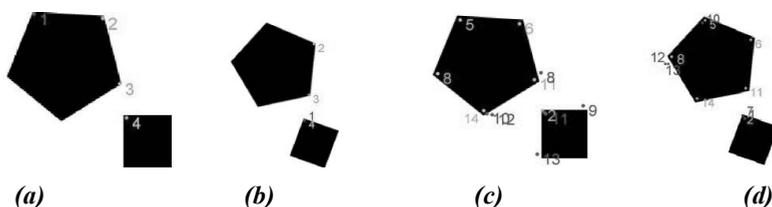


Figura 1 - Risultati di image matching utilizzando l'operatore di Forstner (a-b) e SIFT (c-d)

I risultati sperimentali (Tabella 2) confermano l'insensibilità di SIFT a rotazioni e variazioni di scala. Come mostrato in Figura 1, SIFT non estrae con accuratezza gli angoli, bensì dei punti in prossimità degli stessi. Si può infine notare che la percentuale di punti estratti correttamente è maggiore in ForCC (75% con soglia di correlazione pari a 0.8), anche se il numero complessivo di *corners* individuati è maggiore in SIFT. L'analisi delle corrispondenze è stata compiuta mediante confronto visivo.

	FORSTNER+CC	SIFT
Punti omologhi estratti	4	14
Punti omologhi corretti	3	6
% match corretti	75%	43%
Corner estratti	3	6
N° totale corner	9	9
% corner estratti	33%	67%

Tabella 2 - analisi delle prestazioni degli operatori sulle immagini sintetiche

Test su immagini aeree

Un secondo test di validazione è stato effettuato su una coppia di immagini aeree di una zona boschiva, riprese con la camera *Intergraph's Z/I Imaging DMC*. Per ridurre i tempi di calcolo automatico, le immagini sono state ricampionate a 600 *dpi*. Lo scopo del test è stato quello di analizzare le percentuali di punti omologhi estratti in funzione delle soglie caratteristiche di ogni operatore e dello stimatore LMS. In particolare sono state effettuate differenti prove di estrazione e di matching variando il limite minimo del coefficiente di correlazione ρ (in ForCC), il massimo rapporto di distanza euclidea tra i descrittori dei keypoint estratti th_eu (in SIFT) per la ricerca dei punti omologhi e la soglia di reiezione L (in LMS).

I risultati sono riassunti in Tabella 3. Con *meth* si intende il numero di coppie omologhe estratte dagli operatori, e con *methok* le coppie residue in seguito alla stima LMS.

L	FORSTNER+CC					SIFT				
	ρ	<i>meth</i>	<i>methok</i>	%	P_{max} (pixel)	Th_eu	<i>meth</i>	<i>methok</i>	%	P_{max} (pixel)
3	0.8	134	35	26.1	0.074	1.25	2454	22	0.9	0.003
	0.85	92	25	27.1	0.089	1.5	2122	26	1.2	0.007
	0.9	46	27	58.6	0.165	2	1572	25	1.6	0.006
5	0.8	134	67	50	0.225	1.25	2454	76	3.1	0.013
	0.85	92	55	59.7	0.277	1.5	2122	81	3.8	0.014
	0.9	46	35	76.0	0.413	2	1572	66	4.2	0.014
10	0.8	134	123	91.7	0.823	1.25	2454	309	12.6	0.056
	0.85	92	91	98.9	1.071	1.5	2122	319	15.0	0.062
	0.9	46	46	100	0.553	2	1572	280	17.8	0.072
15	0.8	134	129	96.2	1.091	1.25	2454	616	25.1	0.122
	0.85	92	91	98.3	1.073	1.5	2122	651	30.7	0.148
	0.9	46	46	100	0.553	2	1572	677	43.1	0.182

Tabella 3 - Risultati forniti dagli operatori in esame in funzione dei parametri ρ , th_eu , L

Con soglie di reiezione basse il numero di corrispondenze estratte dai due operatori è simile, ma analizzando le parallassi residue massime si può affermare che l'accuratezza di SIFT è decisamente superiore rispetto a ForCC. Al crescere del numero di reiezione il numero di corrispondenze mantenute dall'algoritmo LMS aumenta, ciò a discapito della precisione. E' da notare che in ForCC alte soglie di correlazione permettono di estrarre coppie con alta probabilità di match corretto (100% con $L=10$; $\rho = 0.9$), mentre l'incremento della soglia di matching di SIFT non comporta una grande variazione nella percentuale di punti di match corretti. Si può comunque affermare che per alte soglie di reiezione il numero assoluto di coppie omologhe depurate da errori grossolani è decisamente superiore con l'uso di SIFT, e le parallassi residue sono comunque inferiori a quelle fornite da ForCC. Nelle prove eseguite i parametri di orientamento relativo sono stati confrontati con i parametri stimati mediante restitutore analitico e si mantengono sostanzialmente costanti (test t-Student).

APPLICAZIONI FOTOGRAMMETRICHE DI SIFT

Attualmente nei campi della *computer vision* (*motion tracking*, *3D reconstruction*) e della fotogrammetria dei vicini, la geometria di acquisizione delle immagini non è più vincolata alla condizione di presa "normale". Lo stesso concetto vale per particolari applicazioni aeree, quali l'utilizzo di *mini-UAV* (*Unmanned Aerial Vehicle*, UAV association, 2007) per l'acquisizione stereoscopica di immagini e i sistemi per l'acquisizione di immagini oblique. In questi casi l'operatore SIFT è uno dei principali candidati per le operazioni di *feature extraction*. A tal proposito sono stati compiuti test su immagini per applicazioni terrestri ed aeree.

Applicazioni aeree (UAV)

L'uso di UAV per scopi fotogrammetrici è in continua crescita. Le prime applicazioni (Boccardo ed al., 2007) hanno evidenziato difficoltà di acquisizione, in particolare nell'assicurare un'adeguata copertura stereoscopica. Le immagini presentano ricoprimenti variabili e condizioni di convergenza e deriva piuttosto accentuate, con conseguenti rotazioni e variazioni di scala. Si è quindi ritenuto opportuno testare l'operatore SIFT su alcune coppie di immagini acquisite con la camera RICOH GR (3264x2448 *pixel*) montata sull'UAV *Pelican*, sviluppato presso il Politecnico di Torino.

In Tabella 4 sono riportati i risultati dei test su una coppia di immagini (331-332, ricoprimento: 50%, Figura 5). Per quanto riguarda SIFT sono state effettuate diverse prove in funzione delle soglie di contrasto della ricerca dei massimi radiometrici variando il valore proposto da Lowe ($th_key=0,001$). In questo caso i valori standard per la selezione dei punti di massimo nello "spazio delle scale" consentono di estrarre solo 40 features. Riducendo la soglia, si ottiene un netto incremento di punti di interesse (478). ForCC estrae un numero inferiore di punti ma con un'ottima percentuale di coppie non affette da errore grossolano. Il calcolo dell'orientamento relativo ($L=10$), ha messo in evidenza una certa instabilità dei parametri di calibrazione della camera, che non possiede un'ottica fissa. Tali problemi hanno provocato l'eliminazione dei punti ai bordi del modello stereoscopico durante la stima LMS.

L	FORSTNER+CC					SIFT				
	ρ	<i>mth</i>	<i>mthok</i>	%	P_{max} (<i>pixel</i>)	<i>Th_key</i>	<i>mth</i>	<i>mthok</i>	%	P_{max} (<i>pixel</i>)
10	0.8	111	105	94	0.29	0.0005	478	256	53.5	0.06
	0.9	29	27	93	0.13	0.001	40	28	70	0.59

Tabella 4 - Risultati forniti dagli operatori ForCC e SIFT sulle immagini 331-332

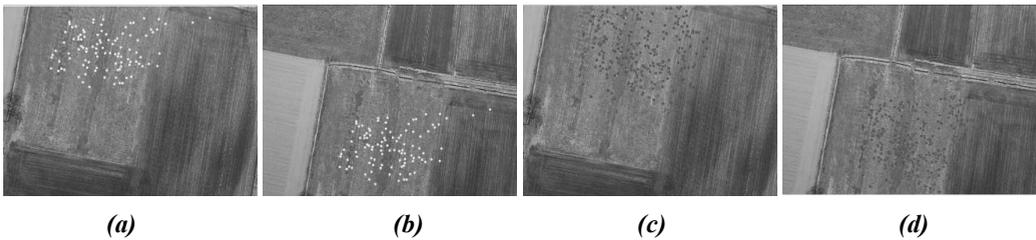


Figura 5 - Punti omologhi estratti con ForCC (a-b) e SIFT (c-d)

Un secondo test è stato effettuato sulle immagini 335-336 (Figura 7). In questo caso, la presenza di un campo arato con *pattern* ripetitivi e un lieve effetto di trascinamento sull'immagine 335 hanno provocato notevoli difficoltà nel *matching*. Con le soglie standard di SIFT, nessun punto omologo è stato estratto nella zona arata. Per incrementare il numero di coppie si è agito sulla soglia di contrasto sulla funzione $|D(\hat{x})|$ [0.03, in Lowe 2004] (Tabella 6).

L	FORSTNER+CC					SIFT				
	ρ	<i>mt</i>	<i>mtok</i>	%	P_{max} (pixel)	$ D(\hat{x}) $	<i>mt</i>	<i>mtok</i>	%	P_{max} (pixel)
10	0.8	182	99	54.4	noconv	0.03	205	151	73.6	0.17
	0.9	28	20	71.4	0.18	0.01	745	283	37.6	0.08

Tabella 6 - Risultati forniti dagli operatori ForCC e SIFT sulle immagini 335-336

Come si può notare dalla Figura 7, nella zona arata sono state estratte 13 coppie. Il ForCC è invece fallito ($\rho=0.8$), poiché la stima LMS non è stata sufficiente a rimuovere le coppie affette da errore, comportando una mancata convergenza nella stima dell'orientamento relativo.

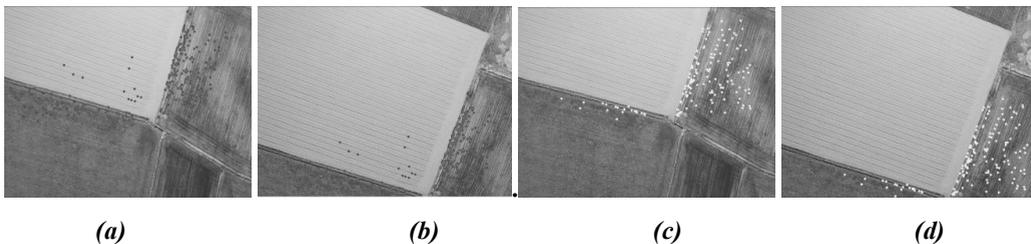


Figura 7 - Punti omologhi estratti con SIFT (a-b) e ForCC (c-d)

Applicazioni terrestri

Nelle applicazioni terrestri occorre sovente acquisire immagini secondo schemi di presa non convenzionali al fine di descrivere oggetti complessi. Per questo occorre valutare le potenzialità dell'operatore SIFT nell'orientamento di immagini acquisite con prese convergenti o ruotate fra loro. A tal proposito sono state utilizzate nei test immagini acquisite con una Canon EOS 5D (4368x2912 *pixel*). Durante questi test sono stati utilizzati principalmente i valori delle soglie proposte da [Lowe, 2004], considerando tali valori come ottimali per applicazioni *close range*. Del

resto anche le prove eseguite con valori differenti di soglia non hanno fornito valori significativamente discrepanti. In Tabella 8, sono proposti i risultati ottenuti nell'orientamento di due immagini convergenti (7631-7636) ruotate di oltre 25° fra loro, al variare della soglia di reiezione.

<i>L</i>	FORSTNER+CC					SIFT				
	ρ	<i>mt</i> <i>h</i>	<i>mt</i> <i>hok</i>	%	P_{max} (pixel)	<i>Th</i> _{eu}	<i>mt</i> <i>h</i>	<i>mt</i> <i>hok</i>	%	P_{max} (pixel)
5	0.9	256	98	38.2	5.24	2	1500	95	6.4	0.032
8	0.9	256	124	48.4	14.2	2	1500	206	13.8	0.091
10	0.9	256	131	51.1	9.41	2	1500	303	20.2	0.143
15	0.9	256	144	56.2	45.7	2	1500	643	42.9	0.349

Tabella 8 - Risultati forniti dagli operatori in esame su una coppia di immagini convergenti

Come si può osservare sulle immagini (Figura 9), le coppie di punti estratte dall'operatore SIFT risultano ben distribuite su tutta l'immagine, evidenziando la bontà della soluzione. Il numero di coppie estratte e i valori di parallasse dimostrano la maggior affidabilità dell'operatore SIFT rispetto al sistema ForCC, troppo sensibile alle deformazioni prospettiche.



Figura 9 - Punti omologhi estratti con SIFT (L=10)

Un seconda prova è stata eseguita su una coppia di immagini ruotate in *k* di circa 45° fra loro. Anche in questo caso sono stati considerati diversi valori di soglia di reiezione, mantenendo i valori proposti da Lowe per i *threshold*.

Questa prova dimostra la robustezza dell'operatore SIFT (Tabella 10). L'operatore è in grado di estrarre coppie omologhe anche in presenza di forti rotazioni, al contrario dell'algoritmo ForCC, che non è in grado di fornire una soluzione neppure per valori elevati di *L*.

<i>L</i>	SIFT				
	<i>Th</i> _{eu}	<i>mt</i> <i>h</i>	<i>mt</i> <i>hok</i>	%	P_{max} (pixel)
5	2	1353	91	6.7	0.123
8	2	1353	204	15.1	0.158
10	2	1353	344	25.4	0.246
15	2	1353	599	44.3	0.445

Tabella 10 - Risultati forniti da SIFT su immagini ruotate

CONCLUSIONI

Alla luce delle prove eseguite si può affermare che l'operatore SIFT, completamente implementato in ambiente Matlab, è adatto alle operazioni di *feature extraction* anche in condizioni di presa critiche. Si è notato che per le applicazioni aeree (UAV) l'estrazione dei punti di interesse dipende fortemente dai parametri di soglia del contrasto, che devono quindi essere calibrati in funzione dell'oggetto ripreso, delle condizioni di illuminazione e delle casistiche applicative. All'elevata capacità di estrazione di punti di interesse si contrappongono tempi lunghi di elaborazione di ogni immagine e notevoli difficoltà nell'implementazione dell'algoritmo. Durante la fase di stima robusta (LMS) dell'orientamento relativo, la soglia di reiezione gioca un ruolo importante nell'eliminazione di coppie errate. In particolare all'aumentare di L si riducono le coppie omologhe affette da errore grossolano, con un conseguente decremento dell'accuratezza dell'orientamento.

Allo stato attuale le accuratze fornite da SIFT sono migliori rispetto a ForCC. Si prevede di eseguire un'analisi più dettagliata applicando l'algoritmo di *Least Square Matching* alle coppie estratte mediante *cross-correlation*.

BIBLIOGRAFIA

Mikolajczyk K., Tuytelars T., Schmid C., Zissermann A., Matas j., Schaffalitzky F., Kadir T., Van Gool L. (2006). "A comparison of affine Region Detectors", *International Journal of Computer Vision* 2006.

Remondino F., (2006). "Image-based modeling for object and human recognition", Doctoral Thesis ETH No.16562, Zurich.

Lowe D. (2004), "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints" *International Journal of Computer Vision* 60(2) pp. 91-110.

Harris C., Stephens M. (1988) "A combined corner and edge detector" *Proc. 4th Alvey Vision Conf.*

Rousseau P.J., Leroy A.M. (1987) "Robust regression and outliers detection". *Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics*.

Forstner W., Gulch E., (1987) "A fast operator for detection and precise location of distinct points, corners and circular features". *Proc. Inter. Conference on fast Processing of photogrammetric data*.

RS DETECTION AND PV THEMATIC CARTOGRAPHY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION¹

A. LO TAURO (*)

(*) Minister of Public Instruction, www.ipsia.giarre.ct.it

Riassunto

Il presente lavoro ha l'obiettivo di progettare e sviluppare analisi nel campo del telerilevamento per la ricerca di soluzioni fotovoltaiche tenendo conto delle normative nazionali ed internazionali. Lo scanner MIVIS, avendo 102 canali, è capace di analizzare le firme spettrali di materiali fotovoltaici e di mappare la loro presenza nel territorio. In questo articolo si propone un modello analitico capace di descrivere e monitorare *short e long-term performances* di sistemi fotovoltaici. Questo modello implementa modelli di efficienza dei sistemi fotovoltaici con l'individuazione di alcune variabili significative: dimensioni del sistema e costi. I risultati finali di questa attività verranno implementati in un *project-GIS* per la identificazione delle coperture fotovoltaiche nel territorio oggetto di studio. Il progetto potrebbe essere considerato un modello di ricerca per scambi culturali ed implementazioni di Innovativi Programmi Educativi.

Abstract

The present work has been researched in designing and carrying out advanced RS analysis for photovoltaic solutions in compliance with national and international regulations.

The MIVIS scanner, having 102 channels available, is able to define the spectral signature of PV materials and map its presence. In this paper I propose an analytical model able to describe and to monitor short and long-term performances of photovoltaic systems. Such a model shows the efficiency of the system with the more meaningful variables involved in the problem: system size and cost. The final result of this activity is a project-GIS containing the identification of all the roofs that have this material. The project should be considered as an ongoing cultural change: environmental protection means social, entrepreneurial and cultural development. This project will be implemented for Innovative Educational Programmes.

Introduction

The research programme has been researched at designing and carrying out advanced RS analysis and GIS for photovoltaic solutions in compliance with national and international regulations (such as Kyoto Protocol), with the implementation of CDM (Clean Development Mechanism) under

¹ The present research is part of a wide research programme (Official IPSIA Document) for the Minister of Public Instruction (www.ipsia.sabin.ct.it). Part of this research started at the beginning of 2008 and accepted for publication before SIFET 2008. It will be implemented with data fusion analysis, with the support of Landsat, Spot Images, change detection analysis and other sources for territorial analysis.

The author research will possibly involve the collaboration of the following colleagues and specialists: M. La Spina (Head of the IPSIA Giarre), Dott. N. Costa (GeoCos – Nicosia, EN), Prof. Ing. Nicolosi (specialist in the Analysis of Energetic PV Systems - www.ipsia.giarre.ct.it), Prof. Bugiuni (expert in robotics), Prof. S. Bellalba ("Intercultura" Programme www.intercultura.it), to all the IPSIA students, Protezione civile, Arma dei Carabinieri and all the SMEs and Research Centres involved in the project.

certification UNI EN ISO 9001:2000 and 14001:1996 and according to the CE 761/2001 EMAS (Eco-Management and Audit Scheme) standard. Today decision makers who do not have a geospatial information system (GIS) face critical challenges when making decisions pertaining to critical ITC infrastructure. This study could represent an appropriate occasion to disseminate the progresses on the on-going projects belonging to the Sicilian Cooperation Program for Environmental Protection and to exhibit innovative environmentally research in Europe (such as Sicily, Lombardia, Calabria² and Friuli Venezia Giulia, Great Britain, Swiss districts³), from selected relevant SMEs and companies (certified ISO 9001 and ISO 14001), research bodies, schools and public institutions in order to implement strategies for European Policy. It has remarkably increased developing special expertise to face all those problems related to the production and management of energy obtained from renewable sources and PV technologies (such as mono and multi-crystalline silicon photovoltaic modules) for different purposes and for new applications in survey (Lo Tauro, A. 2008a). The present research can also provide technical support from the design to realization of the PV systems. Photovoltaic (PV) energy generating systems (or PV systems) convert the sun's energy directly into electricity using state-of-the-art semiconductor materials.

PV systems vary in complexity. Some are called "stand-alone" or "off-grid" systems, which mean they are the sole source of power to historical, industrial buildings, private houses or greenway network. Stand-alone systems can be designed to run with or without battery backup. Other PV systems are called "grid-connected" systems. The final cost of any PV system ultimately depends on the PV array size, the battery bank size, and on the other components required for the specific application. This research is planned to generate an estimate for the PV array size and total cost of a standalone PV system in the territory. The thematic cartography will provide an example calculation for expert using this method. The project will be realised with different technologies (RS, MMS, laser scanning⁴, telecommunication, robotics, spatial imaging, VRS and GPS) for the implementation of innovative educational programmes in the field of "Telegeomatics" (Manzoni, G. 2006)

Background

Imaging Spectrometry data or Hyperspectral Imagery measure the reflectance or emissivity of the Earth's surface in many spectral bands, providing both spatial images and continuous spectral coverage over selected spectral ranges (Goetz et al, 1985). Hyperspectral data acquired using airborne systems have been used in the geologic community since the early 1980's. The solar spectral range, 0.4 to 2.5 micrometers, provides abundant information about many materials (Clark et al., 1990) and new researches could prove the ability of hyperspectral systems to uniquely identify and map different PV materials in the field of Innovation Technologies, even in sub-pixel abundances (Goetz et al., 1985, Clark et.al, 2003, Kruse et. Al. 2003). In fact, research has shown that imaging spectrometry principles and mapping capabilities are extensible to many other disciplines including environmental protection and photovoltaics. In general, one of the limiting factors in many of these studies is the absence of adequate spectral libraries and implementations of baseline studies of the spectral /spatial variability of specific PV materials of interest. For this reason this study is designed as an initial investigation spectral characterization and mapping of PV materials in order to evaluate sizes, long and short term performances and costs of photovoltaic

² Thanks To SIT Staff, Regione Lombardia, "Ufficio Territoriale per la Biodiversità" (Cosenza) and "Corpo Forestale dello Stato".

³ Comet and Erasmus Programme (1992-1996). Thanks to Emanuele Traversari, Customer Support Engineer (Erdas, The Earth to Business Company) for providing RS data.

⁴ "Corso di aggiornamento SIFET 2005" - Topic: "Tecniche Innovative di rilievo e rappresentazione dei Beni Culturali", tutor Full Prof. Benedetto Villa.

systems. We are at the beginning of new Earth Observation age comprised of large amounts of data, high revisit times as well as high resolution images (Dussi, M. 2008).

Furthermore EarthCARE, ESA's Cloud and Aerosol mission developed in co-operation with JAXA, the Japanese Aerospace Exploration Agency, will address the need for a better understanding of the interactions between cloud, radiative and aerosol processes that play a role in climate regulation. The EarthCARE mission aims to improve the representation and understanding of the Earth's radiative balance in climate and numerical weather forecast models by acquiring vertical profiles of clouds and aerosols, as well as the radiances at the top of the atmosphere. The implementation of analytical models will be able to describe and to monitor short and long-term performances of photovoltaic systems according to meteorologic variables under RS analysis⁵.

Hiperspectral analysis and the Project-GIS

The study aims at defining the relationships between short and long-term performances of photovoltaic systems, system sizes, types, efficiency of the system and highlighting the main morphological characteristics within examined industrial, historical buildings and private houses. These were the results of the application and research of a new classification method (Lo Tauro, A. 2008b) to different bands of the airborne MIVIS data collected within an extensive survey campaign over Catania Province and the Etna Park. This is still a work in progress project. The integration of classification (i.e. segmentation followed by classification) applied to MIVIS multispectral data permitted the identification of PV technologies with a very cost-effective and accurate procedure.

New instrument for PV management utilizing remote sensing helps me to analyse important factors such as size, site, selection, shading, and orientation in order to meet high performance data acquisition and distribution service requirements.

Another important aspect involves significant band selection of the Mivis image for thematic cartography. In this particular case I analysed bands in visible and thermal infrared area. The final product of this experimentation was a thematic map expressing the possibility to determine the areas with the highest potential lost of heat in roofs. This analysis can be extended to planning strategies for PV facades installations with the support of 3D cartography and DTM. The method also described the solar absorbment and the thermal increments of PV surfaces connected to territorial sources (rivers, canals, lakes, etc.). To get over the spectral ambiguity and the spatial complexity typical of such surfaces, a method has been conceived which allows firstly to extract elements and materials present in the study area by means of implementation of classification techniques. The potentialities of thermal data in the discrimination of PV materials have been analysed by means of irradiation of surfaces visualizing the temperature at the roofs of industrial historical buildings and private houses. Temperature values detected from images have been integrated with detailed analysis of PV technologies.

The analysis was supported by photo-interpretation of peculiar MIVIS band combinations and by data acquired during field surveys and from a pre-existing CTR maps. The morphologic data were also obtained by processing a raster DTM created from topographic maps⁶.

⁵ The satellite will weigh about 1.7 tonnes and will be placed in a quasi-polar orbit of 97°deg inclination at an altitude of about 400 kilometres. Its launch is scheduled for 2013. The four instruments of the payload consist of an Atmospheric Lidar, a Broad-Band Radiometer and a Multi-Spectral Imager developed by ESA, and a Cloud Profiling Radar developed by JAXA. This instrument suite has been optimised to provide co-located samples of the state of the atmosphere along the satellite flight track (www.esa.int). The research will also involve the analysis of the Goce Programme (www.esa.int/goce)

⁶ Lo Tauro, A. et al (2005)

The projectGIS takes into due consideration the technical output given by Building and Infrastructures Integrated Photo Voltaic Geographic Information System (B.I.I.P.V-G.I.S.) and similar methodologies for Sustainable Development and Environmental Protection⁷.

The idea of a real time project-GIS (Manzoni, 2001) can be extended to the analysis of PV planning with the support of innovative survey. The aim of this preliminary study is to access the potentialities of remotely sensed MIVIS data to plan, locate and analyse PV materials for the construction of roofs and covers of buildings. It is now important to create thematic cartography with the support of RS analysis showing where there are covers built up with PV materials and where they should be installed to be able to plan and monitor them. In fact, the MIVIS scanner, having 102 channels available, is able to define the spectral signature of many materials, including PV materials, and to map their presence. For this reason test sites have been selected to prove this possibility and an application in the Catania Province has been done. In this project I analysed MIVIS data of the CGP that have planned a flight for the INGV in Rome⁸ at the altitude of 2500 meters (pixel size 5 metres). To overcome the spectral ambiguity and the spatial complexity typical of PV surfaces, a method has been analysed which allows firstly to extract recognised elements and materials present in the study area by means of classification techniques. Secondly the potentiality of thermal data in the discrimination of materials have been studied by means of the irradiation of the surface. I also tested the Dower-Spectroscopy-Lab library (<http://speclab.cr.usgs.gov>) in order to detect and implement analysis of PV materials (such as silicon photovoltaic material and silicon crystals) and in order to do direct PV material mapping and thematic cartography. It was also possible to test the classification of the different typologies of PV technologies comparing those different spectral characteristics of the PV roof with the spectral characteristics analysed by the Dower-Spectroscopy-Lab.

Georeference tests and accuracy measures

An important step in the analysis of PV mapping is the geometric correction of the MIVIS image. As known, hyperspectral data requires geometric corrections. The nature of typical MIVIS images are connected to the movement of the aircraft and the sensor characteristics (geometric distortions within FOV limits). While I preferred to work with the non-geocorrected data for my spectral analysis, the non geocorrected data and the information to perform basic geocorrection were delivered towards the end of the research, thus only limited studies were performed using the non-geocorrected data. I did use them for the orthorectification studies. In a second phase the georeferencing process involved a measure of GCP distortion as it computed the square root of the squared deviations to represent a measure of which GCP exhibit the greatest error while the model order determines the order of polynomial used to perform the registration warping. In general, the higher the order of polynomial transformation is, the greater the number of GCPs required for registration and the more complex the warping that can be achieved. Later, after executing all spectral analysis, the images were georeferenced to the National Map System (Gauss-Boaga). Following registration, all of the images were clipped to the boundary of the combined area in Catania Province. Atmospheric correction is also a requirement for this data analysis approach. For this purpose I studied the Atmospheric Correction Now (ARCON)⁹ model based on atmospheric correction method for the implementation of didactic activities. The project also involves the analysis of cartographic accuracy. This update of an article first published (Manzoni, G. 2001) explains how methods for real time GIS can create different position accuracy measures and

⁷ For more information see Center for Renewable Energy and Sustainable Technology (CREST) www.solstice.crest.org; <http://iamest.jrc.it/pvgis/pv/index.htm>; <http://pvsat.com>

⁸ Thanks to INGV (Centre for Research on Remote Sensing at Rome) and in particular to Fabrizia Buongiorno for providing MIVIS data. Thanks to Dott. Commini, CNR (Istituto Inquinamento Atmosferico) LARA Programme, P.O.N. "Sicurezza per lo Sviluppo del Mezzogiorno d'Italia", Ministero dell'Interno (CD-ROM).

⁹ ARCON is a commercially-available, enhanced atmospheric model-based softwares that uses licensed MODTRAN4 technology to produce high quality surface reflectance without ground measurements (Kruse, 2004).

precision in cartography. Since then the GPS universe has changed significantly and several other factors have also changed. In the last century the dominant applications of GPS were for the military and surveyors. Today, even though GPS numbers are up in different sectors, they are dwarfed by the abundance of cell-phones with GPS; and the wireless industry has its own favorite accuracy metrics. Selective Availability was active in 1998, now it is no longer in use. And finally we have the prospect of a 60+ satellite constellation, as we fully expect in the next nine years that 30 Galileo satellites will join the GPS and satellite-based augmentation systems (SBAS) satellites already in orbit. The research also investigate methods for the georeferencing of PV technologies and in particular “stand alone PV¹⁰” in the Etna Park with the support of Virtual Reference Station (Lo Tauro, A, 2007). Since atmospheric uncertainties put a limit on the distance whereby on-the-fly ambiguity resolution would still operate successfully, Real Time Kinematic (RTK) applications may require relatively short distances to a GPS reference station. This distance constraint can be relaxed, when use is made of the VRS concept.

Didactic approaches

The use and the diffusion of the RS analysis for photovoltaic solutions database cannot neglect the didactic approach. This instrument is still not used by Public Institutions and it unlikely applies to didactic activities. Furthermore, the principal problem of the use of RS analysis for photovoltaic solutions is related to the cost of the GIS. In order to solve this problem, the project provides methodologies for the elaboration of thematic cartography using open source and free softwares (FOSS) for Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing (RS).



Figure 1: An example of PV Map analysis

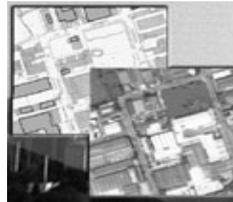


Figure 2: This shows the planning of PV modules



Figure 3: Photographs of the “stand alone system” for the greenway network

¹⁰ Stand-alone PV systems are often best in places where utility-generated power is either *unavailable* (because the area is so remote from power plants), *undesirable* (because of a possible utility power outage in an emergency), or *too costly* to hook up to (because of the price of extending power lines). Stand-alone systems are also excellent for uses that don't require a lot of power.

The didactic activities for high schools, courses for professionals, PMI and post graduate courses (such as International Master Courses) are planned to be structured in different phases: the analysis of the project GIS, the analysis of PV technologies with RS analysis and the case-study with the support of internet search. The e.learning technologies for didactic activities will guarantee to all researchers, experts, professors and students the accurate dissemination of information with internet and intranet systems without missing data. Distance Education Programmes are especially interested in applicants with the expertise to teach undergraduate and graduate classes online using proprietary Web-based educational delivery software (such as the WebTycho and INDIRE¹¹). This project also marks a milestone in the effort to promote, protect and ensure the full and equal enjoyment of all human rights and fundamental freedom of persons with disabilities, and to promote respect for their inherent dignity (ONU Convention and National Law - NL 5/2/1992, n. 104, NL 28/1/1999, n. 17, NL 21/5/1998, n. 162, NL 12/3/1999, n. 68, DL 10/11/1993, n. 276, Stanca Law, n. 4 9/1/2004, L 6/9/2004).

Some conclusions

The demand for photovoltaic systems has remained continually high. In European countries such as Spain or Italy, advantageous regulations will lead to a rise in demand, resulting in the overall European demand that remains on a high level. An important step in an economic feasibility study is to compare estimated costs of the PV system to RS analysis and GIS costs. It is important to analyse different factors such as size, site, selection, shading, and orientation. With some careful planning with the support of RS analysis, it is possible to reduce a building's electrical loads by 50 to 80 percent without sacrificing comfort and convenience. The result of this study analyses the utility of airborne remote sensing for identifying PV roofs and discriminating those on which checking for maintenance work. Additional objectives of this research will validate and refine hyperspectral mapping capabilities through a collection of site-specific spectral library. The measurement of additional spectra of key materials, utilising a spectrometer, allow establishment of prototype spectral libraries for potential use in PV technologies. In fact, the additional goals of this research will establish spectral libraries and databases of common PV materials for future use in hyperspectral mapping of PV roof with the support of GIS technologies. Spectra will be compiled into RS compatible libraries and prospective database elements will be identified. Furthermore I will analyse the reliability of my model and the limits of its usefulness under European Programmes including innovative proximal sensing and *in situ* analysis. This includes improved generation of orthorectified map-size products for use in field verification. In Particular "Satellite Positioning (GPS) integrated with INS (Inertial Positioning System), EGNOS (the European system) and later on with GALILEO represent the innovative elements to be used in the collection of such data" (Manzoni, G. 2006). MMS, laser scanning, telecommunication technologies, Virtual Reference Station¹² and robotics¹³ implement new methodologies for accurate geographic position and georeferencing of photographic data for PV analysis, innovative PV photographic databases and 3D modelling. In educational programme I also describe laser scanner located on the top of moving vehicles in order to plan and survey PV surfaces and facades with regard to conditions and environment where they are situated related to the risk phenomena in the Etna Park. The objective is to predict, and thus to decide in advance, which measures have to be taken most urgently, with regard to the time necessary for execution in building sites and greenways networks for Civil Protection activities with the support of "stand alone" PV systems. For this reason, hazard maps are combined with PV data (such as the "stand alone" system) about the strength of existing buildings

¹¹ INDIRE Programme, Minister of Public Instruction, <http://www.indire.it/> Lo Tauro, A (2001) – Indire Final Report – Minister of Public Instruction - Didactic Units, Methodologies and Evaluations

¹² Thanks to C.G.T. S.r.L. www.cgtsrl.it

¹³ Thanks to "Arma dei Carabinieri"

and the greenways network. I will also focus on the analysis of atmosphere, biosphere, hydrosphere, cryosphere, with the overall emphasis on learning more about the interactions between these components under RS analysis and the impact that PV technologies are having on environmental protection. The project could involve important educational training program which includes students, technicians and researchers in the R&D in photovoltaics and Remote Sensing, under cooperation programs with the main Italian universities, important European and international institutions. Therefore, the encouraging results may encourage public institutions and private companies to adopt these procedures, applied to airborne remote sensing data and real time GIS, to rapidly control and monitoring PV technologies and to estimate their costs. The thematic cartography is useful for environmental distributed model for the implementation of "Piani Paesaggistici" in order to support decisions in matter of management of cultural and environmental heritage. The present research will be extended to other renewable sources (such as hydropower, wind, geothermal and biomass) and to the analysis of biomaterials in environmental and cultural heritage analysis.

References:

- Clark, R.N., King, T.V.V., Klejwa, M. and Swayze, G.A. (1990), High spectral resolution spectroscopy of minerals, *Journal of Geophysical Research*, v. 95, no. B8, p. 12653-12680
- Clark, R.N., Gregg a., Swayze, K., Eric Livo, Raymond F. Kokaly, Steve J. Sutley, J. Brad Dalton, Robert R, McDougal and Carol A, Gent, (2003) Imaging spectroscopy. Earth and planetary remote sensing with the USGS Tetracorder and expert systems: *Journal of Geophysical Research*, V. 108, No E12, p. 5-1 to 5-44
- Dussi, M. (2008): "Telerilevamento da satellite per il controllo del territorio", *Geomedia, La prima rivista italiana di geomatica e geografia intelligente*, N. 1
- Goetz, A. F. H. G. Vane, J.E. Solomon d B.N. Rock (1985): Imaging spectrometry for earth remote sensing, *Science*, v. 228, p. 1147-1153
- Kruse, F. A., Boardman, J. W., and Huntington, J.F. (2003): Evaluation and Validation of EO-1 Hyperion for Mineral Mapping: in Special Issue, *Transactions on Geoscience and Remote Sensing (TGARS)*, IEEE, v. 41, no. 6, June, p.1388-1400
- Kruse, F. A. (2004), Comparison of ATREM, ACORN, and FLAASH atmospheric correction using low-altitude AVIRIS data of Boulder, Colorado: in *Proceedings of the 2004 AVIRIS Earth Science and Applications Workshop*, 31 March – 2 April 2004, Jet Propulsion Laboratory Publication (in press – this volume)
- Lo Tauro, A. (1995) Urban development: *Typo-morphological method in Architectural education*, in *Educatin for Real. "The Training of Professionals for development Work"*, Sept. 1995. pg 14
- Lo Tauro, A. (1997) *Environmental Benefits, New Applications and Enhancements* in 14th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Book
- Lo Tauro, A. (2003) *PV technology, Architecture and Markets in the Southern Italy*. in PV IN EUROPE Conference of The European Commission, Rome. (7-11 October 2002)
- Lo Tauro, A. e Costa N. (2005) "Metodologie di Analisi e DTM per i Piani di Protezione Civile", *Sessione 2.1. "Processi di elaborazione di carte tematiche per l'analisi e la gestione del territorio"*, in *Atti della 9^o Conferenza ASITA*, ", pp. 1387-1392
- Lo Tauro, A. (2006) *Terrestrial laser scanner in natural heritage: new perspectives in 3D surveying*. in 2^o Seminario Europeo Optech LaserScanner 3D, Milano 31 Maggio - 1 Giugno 2006 www.codevintec.it
- Lo Tauro, A. (2007a) *The integration of Remote Sensing and GIS to facilitate Environmental and Cultural Resources Management*. Trieste: PhD Thesis, Faculty of Informatics and Mathematics, University of Trieste.
- Lo Tauro, A. (2007b) *Geomatic technologies in Cultural Heritage Survey and Conservation* in EVA 2007, Florence Conference (March, 2007)

- Lo Tauro A. (2008a) “Pianificazione e gestione di edifici industriali e commerciali: ricerca di nuove applicazioni per il rilievo” in *Atti del Convegno Nazionale SIFET 2008*, Castellaneta 14 -16 giugno, 2008, Abstract - CD ROM
- Lo Tauro, A. (2008b) GIS-database development and RS for Strategic Environmental Assessment, in 33rd IGC International Geological Congress Earth System Science: Foundation for Sustainable Development, 6-14 Agosto 2008 Abstract in web: www.33igc.org/coco
- Manzoni G. Editor- Meeting on Data Radio Broadcasting for Differential GPS positioning and Navigation, Trieste, March 6, 1998, with presentations by H.Doeller and T. Auzinger; A. de Robertis and R.Gerin; Vespe F., Fermi M., Garramone L., S. Oszczak and Z. Rzepecka; F. Vodopivec and B.Stopar; B.Stopar and M.Kuhar; M.Fernetti e G.Manzoni.
- Manzoni, G. (2001), Metodi di posizionamento satellitare per GIS in tempo reale, in GIS Metodi e strumenti per un nuovo governo della città e del territorio, Maggioli Editore
- Manzoni, G. (2006), Telegeomatica applicata al rischio vulcanico. In *Atti del Convegno “Il piano Etna, rischio vulcanico versante sud”*, Nicolosi, 12 giugno 2006

USO DELLA GEOMATICA PER L'ANALISI DEI PIANI PAESAGGISTICI REGIONALI

A. LO TAURO (*)

(*) Ministero della Pubblica Istruzione, www.ipsia.giarre.ct.it

Riassunto

Il presente articolo mostra i risultati ottenuti dall'elaborazione di tecnologie geomantiche al fine di elaborare carte tematiche utili per modelli ambientali e per l'implementazione di strategie per i "Piani Paesaggistici" in modo tale da supportare interventi nella gestione di beni culturali ed ambientali. A tale scopo sono state utilizzate tecnologie per l'analisi delle infrastrutture verdi e cartografie tematiche per la conservazione e valorizzazione di beni culturali, ricercando tecnologie innovative (VRS, MMS, "real-time GIS", telecomunicazione, robotica, I.C.T., ecc.) che si uniscono alle potenzialità delle applicazioni RS. Parte di questa ricerca è stata condotta nel corso del mio dottorato in Geomatica e Sistemi Informativi Territoriali, coordinato dal Full Prof. G. Manzoni (Università di Trieste). Il *project-GIS* fornisce risultati interessanti nei processi di pianificazione e di tutela del paesaggio culturale e nell'analisi dell'uso del suolo. Il presente lavoro può stimolare la ricerca di nuovi programmi educativi.

Abstract

The present paper shows the results obtained by the elaboration of geomatic technologies (GIS and remote sensing) in order to evaluate thematic maps useful for environmental distributed model for the implementation of "Piani Paesaggistici" in order to support decisions in matter of management of cultural and environmental heritage. To such purposes technologies have been used for the analysis of the greenway network and thematic maps for the conservation and valorization of cultural resources, searching innovative techniques (VRS, MMS, "real-time GIS", telecomunicazione, robotica, I.C.T., ecc.) joined to the potentialities of RS applications. Part of this research was conducted from 2004 to 2007 under the PhD Course in "Geomatics and Territorial Information Systems", coordinated by Full Prof. G. Manzoni at Trieste University. The project-GIS provides valuable results relevant for planning processes and nature conservation in changing cultural landscapes and land use analysis. The present project can stimulate the research of new educational programmes¹.

1. Introduzione

I Piani Paesaggistici sono strumenti importanti per la gestione di tutte le possibili strategie per la protezione dell'ambiente, l'ecosistema, la biodiversità e i beni culturali in generale. Questo progetto tiene conto delle importanti linee guida del Codice dei Beni Culturali e Paesaggistici o Codice Urbani prodotto da Giuliano Urbani nel 2004. Un importante strumento normativo sui "Piani Paesaggistici" è collegato alla riforma costituzionale italiana, introdotto con legge n.3/2001². E' difficile definire cosa si intenda per protezione e per valorizzazione. Generalmente per protezione

¹ Tale ricerca può coinvolgere la collaborazione dei seguenti colleghi e specialisti: M. La Spina (Dirigente Scolastico IPSIA Giarre), Prof. S. Puglisi (Vicario), Dott. N. Costa (GeoCos – Nicosia, EN), Prof. Bugiuni (specialista in robotica - www.ipsia.giarre.ct.it). Prof. Adele Verga (specialista in Biodiversità and *High quality Food*), S. Bellalba (Intercultura Programme) staff del Laboratorio di Fotografia, Settore Chimico/Biologico e Telecomunicazione (www.ipsia.giarre.ct.it), *National Civil Protection*, Arma dei Carabinieri, tutte le PMI ed i Centri di Ricerca coinvolti nel progetto.

² Costituzione Italiana (articolo 117).

intendiamo l'esercizio dei doveri e della disciplina delle attività indirizzate, sulla base di una conoscenza adeguata, ad identificare i beni che costituiscono eredità culturale e a garantirne la loro conservazione. La valorizzazione consiste nell'esercizio dei doveri e nella disciplina delle attività indirizzate a promuovere la conoscenza dei beni culturali e ad assicurare le condizioni migliori per il godimento pubblico, includendo sia la promozione che la conservazione di tali beni. Oltre a questo c'è il bisogno di valutare la capacità di attivare progetti, rendendo esplicito il valore aggiunto delle tecnologie innovative per la protezione e la valorizzazione di tali beni. La metodologia proposta consiste in una concreta integrazione dell'analisi di tutte le componenti appartenenti alla sfera dei beni culturali su scala territoriale (conservazione dei beni archeologici, architettonici e paesaggistici, implementazione dei servizi al turismo, itinerari culturali, *greenways*, colate laviche storiche, strade del vino, etc.) per gestire meglio la valutazione dell'impatto ambientale, dello sviluppo sostenibile con l'ausilio di *Information and Communication Technologies*. A questa analisi si associa anche lo sviluppo dell'offerta turistica ed in particolare il turismo culturale, il marketing territoriale, la ricerca scientifica, il training professionale, l'istruzione, la produzione specializzata. L'obiettivo è implementare la ricerca nel campo della geomantica estesa ai diversi settori tra cui il Telerilevamento³, i Sistemi Informativi Territoriali, *Global Positioning System* (GPS), ed in seguito le nuove implementazioni del sistema "GALILEO" (Manzoni 2006⁴), le sperimentazioni "GNSS *real time positioning* e *NMEA transmission* via GPRS a *Local Control Centre*, usando vari tipi di *pocket PCs*, *Smartphone* e *DGPS/INS*" (Manzoni, G. 2008), le tecnologie di radiotrasmissione (come sistemi Voip, WI-FI, RFID ecc.), tecnologie laser⁵, *Spatial Imaging* (Lo Tauro, A. 2006) al fine di sperimentare nuovi GIS mobili *real-time* e cartografie tematiche 2D/3D per analisi del paesaggio culturale e dei beni culturali in genere. L'idea base di questa ricerca è una conseguenza di un lungo processo iniziato in Europa con il dibattito sulle risorse ambientali e culturali culminato con la codificazione ICOMOS che definisce la classificazione dei beni ambientali e culturali. Il progetto riguarda anche la realizzazione di un geodatabase con l'individuazione del supporto tecnologico appropriato per la conservazione del patrimonio culturale orientato, specificatamente, alle strategie del piano paesaggistico. Il Parco dell'Etna rappresenta il *test-field* per analizzare tutti i dati possibili collegati al Piano Paesaggistico per cui il geodatabase è stato implementato. La prima fase del lavoro riguarda la conoscenza accurata del territorio e la ricerca collegata alla definizione dei supporti tecnologici all'interno della piattaforma GIS unita alle potenzialità delle tecnologie *Remote Sensing*. In una fase successiva si è tenuto conto delle più importanti linee guida (già disponibili o *in itinere*⁶), allo scopo di analizzare il modello del database geografico collegato all'implementazione del Piano Paesaggistico (Decreto Legislativo n.42/2004) secondo la filosofia della protezione del paesaggio della legge Galasso, le liste UNESCO⁷ e la documentazione prodotta dal programma INSPIRE⁸. Questa ricerca tiene anche conto delle linee guida per la Conservazione dei Beni Culturali (L. 137/2002, L.R. nr. 14/1998 e smi) e degli strumenti finanziari inseriti nel quadro del P.O.R. Sicilia 2000-2006 (Dipartimento dei Beni Culturali e Ambientali). Inoltre, sono state analizzate le più importanti linee guida allo scopo di definire le modalità del database geografico collegato all'implementazione del Piano Paesaggistico Regionale della Regione Autonoma della Sicilia e la documentazione prodotta dall'"Intesa Stato-Regioni-Enti Locali". Le

³ Si ringrazia il Dott. Communi, CNR (Istituto Inquinamento Atmosferico) Programma LARA, P.O.N. "Sicurezza per lo Sviluppo del Mezzogiorno d'Italia", Ministero dell'Interno (CD-ROM). Grazie anche all'INGV (*Centre for Research on Remote Sensing, Rome*) ed in particolare a Fabrizia Buongiorno (MIVIS data).

⁴ Si ringrazia il Full Prof. G. Manzoni per i suoi suggerimenti nel campo del "surveying & mapping" (GPS Kinematic con tecnologie Garmin).

⁵ Corso di aggiornamento SIFET 2005" - Topic "Tecniche Innovative di rilievo e rappresentazione dei Beni Culturali", tutor Full Prof. Benedetto Villa.

⁶ Rif. Legge n.1089 ed in Particolare la Legge Bottai: Legge n. 1089 (protezione di beni di interesse artistico e storico) e la Legge n. 1497 sulla conservazione delle bellezze naturali ed infine la L. 1939, Il Testo Unico sui Beni Culturali e s.m.i.

⁷ Si fa riferimento al *World Heritage Committee* e ai Piani di Gestione.

⁸ INSPIRE *Community Geoport*, <http://www.inspire-geoport.eu/>

analisi sui piani paesaggistici possono anche essere sviluppate sulla base delle ricerche condotte dall' IUCN durante le riunioni mondiali come ad esempio il Summit sullo Sviluppo Sostenibile, promuovendo eventi culturali a sostegno di Convenzioni Globali come CBD, Ramsar e UNFCCC. Il CEESP ha dato la precedenza a differenti componenti del programma: mezzi di sussistenza sostenibile; co-gestione delle risorse naturali; ambiente, commercio e investimenti, sicurezza, aree protette. Il CEESP mira inoltre a fornire un *network* di attività culturali per la disseminazione e lo scambio di informazioni tra i vari membri. Il mandato del CEESP per il 2005/08 comprendeva l'analisi delle risorse naturali, la giustizia e i diritti, l'economia, i mercati, il commercio e l'investimento, la sostenibilità, la cultura, la conservazione, la sicurezza umana ed ambientale. In questa ricerca si descriviamo le metodologie per l'implementazione di un GIS specializzato, per la produzione di cartografia tematica per la gestione del patrimonio culturale. Il progetto dovrebbe facilitare lo scambio di informazioni sia a livello regionale, che nazionale ed europeo all'interno del quale devono essere inclusi tutti gli altri progetti di settore (per es. pianificazione del turismo sostenibile e culturale, il piano dei trasporti, piani industriali, commerciali, *master plans*, ecc). Il presente progetto può stimolare la ricerca per approcci didattici da inserire in nuovi programmi educativi (Lo Tauro, A. 2008d) da estendere al campo della Telegeomatica (Manzoni, G. 2006).

2. Tecnologie GIS per il Piano Paesaggistico

La pianificazione e la realizzazione di un prototipo per un GIS dinamico è orientato alle attività di Tutela e Valorizzazione del patrimonio culturale per i Piani Paesaggistici. Questo prototipo può sostenere anche la gestione di strategie di protezione e valorizzazione mediante l'implementazione di tecnologie ICT (Lo Tauro A., 2003 and Manzoni, G. 2007) per il patrimonio culturale e naturale non solo nella provincia di Catania, ma anche in altre province europee e nel mondo. Le tecnologie GIS sono state già utilizzate nel quadro del Piano Paesaggistico Regionale della Regione Autonoma in Sicilia per l'analisi del patrimonio culturale e naturale, ma possono essere adeguatamente integrate ad analisi per nuove strategie di conservazione dei centri storici in funzione di una conservazione programmata, da associare ad accurate analisi dei *brownfields* attraverso *change detection* e *data fusion*, salvaguardando non soltanto *cultural heritage* e *landscape* ma anche il benessere pubblico e la diversità della vita. Il turismo, in particolare quello culturale, e lo sviluppo economico generato dalla valorizzazione del patrimonio culturale rappresenta una delle industrie trainanti dell'economia, ove un saggio uso del territorio, con l'ausilio di tecnologie innovative, deve essere calibrato in funzione della tutela dell'ambiente ed il raggiungimento di modelli efficienti di sviluppo sostenibile⁹. I primi articoli di questo studio si riferiscono anche alla definizione di nuove metodologie e modelli per l'analisi dell'uso del suolo. La ricerca si estende infatti anche ad accurate indagini che analizzano la capacità di rilevare curve iperspettrali anche coll'osservazione dall'alto, e quindi di rilevare dettagliatamente i materiali presenti sulla superficie. La possibilità di ottenere curve iperspettrali rende infatti possibile acquisire informazioni dettagliate sui materiali presenti sulla superficie indagate. Essenzialmente tali curve consistono di grafici che tracciano la riflettanza dall'oggetto osservato in funzione della lunghezza d'onda, nella gamma corrispondente all'illuminazione solare (dal visibile all'infrarosso medio). Le curve iperspettrali registrano anche i dettagli dei fenomeni di assorbimento. Dato che è possibile rappresentare ciascuna banda come un'immagine, si parlerà anche di *spettroscopia d'immagine*¹⁰. Il punto di partenza di tale ricerca è

⁹ Un importante contributo alla ricerca è dato dal Programma *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES <http://www.gmes.info/>) e Kopernikus.

¹⁰ Con un numero noto di elementi puri dei quali sono noti gli spettri, si può scrivere la risposta spettrale di un pixel come:

$$DN_i = \sum_{j=1}^n (R_{ij} \cdot F_j) + E_i$$

$i = 1, \dots, m$ (numero di bande); $j = 1, \dots, n$ (numero di elementi puri); DN_i = riflettanza spettrale della i -esima banda del pixel; R_{ij} = riflettanza spettrale nota dell' i -esimo componente; F_j = il coefficiente frazionario del j -esimo componente nel pixel; E_i = errore per la i -esima banda spettrale.

lo sviluppo di librerie spettrali (ovvero migliaia di curve spettrali ottenute da spettrometri applicati a materiali distinti) rispondenti alle necessità di indagare le differenti tipologie di patrimonio culturale selezionate nel *case-study* in funzione delle diverse classi di copertura del suolo, sia in laboratorio sia *in situ*. Tali librerie verranno implementate nel corso degli anni raccogliendo i contributi di diversi gruppi di ricerca (come ad es. l'U.S Geological Survey di Denver).

All'interno dello studio di quei modelli d'analisi la piattaforma GIS permette di visualizzare e comprendere i dati in modo da rilevare rapporti, modelli per *land use analysis*. Il progetto include anche la definizione dettagliata delle caratteristiche dei dati cartografici (disponibili o in fase di acquisizione) e di tutti gli elementi necessari (sia topologici che informativi) per la creazione di una base dati geografica georeferenziata. Il prototipo GIS¹¹ è stato creato usando anche tecnologie *free-GIS* e *Open Source Geospatial analysis*. Allo scopo di facilitare l'elaborazione di nuovi dati, sono stati sviluppati differenti livelli tematici per il *Project-GIS*. La ricerca cartografica¹² esplora l'uso di mappe tematiche per il piano paesaggistico con lo scopo di trarre delle informazioni territoriali per la "mappa dei valori paesaggistici" attraverso rappresentazioni 2D/3D, DTM ed analisi RS con metodologie *data-fusion*, analizzando i seguenti intorni territoriali: antiche pianure costiere con linea di contorno (50m), analisi di linee di costa attraverso implementazione di nuove metodologie di *listing*¹³, colate laviche storiche, rive dei fiumi, vegetazione tipica degli ambienti fluviali (Lo Tauro, A.2007b), pianure (di circa 10 ettari), zone di D.O.P. e produzione IGP, vegetazione protetta, monumenti verdi, parchi agricoli, aree protette (come Siti di Interesse Comunitario e Zone di Protezione Speciale), eco-agricoltura, approcci alla conservazione della biodiversità marina, analisi geologiche e geomorfologiche; stima della densità di popolazione relativa ai vari distretti ed analisi dati ISTAT; l'analisi dell'uso del suolo e dei *greenways* viene implementata attraverso la ricerca di nuove analisi e metodologie di classificazione RS (Lo Tauro, A. 2007b e Lo Tauro, A. 2008b). Ciascuno di questi elementi della base dati è caratterizzato da una serie di attributi, strettamente legati agli aspetti gestionali dei Piani Paesaggistici. Ad esempio per i *greenways* sono stati specificati classi e toponomastica, gli estremi delle ordinanze di istituzione che ne determinano la validità e le differenti tipologie. La ricerca comprende anche l'analisi meteorologica: la variabilità climatica e la variabilità temporale. Il *network* dei dati climatici verrà implementato con il supporto di analisi RS (come ad esempio EarthCARE, ESA's Cloud e Aerosol Mission www.esa.int). L'analisi dei centri storici, dei siti archeologici, l'analisi del patrimonio architettonico e naturale coinvolgono anche rappresentazioni 2D/3D effettuate secondo rilievi eseguiti con tecnologie *Mobile Mapping System* e *Spatial Imaging* (www.trimble.com). Il patrimonio paesaggistico viene pertanto analizzato anche attraverso un'accurata analisi degli itinerari culturali delle infrastrutture verdi, delle attività di conservazione e di recupero delle aree faunistiche importanti, degli importanti punti di vista naturalistici, mediante l'ausilio di tecnologie per la riduzione dell'impatto ambientale (Lo Tauro, A. 2005) legate a tecnologie per *Web-GIS Portals* e ICT conformi agli standard europei (Lo Tauro, A. 2003). L'analisi comprende anche lo studio di nuove metodologie per la realizzazione di cartografie tematiche nel settore del fotovoltaico (Lo Tauro, A. 2008c) e per la ricerca di programmi di sviluppo sostenibile nel settore dell'energia rinnovabile.

3. Conclusioni

La ricerca è stata sviluppata al fine di implementare la piattaforma GIS del Piano Paesaggistico Regionale della Regione Autonoma della Sicilia ed in particolare della Provincia di Catania¹⁴. La Sicilia è stata una delle prime regioni italiane che si è dotata di un Piano Paesaggistico secondo quanto stabilisce il decreto legislativo n.42/2004. All'interno delle linee guida di sviluppo strategico

¹¹ Parte di questa ricerca è stata condotta in collaborazione con la Provincia Regionale di Catania, *Nicolosi Civil Protection Centre*, Ente Parco dell'Etna e le PMI (come la Teseo Sistemi, la Trimble Regione Sicilia - GISAT, www.gisat.it)

¹² Si fa riferimento a Kraak, M J and Ormeling F.J (1996)

¹³ Rif. Surace, L. (2008, SIFET 2008, presentazione orale), Lo Tauro, A. (2001) and GOCE Programme (www.esa.int).

¹⁴ Grazie al Dott. Geol. S. Fazzina e Dott. Geol. Franco La Fico (Soprintendenza per i beni culturali e Ambientali di Catania - Rif. P.O.R Sicilia 2000-2006 misura 2.02 Azione C – CD ROM).

del Piano Paesaggistico è stata iniziata, come studio preliminare, una ricerca di itinerari culturali al fine di mettere a sistema intorni territoriali con identità culturali comuni e valutare sistemi di relazione per fondare strategie di sviluppo secondo la ricerca di applicazioni innovative. I *test-fields* sono serviti a stabilire criteri per la creazione di un geodatabase per Piani Paesaggistici Regionali in Italia (come la Lombardia, la Calabria¹⁵, il Friuli Venezia Giulia, etc.) e strategie di *Landscape Plan* in Europa (come La Gran Bretagna, ed alcuni distretti Svizzeri¹⁶). Questa analisi si estende oltre il confine del settore pubblico al fine di sviluppare nuovi programmi educativi (es. corsi *e.learning*) *World Wide* e migliorare l'efficienza e la collaborazione tra le amministrazioni italiane, internazionali e le PMI (Piccole e Medie Imprese). Tale analisi si può estendere anche ad altri strumenti di pianificazione territoriale come i Sistemi Turistici Locali, i *Master Plans*, i Piani Particolareggiati per la tutela del patrimonio architettonico (Lo Tauro, A. 2005). In Sicilia ci sono, in particolare, 829 centri storici che necessitano di essere restaurati nell'immediato futuro (fino al 2009) finanziati dal Programma P.O.R. In particolare la ricerca ha l'obiettivo di preservare e valorizzare risorse culturali e naturali anche nel caso di analisi di rischio, che richiedono generalmente un'azione urgente per la messa in sicurezza del patrimonio culturale e naturale e per la classificazione del territorio in base alla pericolosità, l'individuazione e la caratterizzazione degli elementi esposti ai fini dell'analisi della vulnerabilità. Le moderne tecnologie di telecomunicazione ed ICT, in particolare, sono servite ad identificare una certa quantità di gap informativi in caso di eventi calamitosi attraverso la localizzazione di mezzi tramite GPS, identificazione di oggetti tramite *Radio Frequency Identification* con gestione territoriale tramite GIS specializzati. In particolare le nuove strategie di messa in sicurezza del patrimonio culturale hanno posto l'accento sull'efficienza dei sistemi di trasmissione dati in tempo reale coinvolgendo squadre di intervento e dotazioni tecnologiche anche simulando eventi di rischio vulcanico o vari rischi naturali e/o antropici nel modo più efficace ed efficiente. La strategia proposta si basa sull'integrazione di differenti tecnologie nel settore *surveying* e *mapping* capace di analizzare tutte le componenti del panorama culturale su scala territoriale (archeologica, architettonica, paesaggistica, itinerari culturali, *greenways*, etc.) legate alle attività di conservazione e recupero del patrimonio culturale studiate *ad hoc* per la ricerca di nuovi modelli GIS per la riduzione dell'impatto ambientale e per lo sviluppo sostenibile da integrare ad altri settori (turismo, *marketing*, ricerca scientifica, orientamento professionale, formazione, ecc.). In particolare l'implementazione del GIS dei "Piani Paesaggistici" della provincia di Catania offre l'opportunità per sviluppare nel *test-field* tutte le tecnologie disponibili (indagini topografiche innovative e tradizionali, *Virtual Reference Station*, *Remote Sensing*, *Mobile Mapping System*, "GIS in tempo reale", telecomunicazione, robotica, ecc.) al fine di guidare la ricerca verso più efficienti modelli di pianificazione per i *Landscape Plans*.

Riferimenti bibliografici

- Lo Tauro, A. (2005) *Vision techniques for digital architectural heritage* in EVA 2005 Florence Conference (March 17-18) pp. 120-125.
- Giuffrida A. Lo Tauro A. (2006) "Technologies and community mechanism for civil protection assistance and cultural heritage conservation" in CORRP 2006 & Geomultimedia06, Sustainable Solution for the Information society – 11th International Conference on Urban Planning and Spatial Development for the Information Society, Vienna Feb. 13-16, 2006 (http://www.corp.at/Download/CORP2006_CDRom/archiv/papers2006/CORP2006_GIUFFRIDA.pdf) pp. 249-253
- Giuffrida, A. Lo Tauro, A. (2006) "Gestione degli scenari di rischio e la tutela dei beni culturali: il Piano Etna" *Sessione Sessione Poster 2. 5 "Applicazioni ambientali della Cartografia"* in *Atti della X Conferenza ASITA*, CD ROM
- Lo Tauro, A. (1995) *Urban development: Typo-morphological method in Architectural education*, in *Educating for Real_ "The Training of Professionals for development Work"*, Sept. 1995. pg 14

¹⁵ Grazie allo Staff del SIT, Regione Lombardia, all'Ufficio Territoriale per la Biodiversità (Cosenza) e al "Corpo Forestale dello Stato".

¹⁶ Si fa riferimento al *Comet Programme* (1992-1996). Si ringrazia anche Emanuele Traversari, Customer Support Engineer (ERDAS, *The Earth to Business Company*) per RS data.

- Lo Tauro A, (1997): *Mid Term Report: Sicil Innovation, Craft Focal Point Project* Consorzio Catania Ricerche, Settore agro-industriale,
- Lo Tauro A, (1997): *Final Report: Sicil Innovation, Craft Focal Point Project* Consorzio Catania Ricerche, Settore costruzioni.
- Lo Tauro A. (2001) *Beni culturali, Attività produttive, valenze ambientali*, Master Thesis in “Storia ed analisi del territorio”, Scuola Superiore, Catania University
- Lo Tauro, A. (2003) *Technologies for Cultural Heritage: cultural electronic portals and webGIS* MA Thesis, “Scuola Superiore”, Catania University
- Lo Tauro, A, Allegrini A., Di Paola, G. Spina, S.E (2005a) *Pattern recognition e remote sensing: il territorio del Parco dell'Etna* in AreaAvasta, Anno 6, Numero 10/11 (rivista semestrale della Provincia di Salerno - Supplemento della rivista La Provincia di Salerno aut. Trib. Salerno n. 991 del 8/9/1997) pp 142-148
- Lo Tauro, A. e Costa N. (2005b) “Metodologie di Analisi e DTM per i Piani di Protezione Civile”, *Sessione 2.1. "Processi di elaborazione di carte tematiche per l'analisi e la gestione del territorio"*, in *Atti della 9^o Conferenza ASITA*, ”, pp. 1387-1392
- Lo Tauro, A. e Costa N. (2005c) “Trasformazioni territoriali e VIA. Un modello di analisi su piattaforma GIS”, *Sessione 2.1 GIS/applicazioni nella pianificazione e gestione territoriale*”, in *Atti della 9^o Conferenza ASITA*, pp. 1381-1386
- Lo Tauro, A. (2005d) “Tecnologie GIS per la tutela e valorizzazione dei beni culturali”, *Sessione 2.1 GIS/applicazioni nella pianificazione e gestione territoriale*”, in *Atti della 9^o Conferenza ASITA*, pp. 1375 – 1380
- Lo Tauro, A. (2006) *Terrestrial laser scanner in natural heritage: new perspectives in 3D surveying*, 2^o European Optech LaserScanner 3D Seminar, Available from <http://www.codevintec.it> (accessed June 2006)
- Lo Tauro, A. (2007a). *Geomatic technologies in Cultural Heritage Survey and Conservation*, *EVA Florence Proceedings*, 146-151
- Lo Tauro, A. (2007b) *The integration of Remote Sensing and GIS to facilitate Environmental and Cultural Resources Management*. Trieste: PhD Thesis, Faculty of Informatics and Mathematics, University of Trieste.
- Lo Tauro A. (2008a) “Pianificazione e gestione di edifici industriali e commerciali: ricerca di nuove applicazioni per il rilievo” Abstract in *Atti del Convegno Nazionale SIFET 2008*, Castellaneta 18-20 giugno, 2008, Abstract su CD ROM
- Lo Tauro, A. (2008b) *GIS-database development and RS for Strategic Environmental Assessment*, in 33rd IGC International Geological Congress Earth System Science: Foundation for Sustainable Development, 6-14 Agosto 2008 Abstract in web: www.33igc.org/coco
- Lo Tauro (2008c) *Geomatics for landscape heritage and resource management: innovative applications in Educational Programmes* – Abstract AARG 2008, 9-11 September 2008, Lubiana
- Lo Tauro (2008d) *RS detection and PV Thematic Cartography for Environmental Protection* – accepted for publication in *Atti della XII Conferenza ASITA, (21-24 ottobre 2008)* CD ROM
- Manzoni, G. (2001), *Metodi di posizionamento satellitare per GIS in tempo reale*, in *GIS Metodi e strumenti per un nuovo governo della città e del territorio*, Maggioli Editore
- Manzoni, G. (2006), *Telegeomatica applicata al rischio vulcanico*. In *Atti del Convegno “Il piano Etna, rischio vulcanico versante sud”*, Nicolosi, 12 giugno 2006
- Manzoni, G. (2006) *Accurate GIS and Galileo Commercial Service vs DGPS for safety and tourism in TELEMObILITY FORUM, AGENDA 2006*
- Manzoni. G. (2007) “*ICT per il Territorio*” web: <http://www2.units.it/~telegeom/>
- Manzoni, G. and MONITOR GEONETLAB team (2008). *GALILEO in Civil Engineering in CEI perspectives: a Pilot Project of MONITOR*, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-04723, 2008 SRef-ID: 1607 7962/gra/EGU2008-A-04723 EGU General Assembly 2008
- Surace L. (1998) *La georeferenziazione delle informazioni territoriali*, *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, 3, Firenze, IGM
- Surace, L. (2008) *Appunti per una politica nazionale dell'informazione territoriale*, *Geomedia*, La prima rivista italiana di geomatica e geografia intelligente, N. 1 pp. 29-34

RILIEVI FOTOGRAFICI DI PRIMA ISTANZA GEOREFERENZIATI ATTRAVERSO CELLULARI COMMERCIALI

Roberto LOJACONO (*), Fabrizio PINI (*), Corrado IANUCCI (**),
Stefano ANGELUCCI (***)

(* Università di Roma "Tor Vergata" – dip. Ingegneria Elettronica, via del Politecnico 1 – 00133 Roma

(**) Eau de Web / ARNIA Software Srl, Barbu Delavrancea 10, et 2 - 011351 Bucharest

(***) EERC – Educational and Electronic Reserch Centre, viale Londra 10 – 00142 Roma

Riassunto

L'evoluzione tecnologica dei telefonini, che prevede tra l'altro l'introduzione di fotocamere, di sensori di localizzazione satellitari (GPS) e la possibilità di realizzare software ad hoc, favorisce la realizzazione di nuovi servizi. Inoltre la possibilità di usufruire di servizi GIS web-based gratuiti (tipo GE - *Google Earth*) anch'essi adattabili a molteplici esigenze allargano lo spazio dei servizi svilupparli. In quest'ottica è stato realizzato un servizio per effettuare rilievi fotografici georeferenziati, di prima istanza, attraverso un telefono cellulare dotato di fotocamera e connesso ad un ricevitore GPS via radio (bluetooth). Sono stati valutati i limiti tecnici in base alle condizioni d'utilizzo. La conclusione del lavoro mostra che è possibile realizzare rilievi fotografici di prima istanza in assenza di ostacoli (ovvero in aperta campagna) con un'incertezza delle misure lineari inferiore al 2%. Un altro vantaggio è che i rilievi sono archiviabili in un *data base* in tempo reale. Tali rilievi sono eseguibili in modo estremamente pratico ed economico da personale facilmente addentrabile. Inoltre il continuo progresso tecnologico migliora ulteriormente la qualità dei rilievi avvicinandoli a quelli ottenuti con strumenti professionali.

Abstract

Mobile phone evolution included the integration of camera and GPS receiver. In addition are now available service development tool kit allowing to develop ad hoc software for several mobile phones models. On the other hand, leader internet portal Google offer, free of charge, GE (Google Earth) a web based GIS service low definition. Also GE is configurable. These two main stones allowed us to set up a service to achieve a draft photo remote sensing. The conclusion of the work has been that it is possible to take pictures and achieve distance measures with an error less than 2%. This achievement is obtainable only in open field (without obstacles). If obstacles are present location measures results very different as shown in the paper. Two important pros of the proposed method to obtain low precision remote sensing is that it can be used by low profile users and that the pictures and measures can be stored in a data base in real time.

Introduzione

L'obiettivo del lavoro è stato comprendere con quali limiti è possibile effettuare rilievi fotografici georeferenziati di prima istanza, attraverso un telefono cellulare dotato di fotocamera e connesso ad un ricevitore GPS via bluetooth.

La diffusione dei ricevitori GPS a basso costo collegabili ai telefonini (GPRS/UMTS) attraverso la tecnologia radio bluetooth o direttamente integrati in essi, consente potenzialmente di effettuare misure di posizione (e quindi di distanza e di superficie) in modo estremamente pratico. Inoltre essendo i telefonini dotati di rilevatore ottico, ormai di buona qualità, anche 5 Mpixel (formato 2592 x 1944) è altresì possibile effettuare rilievi fotografici.

Al momento sono disponibili sul mercato consumer italiano circa 20 modelli con GPS e fotocamera da 3 Mpixel e circa 6 modelli con GPS e fotocamera con almeno 5 Mpixel. Per di più l'evoluzione tecnologica attesa consentirà un progresso sia in termini dei dispositivi di localizzazione che in termini dei sensori ottici, avvalorando così la tesi che prevede una maggiore diffusione dei cellulari anche per i rilievi topografici di prima istanza.

Tuttavia poiché la differenza con le attrezzature professionali è, al momento, rilevante ci si propone di analizzare i limiti di questo approccio, esaminando i dati rilevati con un GPS commerciale in varie condizioni di utilizzo. Inoltre ci si propone di mostrare l'applicazione realizzata internamente al dipartimento, basata su *open source*, finalizzata alla catalogazione georeferenziata dei rilievi fotografici.

Un'ulteriore peculiarità dell'uso del telefonino per i rilievi risiede nel fatto che ogni rilievo può essere inserito e catalogato direttamente nella *data base* in tempo reale attraverso la connessione GPRS/UMTS.

Si ricorda che il sistema GPS consente di localizzare i ricevitori attraverso la triangolazione (*trilateration*). Si presuppone che siano note le coordinate dei k satelliti $SP^{(k)} = \{x^{(k)}, y^{(k)}, z^{(k)}\}$ (*SP Satellite Position*) e che occorra calcolare le coordinate del ricevitore $RP = \{x, y, z\}$ (*RP Receiver Position*). La distanza $d^{(k)}$ tra il k -esimo satellite e il ricevitore è $d^{(k)} = SP^{(k)} - RP$. Tutte le grandezze sono vettoriali. Il modulo di $|d^{(k)}| = c \cdot (t^{(k)} + \varepsilon)$ dove c rappresenta la velocità media di propagazione dell'onda elettromagnetica tra il satellite e il ricevitore e ε la differenza di clock tra il satellite e il ricevitore. I parametri c e ε si presuppongono costanti per tutte le tratte radio. Pertanto si deduce che le incognite sono 4 $\{x, y, z, \varepsilon\}$. Sono necessari almeno 4 satelliti per effettuare una misura di localizzazione.

$$d^{(k)} = \sqrt{(x^{(k)} - x)^2 + (y^{(k)} - y)^2 + (z^{(k)} - z)^2} = c \cdot (t^{(k)} + \varepsilon)$$

Per $k = 1 \dots 4$.

Metodologia

È noto (Pini, 2004; Pini, 2005) che le misure effettuate con il sistema GPS sono fortemente influenzate dagli ostacoli posti nelle vicinanze al ricevitore. Questi fenomeni sono presenti (Renso et al., 2007) prevalentemente in ambiente urbano (urban canyon), ovvero laddove occorrerebbe maggiore precisione per poter effettuare rilievi fotografici e per offrire servizi di navigazione *pedestrian / automotive*.

È stato allestito un test bed nel laboratorio che comprendente *hardware* e *software*. Gli elementi *hardware* sono: *server*, connessione ad internet, telefonino Nokia 6680, ricevitore GPS bluetooth. I *software* per il *server* sono: "GPS server" e "Localized Camera" entrambi *php based* interagenti con *db-mysql*, *Google Earth* e *Google Map*. I software per il telefonino *java based* sono: "GPS server" e "Localized Camera". Entrambi i *software* del telefonino provvedono ad aprire una connessione con il ricevitore GPS attraverso bluetooth e un'altra con il *server* attraverso la tratta radio GPRS/UMTS.

L'obiettivo del lavoro è stato perseguito per fasi.

- Fase 1: verifica della qualità delle misure effettuate in campo aperto.

- Fase 2: verifica della qualità delle misure effettuate in presenza di ostacoli.
- Fase 3: catalogazione delle immagini e degli attributi di georeferenziazione in real time e gestione attraverso interfaccia web.

Per la fase 1 si è individuata un'area libera da ostruzioni, con una visibilità di 2π steradiani (360° sul piano orizzontale e 180° su quello verticale), e su di essa si è presa una distanza di 100 metri, rilevata con una fettuccia da cantiere. E' stato posto il GPS commerciale sia nel punto iniziale (punto A) che in quello finale (punto B) effettuando per entrambi i 2 rilievi una collezione di misure statiche. In tutte queste misure il parametro DoP (*Dilution of Precision*), che tiene conto della distanza tra i satelliti utilizzati per effettuare le misure, era sempre minore dell'unità ad indicare che la qualità delle misure era la massima possibile. Queste misure andavano a popolare in automatico il *db-mysql*.

Al termine, attraverso il *software* installato nel *server* - *GPS server*, è stato possibile mostrare tutti i dati su Google Earth ottenendo una misura di distanza differente da quella rilevata con la fettuccia da cantiere di un valore minore del 2%.



Figura 1. L'immagine mostra i rilievi effettuati in campo aperto. La distanza misurata risulta 101.06 m. I punti sono stati posizionati a 100 m, la differenza è inferiore al 2%.

Inoltre tutti i rilievi associati sia al punto A che B circoscrivevano un'ellisse i cui assi avevano dimensioni inferiori al metro.

Successivamente si è passati alla fase 2, con lo scopo di verificare l'effetto degli ostacoli. Sono stati effettuati dei rilievi posizionando il ricevitore GPS in modo che ricevesse i satelliti solo da un semispazio di π steradiani (180° sul piano orizzontale e 90° su quello verticale), ovvero sul davanzale del laboratorio. Tale davanzale è ubicato al secondo piano ed orientato approssimativamente verso Nord. Anche in questo caso è stata effettuata una campagna di misure che poi è stata visualizzata attraverso Google Earth.

La caratteristica dei rilievi è stata molto diversa rispetto a quella della fase 1. Per prima cosa si è notato che il DoP è risultato sempre maggiore di 4; ad indicare una bassa qualità di misure rilevate causata prevalentemente dell'uso di satelliti vicini tra loro. Com'è noto infatti utilizzare satelliti non

equamente distribuiti non consente, da un lato, una corretta sincronizzazione del clock del ricevitore e, dall'altro, di beneficiare il vantaggio statistico della modellizzazione del mezzo attraversato (ionosfera e troposfera). Satelliti lontani tra loro garantiscono maggiore eterogeneità delle tratte radio e quindi una maggiore attendibilità statistica.



Figura 2 Impronta delle misure in presenza di un ostacolo (lo stabile del dipartimento).

La seconda cosa notata è che i rilievi circoscrivevano un'ellisse di generose dimensioni. Circa 20 metri di asse maggiore e 10 di asse minore. Un fattore molto interessante, ma già noto, (Lojacono et al., 2007) è stato l'orientamento dell'ellisse. L'asse maggiore è perpendicolare alla facciata dello stabile del dipartimento. Fase 3.

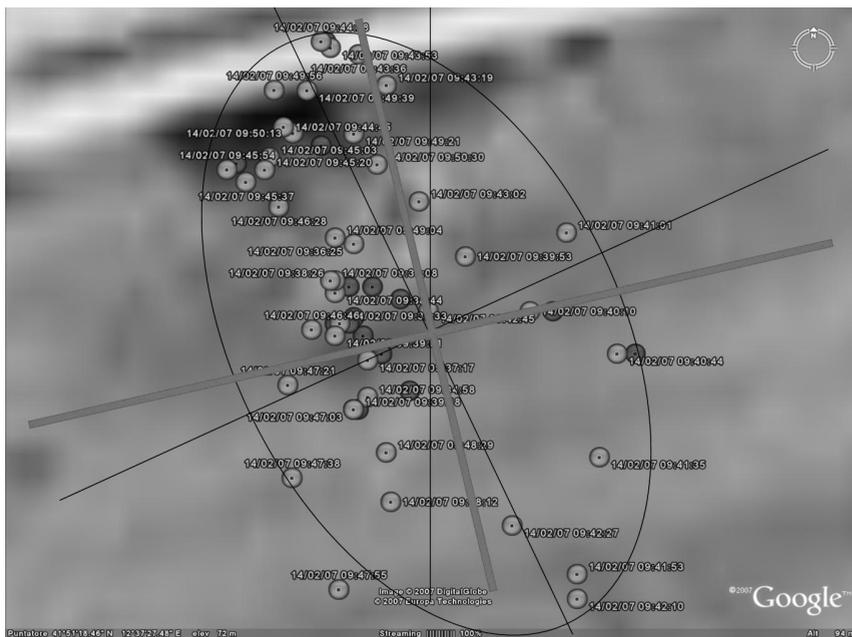


Figura 3 L'immagine mostra l'impronta delle misure con la stessa scala delle misure effettuate in campo aperto: il confronto mostra un'impronta con area estremamente maggiore. Inoltre gli assi di colore nero mostrano gli assi dell'ellisse che racchiude la quasi totalità delle misure, mentre quelli di colore rosso, mostrano gli assi paralleli a quelli dello stabile del dipartimento. La differenza è minore di 15°. Come si evince l'ostacolo enfatizza l'errore lungo l'asse trasversale. Questo perché la coordinata lungo l'asse longitudinale è ottenuta da satelliti contrapposti mentre quella lungo l'asse trasversale è ottenuta solo da satelliti posizionati dalla stessa parte.

E' stato realizzato attraverso la combinazione dei software presenti nel telefonino e nel server un servizio detto "Localized Camera". Esso consente l'invio in tempo reale delle immagini riprese, corredate delle coordinate geografiche e dei parametri di qualità delle misure effettuate con il GPS (GDoP, numero dei satelliti utilizzati, ecc.). Inoltre attraverso l'accesso web è possibile, cliccando sulla foto, aprire google maps con un toponimo (*marker*) nel punto indicato dai rilievi GPS.

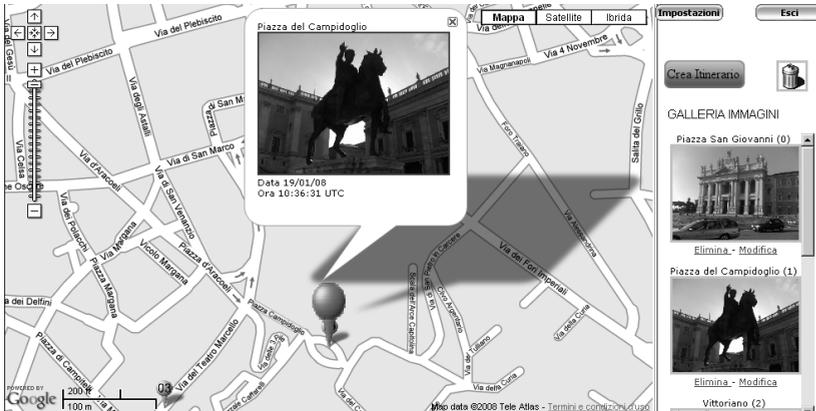


Figura 4 Esempio di presentazione del prodotto "Localized Camera" realizzato all'interno del dipartimento finalizzato alla catalogazione delle immagini in tempo reale.

Risultati e sviluppi futuri

Le misure effettuate hanno consentito di rilevare che gli attuali GPS commerciali consentono di effettuare misure di posizione interessanti solo per rilievi grossolani. Nelle misure di distanza ci attende errori di circa il 2% in campo aperto. In assenza di ostacoli le cose vanno molto peggio in base alle condizioni di misura.

Per quanto riguarda la qualità delle immagini gli attuali terminali si giovano molto delle economie di scala possibili. Nokia è il primo produttore al mondo di macchinette fotografiche! Gli ultimi modelli di *mobile phone* dispongono di autofocus. Il vantaggio rilevante è comunque rappresentato dalla praticità dello strumento. La validità del lavoro svolto è ancora più enfatizzata dal fatto che il mercato dei telefonini, disponendo di ingenti capitali per la ricerca e sviluppo, evolverà a ritmi maggiori rispetto agli altri fornitori.

Per quanto riguarda la costellazione GPS, in futuro, invierà i segnali per effettuare la localizzazione consumer non più sulla singola frequenza L1 (1575.42 MHz) ma anche sulla frequenza L2 (1227.60 MHz), garantendo una migliore modellizzazione della ionosfera che si tradurrà in una più accurata qualità della misura. Inoltre l'incremento della potenza di trasmissione dei satelliti consentirà il miglioramento della ricezione dei segnali anche nel sottobosco (ostacolato dalle foglie degli alberi), nei canyon urbani (attraverso le riflessioni multiple) e in alcuni casi anche all'interno degli edifici (prevalentemente nei piani alti).

In futuro l'agenzia spaziale europea (ESA) avrà reso operativo il programma EGNOS che consentirà, attraverso le stazioni di terra di migliorare la qualità delle misure e i tempi di acquisizione. Inoltre, saranno disponibili altre 2 costellazioni, la russa GLONASS e l'europea GALILEO. La prima, è già operativa e sarà in stato avanzato di sviluppo entro la fine del 2008, con 22 satelliti. Per la seconda occorre attendere il 2013.

Però mentre la realizzazione di ricevitori GPS/GALILEO integrati nei telefonini è relativamente semplice - si realizza tramite poche modifiche hardware ed alcune implementazioni software - la realizzazione di ricevitori GPS/GLONASS di piccole dimensioni, al punto da essere integrati nei

telefonini, è più difficile in quanto il sistema GLONASS utilizza la tecnica di trasmissione FDMA diversa da quella CDMA utilizzata da GPS e GALILEO. Pertanto per effettuare il ricevitore GPS e GLONASS occorre realizzare 2 ricevitori completamente separati ed un *microchip* (processore) matematico in grado di ottenere la miglior stima in base alle 2 misure ottenute dalle 2 costellazioni. Ciò implica un incremento di costo, dimensioni e consumo di batterie.

E' stato comunque avviato, il 14 dicembre 2006, un gruppo di lavoro congiunto USA/Russia finalizzato a risolvere questo problema. Non si esclude che anche il GLONASS in futuro possa adottare la tecnica CDMA.

Un altro filone per incrementare la precisione e l'affidabilità dei rilievi topografici, prevede l'integrazione di altri sensori di localizzazione indipendenti dal GPS come gli accelerometri o giroscopi ottici. Dal punto di vista dei rilevatori ottici si andrà verso cellulari sempre più "macchinette fotografiche" dotate di sensori di alta qualità 10 Mpixel meccanicamente stabilizzati al fine di compensare le micro vibrazioni.

Per trasferire le immagini si ricorrerà all'evoluzione dell'UMTS che prevede sia HSxPA (già presente a 7.2 Mbps nella maggior parte delle reti mondiali) che la tecnologia WiMax. Da parte nostra occorre monitorare lo stato dell'arte di tutti gli elementi che compongono il servizio (telefonini, costellazioni GNSS, applicazioni GIS web based) al fine di seguirne l'evoluzione.

Bibliografia

Pini F. (2004), "GPS: come funziona e quanto è preciso. Scopriamo nel dettaglio quanto incide sulla precisione della localizzazione l'imprecisione dovuta agli orologi, con uno sguardo al GPS differenziale e al sistema EGNOS o WAAS", *Wireless*, n. 44 October.

Pini F. (2005), "Quanto è preciso il GPS? Il GPS consente di misurare la posizione, la velocità e l'orario. Vediamo, nel dettaglio, come è possibile misurare la velocità e con quale precisione", *Wireless*, n. 50 September.

Pini F. (2006), "Machine to machine, un segmento in espansione nelle comunicazioni", *Wireless, Tecnologie per il management dei processi aziendali*, n. 58 September.

Pini F. (2007), "There's huge market potential in the new generation of GPS-based location services", *Mobile Media*, vol. 8, n. 4, pp. 20 February.

Lojacono R., Pini F., Angelucci S., Guerrero Marin J. L. (2007), "GPS: quanto sono precisi?" *Wireless, Tecnologie per il management dei processi aziendali*, n. 65 May, pp. 76-9.

Renso C., Puntoni S., Frentzos E., Mazzoni A., Moelans B., Pelekis N., Pini F. (2007), "Wireless Network Data Sources: Tracking and Synthesizing Trajectories," Chapter 3 in F. Giannotti and D. Pedreschi (eds), *Mobility, Data Mining and Privacy, Geographic Knowledge Discovery*, Springer.

DINAMICHE EVOLUTIVE DELLA COPERTURA DEL SUOLO. UN CONTRIBUTO ALLA DEFINIZIONE DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Fabio LUCCHESI, Stefano BARTALINI, Iacopo BERNETTI, Stefano BOLOGNA,
Christian CIAMPI, Francesco MONACCI, Patrizia ROSSI, Massimo TOFANELLI

Laboratorio per la Rappresentazione Identitaria e Statutaria del Territorio (LARIST), Dipartimento di Urbanistica e Pianificazione del Territorio, Corso di Laurea in Pianificazione della città, del territorio e del paesaggio, Università di Firenze, via Cavour, 36, EMPOLI (FI), tel 0571/757886, fax 0571/757832, e-mail cdl.pianificazione@unifi.it

Riassunto

Il lavoro presentato è stato prodotto in una esperienza didattica dedicata a una esercitazione di *change detection* rispetto a quanto documentato nella Carta dell'Uso del Suolo della Regione Toscana del 1978. I risultati ottenuti, seppure ancora parziali, dimostrano la fertilità di simili operazioni conoscitive nella costruzione dei quadri conoscitivi connessi alla pianificazione territoriale.

Abstract

This work is related to a didactic experience on change detection processing of 1978 Tuscany Land Cover Map. The results, though partial, show the potentiality of this operation as an instrument to improve cognitive descriptions in country planning context.

1. Il contesto e le finalità della ricerca

Il contributo presenta una esperienza maturata e svolta nel corso delle attività didattiche del Laboratorio di Pianificazione territoriale e ambientale del Corso di laurea in Urbanistica e pianificazione territoriale e ambientale della Università di Firenzeⁱ. L'interesse dell'esperienza non risiede tanto nel merito dei suoi risultati, per altro ancora parziali, quanto nelle implicazioni metodologiche e disciplinari legate ai metodi utilizzati nel corso del suo svolgimento e alle prospettive del suo approfondimento.

Alcune innovazioni legislative recenti intervenute nella strutturazione tecnico-metodologica degli strumenti di pianificazione (ai diversi livelli: territoriale, paesaggistica, ambientale e urbana) pongono il riconoscimento dell'identità dei luoghi a fondamento delle attività di prefigurazione degli scenari di trasformazioneⁱⁱ. In forza di questo principio i quadri conoscitivi associati agli strumenti di pianificazione contengono sempre più spesso descrizioni delle strutture identitarie dei luoghi. Queste, per lo più, si fondano sulla esplorazione delle dinamiche evolutive degli assetti territoriali e tentano di distinguere il diverso grado di persistenza rispetto al cambiamento dei legami che ne strutturano gli elementi. Il dibattito recente intorno ad alcuni paradigmi teorici utilizzati in questa fase di rinnovamento ("invariante strutturaleⁱⁱⁱ", "descrizione fondativa^{iv}", ecc.), tuttavia, soffre ancora di alcune incertezze. In particolare appaiono poco definiti due aspetti: da un lato una definizione sufficientemente stabile dei livelli appropriati nelle scale di osservazione, poiché l'esame delle dinamiche evolutive porta a risultati anche sensibilmente diversi se condotto alla piccolissima scala delle rilevazioni satellitari, piuttosto che alla grande scala delle rilevazioni catastali. Dall'altro lato la letteratura recente presenta studi molto dissimili per quanto riguarda l'individuazione dell'intervallo temporale rispetto al quale giudicare le tendenze del cambiamento: talora le osservazioni riguardano le tendenze più recenti e si basano su intervalli temporali molto ravvicinati; altre volte la misura del

cambiamento verifica le trasformazioni degli assetti territoriali su intervalli cronologici assai più lunghi, fino alla massima possibilità concessa dalla esistenza di documentazione appropriata, e perfino oltre. Queste incertezze hanno importanti conseguenze sulla definizione stessa del paradigma dell'identità; detto con semplicità, ma con chiarezza: la verifica della riproduzione delle identità territoriali va svolta misurando la distanza rispetto a un ideale "stato originario", oppure è necessario concepire un processo evolutivo continuo in cui variazioni, anche rilevanti, dei caratteri superficiali degli assetti territoriali non contraddicono la persistenza di strutture profonde?

Il tema della valutazione e del monitoraggio delle trasformazioni territoriali è molto presente nel dibattito recente e sono molte le iniziative che si sono prefisse di tentare una misura, quantitativa e qualitativa, del cambiamento. La forma caratteristica di questi studi è la verifica dei cambiamenti di uso del suolo secondo intervalli temporali più o meno diversificati. Fra le molte esperienze è possibile citare: lo studio *Land Cover Flow* a cura dell'Agazia Europea per l'ambiente, che mette a confronto le coperture CLC 1990/2000, gli studi sugli scenari di riforma della PAC (Bernetti e Marinelli, 2007) basato sul confronto di immagini satellitari 1987/2000/2006, la ricostruzione degli usi del suolo storici per la regione Emilia Romagna 1823/2003 (Garberi et al., 2006), l'Osservatorio sul consumo di suolo della Provincia di Torino (1820/2006), infine, nel contesto toscano, gli studi commissionati dall'ARSIA 1820/1954/2000 (Agnoletti, 2002).

2. I documenti utilizzati dalla ricerca

Il contributo presenta gli esiti di una valutazione di *change detection* negli usi del suolo del Circondario Empolese-Valdelsa (Provincia di Firenze) realizzata tramite il confronto di una copertura *land cover* recente con una analoga realizzata dalla Regione Toscana nella prima metà degli anni Settanta, ovvero in una soglia in cui i paesaggi agrari della contemporaneità si sostituiscono agli assetti tradizionali dell'apoderamento mezzadrile. Il primo documento è stato realizzato come supporto delle attività didattiche e di ricerca del corso di laurea in urbanistica e applica degli standard di accuratezza geometrica che la rendono utilizzabile fino alla scala 1/10000. Per il territorio aperto l'unità minima cartografabile è pari a 0,8 ha; tale valore scende a 0,4 ha nelle zone urbanizzate^v. Le voci di classificazione della legenda utilizzano lo standard del progetto CLC. Il secondo documento, la Carta dell'Uso del Suolo della Regione Toscana pubblicata nel 1985 e realizzata a partire da rilievi fotografici del 1978, è costruita secondo standard definiti da un'associazione volontaria tra Regioni e Province autonome costituita nel 1980 e denominata Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per le Informazioni Territoriali. In quella circostanza fu definita una legenda comune da utilizzare nelle varie realtà regionali per la elaborazione della carta di uso del suolo; la legenda offre una classificazione diversamente articolata a seconda delle categorie tematiche. Le superfici forestali, ad esempio, hanno indicazioni accurate per quanto attiene la forma di governo, ma mancano informazioni soddisfacenti sulle tipologie vegetazionali; il rilievo delle aree urbanizzate, riunite in un'unica classe, risulta di scarso dettaglio tematico; i paesaggi agrari sono viceversa trattati con buon approfondimento e le classificazioni riescono, ad esempio, a dar conto degli appezzamenti caratterizzati dalle colture promiscue. Il documento presenta però problemi significativi di correttezza geometrica, dovuto alle modalità tecniche della sua produzione, che hanno reso impossibile applicare tecniche di vettorializzazione semplici che lo rendessero efficacemente confrontabile con la copertura recente. È stato necessario quindi predisporre una sequenza operativa articolata per la digitalizzazione del documento, che ha comportato un nuovo confronto con tutte le fonti fotocartografiche coeve disponibili^{vi}.

3. Metodologia

Il lavoro era motivato dall'intenzione di realizzare una ricognizione delle dinamiche di cambiamento degli usi del suolo che non producesse risultati di natura esclusivamente statistico-quantitativa; era pertanto necessario costruire una banca dati sufficientemente accurata per tentare di dar conto anche dell'evoluzione morfologico-qualitativa e per tentare di cogliere i movimenti minuti di trasformazione a scala locale. Per raggiungere questi obiettivi non era possibile una

trascrizione immediata dell'informazione riportata sul documento; si è ritenuto invece di intervenire direttamente sul dato vettoriale della copertura di uso del suolo recente, e di trascrivere su quella base le geometrie leggibili nel documento degli anni Settanta, attraverso operazioni di ritaglio dei poligoni, quando le variazioni interessassero porzioni di suolo di superficie superiore agli 0,5 ha. Inoltre, per superare le incongruenze topografiche tra i due dati, è stato necessario trascrivere le nuove geometrie direttamente in base ai limiti leggibili nelle aerofotografie del 1978. I nuovi poligoni così ottenuti sono stati associati nel *database* al valore di codice *land cover* presente sulla carta del 1978. Il risultato di questa operazione è una copertura vettoriale in cui ciascun poligono è associato a due codici, uno relativo alla classe di uso del suolo del 2002, l'altro relativo alla classe di uso del suolo del 1978. I due codici sono stati resi confrontabili attraverso operazioni di riclassificazione dei valori, nel rispetto della struttura gerarchica della tassonomia CLC.

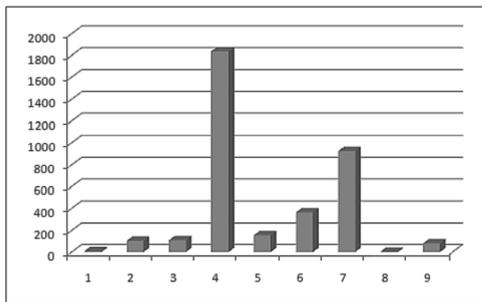


Figura 1 - Da sinistra a destra: sovrapposizione della carta dell'uso del suolo al 1978 con la foto aerea coeva; sovrapposizione della copertura dell'uso del suolo al 2002 con la foto aerea coeva; riclassificazione e correzione dell'uso del suolo 2002 sulla base della foto area 1978.

Una volta normalizzate le classificazioni, attraverso operazioni automatiche i due valori 1978/2002 sono stati associati in un unico campo, che evidenzia la stabilità, oppure la variazione della classe. I cambiamenti sono infine stati riclassificati secondo la metodologia LEAC (*Land and Ecosystem Accounts*) che suddivide le variazioni di copertura del suolo LCF (*Land Cover Flow*) in 51 classi con una struttura gerarchica a tre livelli. La procedura, allo stato di avanzamento del lavoro, è stata ultimata per l'area di Gambassi e Montaione, di estensione pari a 11700 ha, che si trova nella parte meridionale del Circondario Empolese-Valdelsa.

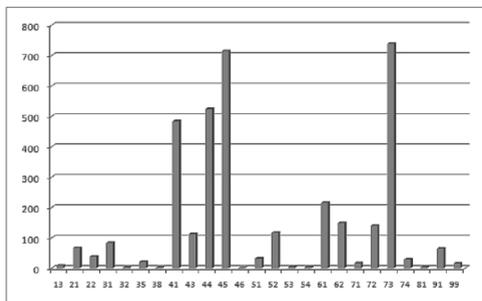
4. Valutazione dei risultati

L'osservazione dei valori del primo livello LCF (Fig.2) evidenzia un quadro stabile per il 69% dell'area in esame. Il dato più significativo, almeno dal punto di vista quantitativo, è quello relativo ai cambiamenti colturali (cod.4: trasformazioni interne alla matrice agricola), che interessa il 16% del contesto esaminato e testimonia una significativa intensità nelle trasformazioni del mosaico agrario, pure in una sostanziale stabilità nella estensione assoluta degli spazi rurali. Il valore immediatamente successivo riguarda i cambiamenti, le trasformazioni o le transizioni nelle aree naturali e forestali (cod.7, pari al 8%); ma la misura più efficace nel descrivere il cambiamento riguarda i processi di rinaturalizzazione dovuti ad abbandono di colture agricole o arboree (cod.6, pari al 3%); è questo infatti il fenomeno più significativo nella descrizione delle dinamiche evolutive del contesto esaminato. I processi individuati sono descritti a un maggior livello di dettaglio nella valutazione del secondo e terzo livello LCF, in cui è possibile cogliere i movimenti interni alle varie matrici. In particolare nel terzo livello LCF (Fig.4), si possono notare tutti i tipi di cambiamento per le zone agricole (cod.4xx) dell'area in esame, come, ad esempio, le trasformazioni caratterizzate dal passaggio da aree a seminativo a vigneto (cod.451) e oliveto (cod.452) che rappresentano insieme il 39% (superficie pari a 711 ha) dei cambiamenti interni alla matrice agricola.



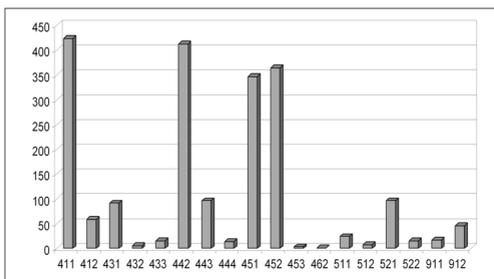
- 1 Urban land management: Internal transformation of urban areas
- 2 Urban residential sprawl: Land uptake by residential buildings altogether with associated services and urban infrastructure from non-urban land
- 3 Sprawl of economic sites and infrastructures: Land uptake by new economic sites and infrastructures from non-urban land
- 4 Agriculture internal conversions: Conversion between farming types
- 5 Conversion from forested and natural land to agriculture: Extension of agriculture land use
- 6 Withdrawal of farming: Farmland abandonment and other conversions from agriculture activity in favour of forests or natural land
- 7 Forests creation and management
- 8 Water bodies creation and management
- 9 Changes of land cover due to natural and multiple causes

Figura 2 - Distribuzione dei cambiamenti di uso del suolo al primo livello LCF.



- 13 Development of green urban areas
- 21 Urban dense residential sprawl
- 22 Urban diffuse residential sprawl
- 31 Sprawl of industrial and commercial sites
- 32 Sprawl of transport networks
- 35 Sprawl of mines and quarrying areas
- 41 Extension of set aside fallow land and pasture
- 43 Internal conversions between permanent crops
- 44 Conversion from permanent crops to arable land
- 45 Conversion from arable land to permanent crops
- 46 Conversion from pasture to arable and permanent crops
- 51 Conversion from forest to agriculture
- 52 Conversion from semi-natural land to agriculture
- 53 Conversion from wetlands to agriculture
- 54 Conversion from developed areas to agriculture
- 61 Withdrawal of farming with woodland creation
- 62 Withdrawal of farming without significant woodland creation
- 71 Conversion from transitional woodland to forests
- 72 Forest creation, afforestation
- 73 Forests internal conversions
- 74 Recent felling and transition
- 81 Water bodies creation
- 91 Semi-natural creation and rotation
- 99 Other changes and unknown

Figura 3 - Distribuzione dei cambiamenti di uso del suolo al secondo livello LCF.



- 411 Uniform extension of set aside fallow land and pasture
- 412 Diffuse extension of set aside fallow land and pasture
- 431 Conversion from olives groves to vineyards and orchards
- 432 Conversion from vineyards and orchards to olive groves
- 433 Other conversions between vineyards and orchards
- 442 Conversion from vineyards and orchards to non-irrigated arable land
- 443 Conversion from olive groves to non-irrigated arable land
- 444 Diffuse conversion from permanent crops to arable land
- 451 Conversion from arable land to vineyards and orchards
- 452 Conversion from arable land to olive groves
- 453 Diffuse conversion from arable land to permanent crops
- 462 Intensive conversion from pasture to non-irrigated arable land and permanent crops
- 511 Intensive conversion from forest to agriculture
- 512 Diffuse conversion from forest to agriculture
- 521 Intensive conversion from semi-natural land to agriculture
- 522 Diffuse conversion from semi-natural land to agriculture
- 911 Semi-natural creation
- 912 Semi-natural rotation

Figura 4 - Distribuzione dei cambiamenti di uso del suolo al terzo livello LCF.

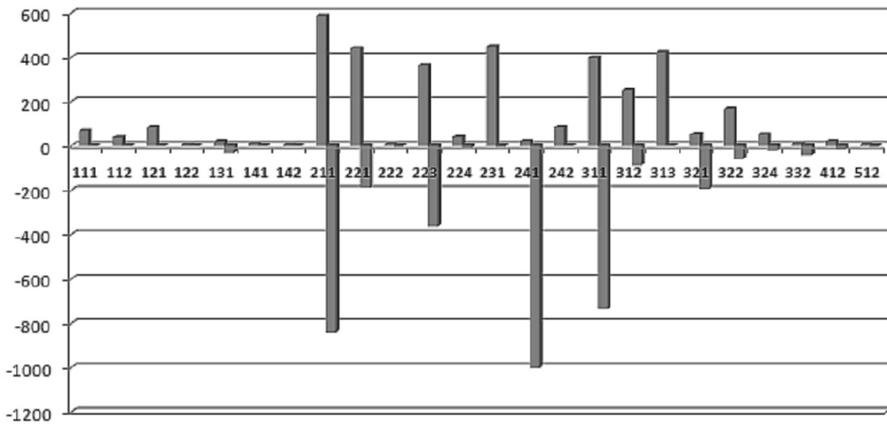


Figura 5 - Dinamica dei cambiamenti di uso del suolo tra il 1978 e il 2002. I valori positivi indicano un aumento della superficie della classe di uso del suolo, i valori negativi la trasformazione della stesa classe in altro uso del suolo.

Tuttavia, seppur rilevante, l'analisi del dato puramente quantitativo non esaurisce il processo cognitivo sulle dinamiche di trasformazione. L'esame della natura spaziale delle dinamiche del cambiamento sembra consentire un approfondimento significativo degli esiti del confronto temporale, i cui risultati sono in qualche modo anticipati dalla interpretazione della rappresentazione cartografica, che, per esempio, suggerisce differenti tendenze evolutive nei diversi contesti orografici.

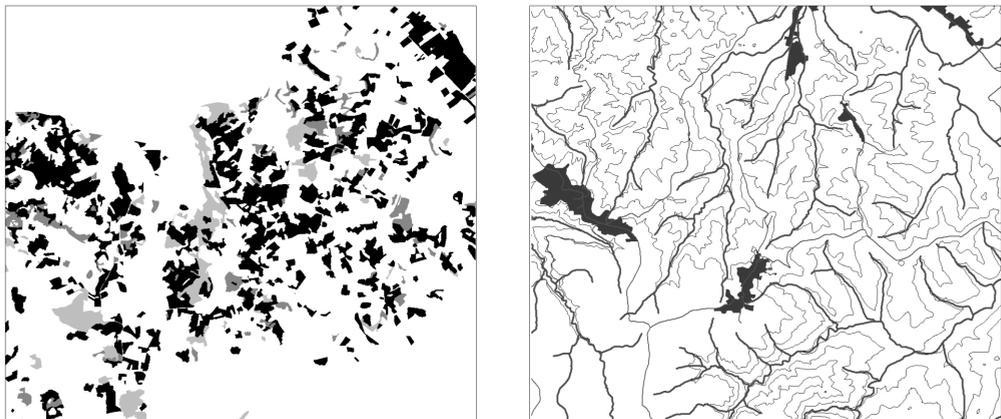


Figura 6 - A sinistra, individuazione spaziale delle dinamiche di trasformazione di uso del suolo per i tipi 4 (cambiamenti per le aree agricole, in nero), 6 e 7. A destra, inquadramento topografico dell'area (curve di livello, idrografia, aree urbane e viabilità principale).

5. Conclusioni

Lo strato informativo ottenuto costituisce un valido strumento per l'analisi delle dinamiche evolutive del paesaggio negli ultimi trenta anni, sia in una chiave interpretativa puramente quantitativa, sia, potenzialmente, nella chiave dello sviluppo di modellistica spaziale.

In generale, il confronto con le fonti fotocartografiche storiche si mostra una operazione particolarmente fertile. Gli esiti della sperimentazione potranno contribuire alla definizione di quadri conoscitivi e strumenti di pianificazione finalizzati alla riproduzione dell'identità territoriale con un maggiore grado di consapevolezza.

Bibliografia

- Agnoletti M. (2002), "Le dinamiche del paesaggio fra XIX e XX secolo", in Agnoletti M. (2002), *Il paesaggio agro-forestale toscano, strumenti per l'analisi la gestione e la conservazione*, ARSIA, Firenze
- Bernetti I, Marinelli N. (2007), "La valutazione di scenari di riforma della PAC tramite l'impiego di modelli di analisi geografica multicriteriale", *Aestimium*, Vol 2, No.3
- Garberi M. L. et al (2006), "Tendenze dinamiche dell'uso del suolo nell'area di Modena nel periodo dal 1976 al 2003", in *Atti 10^a Conferenza Nazionale ASITA*
- European Environment Agency (2006) *Land accounts for Europe 1990-2000. Towards integrated land ecosystem accounting*, EEA Report n°11/2006

ⁱ Il corso di laurea è stato attivato nel 2001 dalla Facoltà di Architettura in collaborazione con la Facoltà di Agraria nella sede decentrata di Empoli. Questa localizzazione è frutto di un accordo tra l'Ateneo fiorentino e il Circondario Empolese-Valdelsa, che ha messo a disposizione del corso locali, attrezzature e risorse. Dal 2004 nella sede di Empoli è attivo anche il Larist, un laboratorio di ricerca cui hanno aderito docenti e ricercatori del corso di laurea. Il laboratorio è dedicato alla sperimentazione, e al perfezionamento di metodi e tecniche di rappresentazione del territorio finalizzate al riconoscimento, alla evidenziazione e alla valorizzazione dei suoi caratteri di identità. Le attività del laboratorio contribuiscono alla strutturazione del SIT del Circondario Empolese, coordinato da Stefano Bartolini. Il Laboratorio di Pianificazione territoriale e ambientale è collocato al termine del percorso formativo triennale e prevede, oltre i contenuti istituzionali, una esercitazione applicata dedicata alla descrizione delle risorse patrimoniali di un contesto territoriale e alla prefigurazione di uno scenario di trasformazione basato sulla valorizzazione di tali risorse. Il laboratorio prevede quattro insegnamenti: Pianificazione Territoriale, affidato a Fabio Lucchesi, Economia ed estimo rurale, tenuto da Iacopo Bernetti, Architettura del Paesaggio, affidato a Antonella Valentini, Recupero e Riquilificazione Territoriale e Ambientale, affidato a David Fanfani. Le attività didattiche sono supportate dai tecnici Patrizia Rossi e Stefano Bologna, dal tutor didattico Christian Ciampi e dai cultori della materia Francesco Monacci e Massimo Tofanelli.

ⁱⁱ Si consideri, fra i tanti possibili, questo esempio: la Regione Toscana si è data nel gennaio del 2005 una legge sul "Governo del territorio" che prevede che sia "l'identità dei luoghi" a consentire "l'individuazione (...) delle regole di insediamento e trasformazione del territorio" (Legge Regionale Toscana n. 1/2005, "Norme per il governo del territorio", Titolo I, Capo I, Art. 5).

ⁱⁱⁱ Si confronti la Legge Regionale della Toscana n. 1/2005, "Norme per il governo del territorio"

^{iv} Si confronti la Legge Regionale della Liguria n. 36/1997 "Legge urbanistica regionale"

^v La principale fonte informativa utilizzata per la sua costruzione è l'ortofoto AIMA 2002 (risoluzione 1 m), ma sono state utilizzate come basi ancillari anche la CTR Toscana in formato numerico (1:10.000; circa 1997), la copertura CLC 2000 (1:100.000), l'Inventario Forestale Toscano (risoluzione 400 m; 1980/1993), la Carta della vegetazione forestale della Regione Toscana (1:250.000), l'Ortofoto It2000 (risoluzione 1 m).

^{vi} Grazie ad una iniziativa recente della Regione Toscana, le immagini aerofotogrammetriche con le quali è stata realizzata la Carta di Uso del Suolo sono in corso di ortorettificazione; è stato quindi possibile utilizzarle nel corso del lavoro per ovviare ai problemi segnalati.

MISURARE LA CRESCITA URBANA. QUANTITÀ E QUALITÀ DELLE TRASFORMAZIONI EDILIZIE NELLA PROVINCIA DI FIRENZE (1998/2007)

Fabio LUCCHESI (*), Massimo TOFANELLI (*)

(*) L'Laboratorio per la Rappresentazione Identitaria e Statutaria del Territorio (LARIST),
Dipartimento di Urbanistica e Pianificazione del Territorio, Università di Firenze, via Cavour, 36, EMPOLI (FI),
tel, 0571/757884 fax 0571/757832, e-mail fabio.lucchesi@unifi.it

Riassunto

L'aggiornamento della carta della periodizzazione degli edifici della provincia di Firenze mediante l'aggiunta di una ulteriore soglia 1998-2007, ha consentito l'indagine sulle quantità, e per quanto possibile, sulle qualità, della crescita urbana recente. Le valutazioni conclusive riguardano: la misura della crescita edilizia; la valutazione del consumo di suolo; la valutazione dei criteri localizzativi delle nuove espansioni.

Abstract

Updating the map of periodization of all buildings in the province of Florence, by adding the period 1998-2007, helped to study quantity, and when possible, quality of recent urban growth. Final considerations are about: the amount of urban growth; the amount of land consumption; evaluation of location criteria of recent urban development.

1. Le finalità della ricerca

La crescita urbana è il fenomeno più rilevante tra quelli che caratterizzano le trasformazioni territoriali. La misura quantitativa della crescita rappresenta il parametro fondamentale per la descrizione del cambiamento territoriale, per l'osservazione delle trasformazioni della strutturazione insediativa, e per la valutazione della "grana" insediativa che distingue le diverse parti della città. L'occasione dell'aggiornamento della carta della periodizzazione della Provincia di Firenze¹, prodotta per la prima volta nelle fasi di redazione del Piano Territoriale di Coordinamento vigente, approvato nel 1998, ha costituito il punto di partenza per tentare di descrivere le declinazioni del fenomeno della crescita urbana negli ultimi dieci anni. Con l'obiettivo di aggiungere ulteriori elementi conoscitivi alla pura operazione di aggiornamento cartografico speditivo, il gruppo di ricerca si è proposto di:

- misurare la crescita urbana nelle diverse articolazioni territoriali della provincia differenziandola in funzione della natura morfologica e funzionale delle nuove edificazioni: abitazioni ed edilizia civile, edifici di carattere commerciale e industriale, tettoie ed edilizia provvisoria;
- tentare una valutazione dei caratteri localizzativi della nuova edificazione, distinguendo i contesti di nuova urbanizzazione in funzione dei caratteri della morfologia del suolo (distinguendo cioè l'espansione nei contatti di pianura estesa, rispetto a quella di fondovalle, rispetto a quella di versante, rispetto a quella di crinale, e così via);
- tentare una valutazione dell'impegno di nuovo suolo connesso alla crescita edilizia, distinguendo, per quanto possibile, l'espansione urbana dai fenomeni di consolidamento e saturazione di aree già urbanizzate.

2. La costruzione della nuova soglia della carta della periodizzazione

La carta della periodizzazione dell'edificato della Provincia di Firenze redatta per il PTCP del 1998, recentemente trascritta in formato digitale, associa alle geometrie dei sedimi edificati della CTR 1/10000 un attributo che testimonia la presenza/assenza rispetto a quanto desumibile da documenti cartografici storici selezionati secondo intervalli temporali quanto più possibile omogenei. La prima soglia documenta i sedimi già edificati nelle mappe del Catasto Generale Toscano di Terraferma redatto intorno al terzo decennio dell'Ottocento. La prima e la seconda levata delle tavolette IGM 1/25000 hanno consentito di attribuire le soglie successive (coincidenti dunque con il decennio a cavallo del passaggio tra il XIX e il XX secolo, e con la metà del Novecento). L'ultima soglia documentata dalla carta è la crescita edilizia maturata dagli anni '50 del Novecento alle date corrispondenti alla restituzione della CTR Toscana 1/10000 (1993/1998). La CTR Toscana in formato numerico 1/10000 non è mai stata aggiornata dopo il 1998. La valutazione della crescita edilizia intervenuta successivamente doveva dunque avvalersi di altre fonti cartografiche. Il gruppo di ricerca ha ritenuto, in prima battuta, di utilizzare il mosaico delle mappe catastali in formato numerico, rese disponibili recentemente con il progressivo trasferimento delle competenze della Agenzia del Territorio agli Enti locali. Allo scopo è stata pertanto richiesta un'estrazione delle mappe catastali alla data dell'ottobre 2007. Una prima verifica tra la CTR e la fonte catastale ha tuttavia mostrato che le diverse condizioni di produzione dei documenti rendevano questo confronto particolarmente arduo. Nelle intenzioni del gruppo di lavoro la ricognizione sulla crescita edilizia nella provincia di Firenze doveva svolgersi attraverso la selezione delle geometrie catastali relative ai "fabbricati" che non corrispondessero ai sedimi edificati documentati nella CTR. Tale operazione tuttavia ha prodotto risultati attendibili solo in parte. Molti oggetti documentati dalle mappe catastali come "fabbricati" non sono cartografati in carta tecnica, o perché sono troppo piccoli (piccole rimesse agricole, forni, modesti annessi, ecc.), o perché non corrispondono alla definizione di "edificio" secondo il capitolato della Carta Tecnica Regionaleⁱⁱ, o perché sono censurati nelle fasi di produzione della cartografiaⁱⁱⁱ.



Figura 1 - Particolare della via Pisana nel Comune di Scandicci: nei toni dal rosso scuro al giallo chiaro, le quattro soglie (periodo lorenese, fine 900, metà 900, anni '90) presenti nella carta della periodizzazione del PTCP di Firenze; in nero l'ultima soglia rilevata al 2007.

Al fine di massimizzare le possibilità di confronto tra i due documenti è stato necessario filtrare le geometrie dei fabbricati in base alla dimensione: quelle inferiori ai 40 mq sono state escluse dalla valutazione, perché non era possibile sperare nella utilità del confronto con la CTR, che in genere non trascrive le geometrie di quella dimensione. I poligoni di fonte catastale che documentavano sedimi edificati non presenti come tali nella carta tecnica sono invece stati inclusi per garantire considerazioni corrette nella valutazione del valore dell'attuale impegno di suolo per edificazione,

ma è stato ad essi è stato associato un attributo tabellare che ha permesso di escluderle dal calcolo delle dinamiche evolutive recenti, essendo edifici realizzati ben prima della data di realizzazione della CTR^{iv}. Al termine di questa prima fase si è proceduto con il confronto della copertura ottenuta con una rilevazione aerofotografica recente (AGEA 2007). L'*overlay* ha dimostrato che a un numero consistente di fabbricati realizzati recentemente non corrisponde una delimitazione geometrica attendibile nei documenti catastali: in alcuni casi la geometria catastale non corrisponde al reale sedime dell'edificio; in altri casi la geometria catastale è completamente assente^v. È stato quindi necessario trascrivere speditivamente gli ingombri dei sedimi leggibili nel volo recente e assenti in ogni altra fonte. Per quello che abbiamo ammesso, gli edifici corrispondenti a quei sedimi sono stati considerati realizzati nell'intervallo 1998/2007. Tutti questi sedimi, insieme a quelli ricavati direttamente dalle geometrie catastali sono stati aggettivati secondo un attributo che li distinguesse in base ai caratteri morfologico/funzionali; la classificazione è ricavata per aggregazione dei codici CTR relativi agli edifici e li distingue in edilizia civile, edilizia commerciale/produttiva, altra edilizia.

3. La misura della crescita: criteri descrittivi e valutazioni

All'operazione di produzione dell'aggiornamento delle geometrie al 2007 nella provincia di Firenze hanno fatto seguito tre criteri descrittivi del fenomeno della crescita edilizia.

Il primo criterio coincide con il semplice computo delle superfici dei sedimi edificati. Ai fini della valutazione la quantità computata per l'intero territorio provinciale è stata articolata in ambiti amministrativi: i singoli comuni e i Sistemi Territoriali Locali^{vi}.

	superficie edificata 1998 (ha)	categoria edifici	SE 1998 (ha)	SE 2007 (ha)	SE 2007 (ha)	incremento 1998/2007 (ha)	incremento 1998/2007 (ha)	incremento 1998/2007 percentuale	incremento 1998/2007 percentuale
PROVINCIA	3860,86			4148,00	2937,32	287,14	105,11	7,44	3,71
		Edilizia civile	2832,21						
		Edilizia produttiva	804,78		971,73		166,95		20,74
		Altra edilizia	224,22		239,29		15,07		6,72

Figura 2 – Tabella della crescita dei sedimi edificati della provincia di Firenze articolati per categoria tipologica.

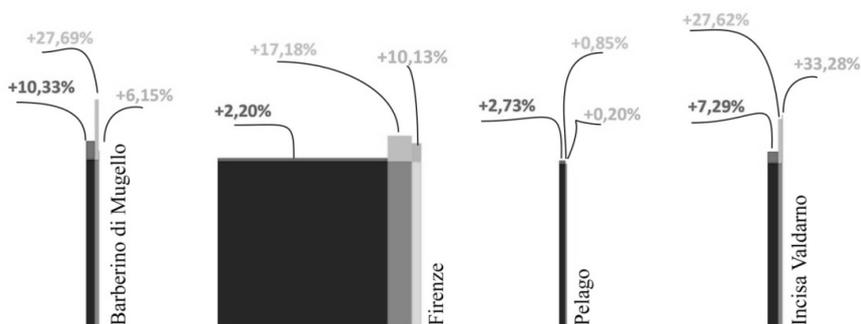


Figura 3 - Nel grafico è illustrata una valutazione, per valori assoluti e percentuali, della crescita edilizia di quattro comuni significativi della Provincia di Firenze. I valori sono disaggregati nelle tre classi tipologico/funzionali: edilizia civile (rosso), produttiva (viola), altra edilizia (arancio).

Nella Piana di Firenze è concentrata la metà della crescita edilizia della provincia (149 ha su 287 ha complessivi); se osserviamo il dato normalizzato (ossia l'incremento delle quantità edilizie rispetto alla disponibilità al 1998), emerge che la tendenza di crescita è sensibilmente più forte nelle aree periferiche piuttosto che nella Piana: se la media di crescita provinciale è il 7,4%, nel Medio Valdarno è del 14,4%, nel Mugello del 10,9%, nel Chianti Fiorentino del 9,1%, e solo del 6,2% nella Piana di Firenze. I primi 5 comuni con tasso di crescita edilizia a doppia cifra sono: Incisa (21,9%), Barberino del Mugello (18,3%), San Piero a Sieve (15,8%), Barberino Val d'Elsa (15,1%), Calenzano (14,5%). La crescita in questi comuni è costituita soprattutto da edilizia di tipo commerciale/industriale.

Il secondo criterio riguarda il giudizio sulle tendenze localizzative dell'espansione urbana recente rispetto alla orografia del territorio. La provincia di Firenze si caratterizza, infatti, per una grande variabilità morfologica prodotta dalla giustapposizione di valli, colline e dorsali montane.

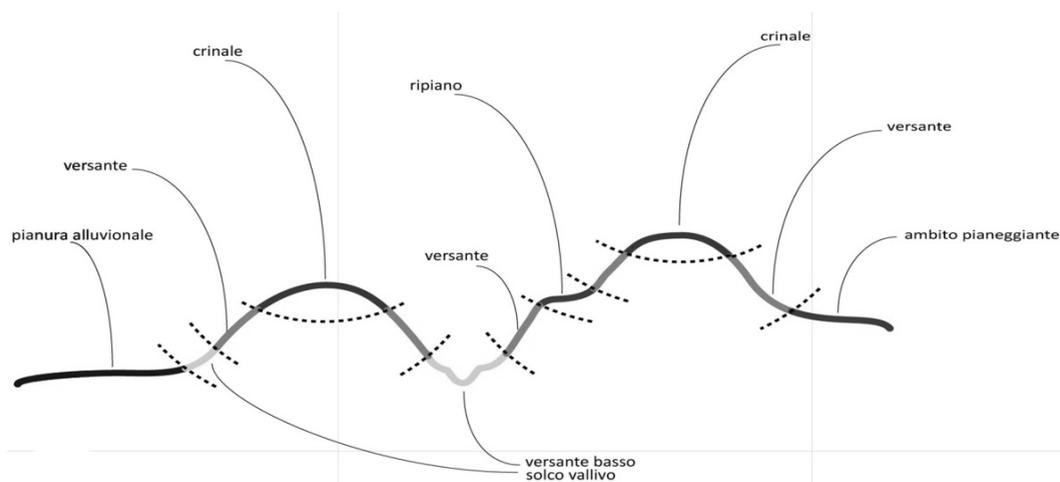


Figura 4 - Schema dei tipi fisiografici elementari.

Attraverso una procedura semi-automatica^{vii} è stato possibile articolare la geografia provinciale secondo una classificazione in tipi fisiografici elementari. Essi rappresentano condizioni di giacitura dell'espansione insediativa derivati dalle caratteristiche morfologiche del terreno (altimetria e pendenza) e dalla loro consistenza geologica. Questa operazione ha prodotto una articolazione del territorio provinciale secondo le seguenti classi: il crinale, la pendice superiore, il versante, il ripiano, la valle ampia, la valle stretta, l'altipiano di dorsale, il pianoro, la pianura alluvionale e, infine, il padule. Questa classificazione è stata trasferita, mediante un attributo, ai sedimi edificati. Il computo delle superfici dei sedimi così caratterizzati, fa emergere, comprensibilmente, che la crescita assoluta maggiore rispetto alle quantità del 1998 si è concentrata nella pianura alluvionale (174 ha). Risultano tuttavia più significativi, e probabilmente preoccupanti, le cifre sulle tendenze di crescita normalizzate rispetto alle quantità del 1998: i valori maggiori riguardano le valli ampie (8,5%) e gli altipiani di dorsale formati dai terrazzi lacustri del Medio Valdarno e dalle colline plioceniche del Chianti (8,5%). Comprensibilmente i crinali (3,1%) e i versanti ripidi (4,3%) sono gli ambiti che presentano una crescita minore, seppure significativa.

Il terzo criterio descrittivo di analisi della crescita corrisponde a una valutazione speditiva del consumo di suolo^{viii}. Il territorio provinciale è stato suddiviso attraverso una griglia formata da esagoni di dimensioni pari a un ettaro. Sulla base della disponibilità delle due soglie realizzate nella prima fase della ricerca (edifici documentati al 1998 e edifici realizzati nell'intervallo 1998/2007), a ciascun elemento della griglia è stato attribuito il rapporto di copertura territoriale (superficie dei sedimi edificati interni a ciascun esagono / superficie complessiva dell'esagono) per le due soglie.



Figura 5 - Particolare della città di Firenze e della sua periferia. Agli esagoni gialli e verdi corrispondono le tipologie più rade della parti esterne (edificio isolato, casa a schiera, palazzine), agli arancio ed ai rossi, quelle delle aree più dense della città otto-novecentesca e del centro storico. I cerchi neri all'interno degli esagoni evidenziano, a seconda della loro dimensione, gli aumenti di densità intervenuti durante l'ultimo decennio.

L'impegno di nuovo suolo per attività di edificazione nell'intervallo 1998/2007 è stato computato sommando le superfici degli esagoni liberi da densità nel 1998 e dotati viceversa di un qualche valore di densità nel 2007; è evidente che i valori ricavati non possono essere fatti coincidere con una valutazione complessiva del "consumo di suolo", poiché resta escluso dalla valutazione l'impegno legato alla realizzazione di infrastrutture, all'evoluzione delle aree estrattive, ecc. Con questa avvertenza, i dati quantitativi ricavati dalla ricerca appaiono significativamente espressivi delle condizioni reali del cambiamento nelle diverse realtà territoriali. Tendenzialmente, le aree periferiche crescono in misura maggiore di quelle centrali. La tendenza misurata nei comuni del Medio Valdarno (6,2%) è quasi doppia del dato provinciale (3,4%); sono superiori alla media provinciale anche il Mugello (4,3%) e il Chianti Fiorentino (4,2%); la piana fiorentina presenta viceversa un incremento del 2,6%. Il dato aggregato tende a unificare in una misura omogenea una organizzazione della crescita edilizia che ha almeno due facce: le aree più densamente urbanizzate, come la Piana, crescono attraverso operazioni di ristrutturazione e completamento; viceversa, nei comuni periferici a corona di essa, la nuova produzione edilizia trova più spesso spazio esternamente ai limiti delle aree già urbanizzate.

4. Conclusioni

Il dibattito sull'entità della crescita urbana recente ha raggiunto in questi ultimi tempi un interesse generale. I dati emersi dalla ricerca hanno consentito di osservare tre fenomeni. Intanto la crescita dei capannoni: in effetti l'aumento di edilizia con funzioni commerciali o produttive è percentualmente quasi sempre a due cifre per i comuni e supera del 60% l'estensione di quella residenziale. Questa crescita è connessa a due fattori: la realizzazione di nuova edilizia produttiva a seguito di una congiuntura determinata dal ddl 28/06/2001, cosiddetto "Tremonti bis", che ha consentito l'esclusione dalla tassazione del reddito d'impresa del 50% degli investimenti in beni strumentali, nonché il riassetto della distribuzione commerciale, che ha visto sia la realizzazione di infrastrutture di dimensioni sempre maggiori, sia la creazione di nuove tipologie funzionali come gli

outlet e gli *hub* per la logistica. In secondo luogo le trasformazioni contemporanee si manifestano con nuove modalità di crescita. Vengono progressivamente saturate le aree industriali e i tessuti residenziali; in misura più limitata la città cresce attraverso piccole lottizzazioni collocate ai margini urbani. Si è detto che è possibile indicare per l'area rilevata nell'intervallo 1998/2007 un aumento del suolo urbanizzato pari al 3,4%. Per avere un termine di confronto, si deve considerare che nel decennio 1990/2000 il confronto tra i rilievi del programma *Corine Land Cover* mostra un incremento dell'8,6%. Questo dato è probabilmente viziato da qualche approssimazione, ma si deve ritenere che la tendenza alla urbanizzazione del suolo agricolo sia rallentata nel corso dell'ultimo decennio. Questo non significa tuttavia che la crescita edilizia recente non abbia comportato deformazioni della qualità territoriale e paesaggistica. Significa che questa trasformazione non è descrivibile esclusivamente attraverso il monitoraggio di un dato aggregato relativo al consumo di suolo. Il terzo fenomeno emergente riguarda il diradamento della grana insediativa: se si considera il dato aggregato per tutto il territorio esaminato, la nuova edificazione ha caratteri di bassa densità. Il 62% dei suoli urbanizzati della provincia presenta un rapporto di copertura territoriale (Superficie Coperta / Superficie Territoriale) inferiore al 10%. Articolando il dato per ogni comune si può osservare come in quelli più periferici (e più notevoli da un punto di vista paesaggistico) sul suolo occupato da nuove costruzioni prevalgano valori di densità bassissimi, corrispondenti a piccoli edifici isolati. Nel Chianti fiorentino e nel Medio Valdarno circa l'82% dei suoli recentemente insediati ha rapporto di copertura territoriale inferiore al 10%; in entrambi i casi oltre il 52% di tali suoli ha un rapporto di copertura inferiore al 2%.

Bibliografia

- Bianchin A, Bravin L. (2003) "Analisi delle dinamiche urbane da immagini Landsat", *Atti della 7^a Conferenza Nazionale ASITA*.
- Garberi M. L. et al (2006), "Tendenze dinamiche dell'uso del suolo nell'area di Modena nel periodo dal 1976 al 2003", in *Atti 10^a Conferenza Nazionale ASITA*

i Con l'espressione "carta della periodizzazione" si indica una copertura tematica che associa a ogni sedime edificato la data della prima documentazione rispetto a una sequenza cronologica di documenti cartografici.

ii Si consideri, per esempio, che le mura di Forte Belvedere, così come le gradinate dello stadio Franchi, nel catasto sono rappresentate mediante elementi poligonali mentre compaiono in CTR come elementi lineari.

iii Questo è per esempio il caso di molte caserme, o del carcere di Sollicciano, mai cartografati nei documenti pubblici.

iv È stata verificata la presenza di tali fabbricati su una rilevazione aerofotografica sostanzialmente coeva alla CTR (AIMA 1996).

v Sebbene non sia possibile escludere la presenza di edifici abusivi, il problema deve essere riferito alle modalità di aggiornamento e mosaicatura della cartografia catastale.

vi I sistemi territoriali locali (STL) sono ambiti definiti all'interno del Piano territoriale di coordinamento della Provincia di Firenze; ogni STL è una aggregazione di comuni che si caratterizzano per la stretta interdipendenza delle loro risorse ambientali e territoriali, del loro sistema insediativo, produttivo ed infrastrutturale.

vii Per una prima elaborazione dei tipi fisiografici elementari si è ricorso all'Impiego dell'estensione Topographic Position Index (TPI) v. 1.2 (<http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>) in ambiente Esri Arcview.

viii È evidente che le geometrie rilevate dei sedimi non coincidono con l'effettivo impegno di suolo legato all'edificazione, che è diverso a seconda dei caratteri tipologici e funzionali di ogni singolo edificio.

MODELLI PER LA GENERAZIONE DI ORTOFOTO DIGITALI A MEDIA SCALA DA SENSORE DIGITALE LEICA ADS40

Eva Savina MALINVERNI (*), Stefano BELLESI (**)

(*) Università Politecnica Marche - Facoltà di Ingegneria – DARDUS, Via Breccie Bianche – 60131 Ancona
e-mail: e.s.malinverni@univpm.it

(**) Regione Marche - PF Informazioni Territoriali e Beni Paesaggistici, Via Tiziano, 44 – 60100 Ancona
e-mail: stefano.bellesi@regione.marche.it

Abstract:

Nell'ambito di un accordo di ricerca tra la Regione Marche e l'Università Politecnica delle Marche per la produzione e l'aggiornamento di carte uso del suolo, è stato eseguito un test per determinare la metodologia corretta per la realizzazione di ortofoto alla scala 1:10000 da camera digitale Leica ADS40. Pur nella loro apparente semplicità d'uso le due procedure presentate risultano alquanto diversificate e complesse in quanto richiedono di considerare correttamente gli elementi preposti alla produzione di un'ortofoto (dati del sensore, parametri di orientamento, DTM) e soprattutto richiedono di controllare la coerenza dei dati usati nel processo con il sistema di riferimento scelto. Le ortoimmagini così ottenute sono state poi sottoposte ad un test per la verifica dei requisiti di precisione per il loro utilizzo a scopi ambientali impiegando come dati di riferimento alcuni vertici geodetici della rete di raffittimento GPS7 della Regione Marche.

This research is part of a wider project whose main objective is to develop a Corine Land Cover class based automatic classification methodology starting from Leica ADS40 high resolution digital images. The data were provided by Regione Marche Institution thanks to a Research Agreement signed together with the Università Politecnica delle Marche. The first step has been the selection of a correct methodology to realize orthoimages according to the national rules for map at the scale 1:10000. The different procedures require to consider correctly the parameters which are necessary for the orthoimage production (inner and exterior orientation, DTM) and their congruity with the choose reference system. We have compared the results in GIS environment testing the accuracy by means of some vertices of the GPS7 geodetic network of the Regione Marche.

Generalità

Nell'ambito di un accordo di ricerca siglato tra la Regione Marche e l'Università Politecnica delle Marche per l'analisi e l'utilizzo di sensori digitali ad alta risoluzione per la produzione e l'aggiornamento della Carta Uso del Suolo, è stato eseguito un test per determinare la metodologia corretta per la produzione di ortofoto da camera digitale Leica ADS40. La copertura del territorio marchigiano è stata eseguita nel periodo giugno/luglio 2007 da parte della Compagnia Generale Ripresearee (CGR), che su bando di gara ha concesso in licenza d'uso alla Regione Marche il materiale stesso. Le riprese sono state eseguite in periodi ed ore tali da garantire la migliore leggibilità delle immagini adottando una focale 62,4 mm, che conseguentemente alle variazioni del terreno e un valore medio della quota di volo di circa 6700 m, ha prodotto una scala media dei fotogrammi pari a 1:107710 con un abbracciamento longitudinale pari a 5385 m. Questo ha permesso la formazione di strisciate Est-Ovest in un numero complessivo di 36 per una copertura di 9.694 km² dell'intero territorio. Lo schema delle strisciate è riportato in Figura 1.

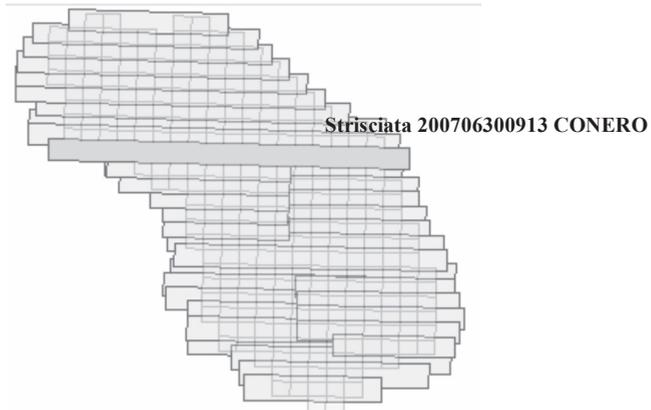


Figura 1 Strisciate acquisite con Leica ADS40 sulla Regione Marche con evidenziata la scena test

Il sensore digitale Leica ADS40 presenta caratteristiche innovative rispetto ai tradizionali sensori aviotrasportati in quanto comune per certi aspetti alla tecnologia del telerilevamento di ultima generazione. Esso si basa su 3 gruppi di sensori CCD lineari con una elevata risoluzione geometrica (GSD <1 m.) che consentono la registrazione contemporanea di immagini pancromatiche, a colori e multispettrali. La tecnica con la quale la camera è realizzata consente diverse disposizioni dei sensori sul piano focale, nel caso particolare la configurazione da noi testata ha il solo sensore RGB nadirale mentre i due sensori Pancromatici e quelli del Falso Colore sono inclinati in posizione *forward* e *backward*. L'asimmetria di tali disposizioni può apportare in alcuni casi sostanziali benefici come la possibilità di potere scegliere tre diverse configurazioni di visione stereoscopica (*Forward/Nadir*, *Backward/Nadir*, *Forward/Backward*) e di evitare singolarità nelle formule matematiche usate nel processo di triangolazione aerea ma può anche causare nelle prese inclinate un accentuato effetto prospettico (vedi il Falso Colore).

Un'ulteriore differenza di questo sensore rispetto ai sistemi satellitari è la maggior flessibilità e tempestività nell'impiego operativo e la possibilità di una copertura omogenea e continua di grandi aree di territorio con strisciate virtualmente illimitate. Infatti per un'intera strisciata la scansione di ogni linea è chiamata scena e si compone di 12000 pixel con dimensione di 6,5 x 6,5 micron con una risoluzione radiometrica di 16 bit per canale (Fricker et al., 2003). Tale profondità radiometrica garantisce risultati migliori per applicazioni di tipo ambientale ottenute mediante processi di segmentazione e classificazione automatica (per esempio la produzione di carte uso del suolo).

Per la georeferenziazione diretta delle immagini registrate viene impiegata la tecnologia APPLANIX POS/AV. Il dato presenta un primo livello (L1) di correzione che consiste in un allineamento delle strisciate mediante le informazioni fornite dal sistema GPS/IMU solidale alla camera e attivo durante la fase di acquisizione in volo. Tale sistema garantisce in modalità cinematica un'accuratezza di posizionamento del sensore nell'ordine del decimetro mentre il sistema IMU calcola i tre angoli di assetto del velivolo: rollio, beccheggio e deriva. I dati GPS sono riferiti al sistema geocentrico WGS84. Le specifiche di tale tecnologia sono tali che l'orientamento risultante può andar bene per certi tipi di prodotti, ma non può soddisfare requisiti di accuratezza per rilievi che richiedono una maggiore affidabilità. Quindi una volta calcolata la traiettoria di ogni scena si deve avviare un processo di triangolazione aerea mediante una serie di punti di appoggio a terra ed eventuali punti di legame per risolvere la linearizzazione delle equazioni di collinearità (ORIMA) (Hinsken et al., (2002)). A questo deve fare seguito la correzione degli spostamenti altimetrici del terreno e una corretta georeferenziazione nel sistema cartografico prescelto che genera un'immagine al secondo livello (L2): un'ortofoto digitale. In Tabella 1 sono mostrati i parametri di riferimento al livello L1 di una delle strisciate relative all'area test (Provincia di Ancona-Monte Conero).

Strisciata 200706300913 CONERO realizzata in data 30-06-2007 (L1)				
<i>Caratteristiche del sensore</i>				
Camera	Software	Focale camera	Risoluzione dell'immagine	
ADS40	GPRO 2.1	62.4 mm	16 bits	
<i>Caratteristiche del volo</i>				
Quota di volo	Scala del fotogramma	Omega	Phi	Kappa
6268 m	100452	0.0	0.0	1.4
<i>Sistema di proiezione</i>				
Datum	Proiezione	Fuso	GSD	
WGS84	UTM	33	0.65294 m	

Tabella 1 Caratteristiche della strisciata 200706300913 zona Ancona-Monte Conero

Caratteristiche di un'ortofoto digitale alla scala 1:10.000 per applicazioni ambientali

Nella sperimentazione di seguito presentata sono state seguite le Linee Guida per "Ortofoto Digitali alla scala nominale 1:10000" per applicazioni prevalentemente ambientali, curate dall'IGM e l'AGEA (Ortofoto Digitali alla scala nominale 1:10.000 del 31-03-2006). Secondo tali norme un'ortofotografia deve avere innanzitutto una risoluzione geometrica che si attesti mediamente intorno al metro. Specifiche a livello internazionale mostrano valori prevalentemente compresi tra 0,625 m e 1,25 m. Nel caso delle immagini messe a disposizione dalla Regione Marche è stato scelto per la generazione dell'ortofoto un valore di risoluzione geometrica pari a 1 m, partendo da immagini originali con pixel a terra mediamente di 0,67 m.

Per quanto riguarda la risoluzione radiometrica i valori di riferimento sono 8 bit per le ortofoto B/N (256 livelli di grigio) e 24 bit per le immagini a colori. Immagini multispettrali possono essere considerate alla medesima stregua, ovvero 8 bit per banda, solo per immagini a Falso Colore e per le elaborazioni di classificazione va mantenuta la profondità radiometrica originale.

Per quanto riguarda i parametri di accuratezza planimetrica la tolleranza massima ammessa per un particolare puntuale individuato sul terreno mediante tecnologia GPS e sull'ortofoto non deve essere superiore a 4 m, la distanza tra due punti in un raggio superiore a 2 Km non deve eccedere i 6 m, mentre per distanze inferiori è pari a $4\text{ m} + D/1000$.

Il sistema di riferimento geodetico da utilizzarsi per la georeferenziazione delle immagini è la realizzazione europea ETRS89 del sistema WGS84.

Nel processo di produzione si utilizzano spesso DEM di livello 1 con passo minore o uguale a 40 m mediante interpolazione di un TIN ottenuto da oggetti tridimensionali quali: punti quotati, punti ottenuti per correlazione d'immagine, profili altimetrici, particolari topografici restituiti e *break-lines*. L'accuratezza del modello altimetrico deve essere pari, in valore assoluto, a 5 m con un errore sistematico in quota, se presente, non superiore a 2,5 m. Le due metodologie messe a confronto per la generazione delle ortofotografie illustrate nel paragrafo successivo impiegano entrambe un DTM di Livello 1 (a passo 20 metri) prodotto mediante le informazioni altimetriche presenti nella CTR della Regione Marche alla scala 1:10000 e che rispetta ampiamente i criteri definiti sopra.

Modelli per la generazione di un'ortofoto digitale da sensore Leica ADS40

La georeferenziazione è un aspetto cruciale nell'utilizzo di un'immagine come dato cartografico in quanto permette la correzione geometrica del dato *raster* e lo rende solidale ad un determinato sistema di riferimento cartografico consentendone la sua integrazione in una banca dati GIS. Il processo di georeferenziazione si riferisce, in parte, alle tecniche della fotogrammetria classica stabilendo le relazioni funzionali tra spazio oggetto e spazio immagine scegliendo, di volta in volta di operare con modelli differenti a seconda dei dati in possesso.

La prima metodologia impiegata nel presente lavoro astrae dalla conoscenza dei parametri che regolano le relazioni interne ed esterne al sensore ed è basata sull'utilizzo di modelli generalizzati. La soluzione viene così ottenuta impiegando il modello più complesso ma più accurato delle

funzioni razionali, *Rational Function Model* (RFM), basato su rapporti fra polinomi e solamente sulla conoscenza di una serie di informazioni a terra: *Ground Control Point* (GCP). Le incognite del problema sono i coefficienti polinomiali che legano le coordinate oggetto dei GCP con le loro coordinate immagine. Per usare correttamente tale modello si adotta una soluzione terreno-dipendente dove è necessario conoscere inoltre un DEM all'interno della scena ripresa.

Le immagini selezionate nella sperimentazione sono state quelle RGB in posizione prettamente nadirale che hanno consentito una corretta valutazione delle metodologie impiegate nella produzione dell'ortofoto. Al contrario l'immagine Falso Colore ottenuta dalla georeferenziazione dei sensori del rosso, verde ed infrarosso, disposti sul piano focale ma inclinati in posizione *forward* di angoli rispettivamente di 14°, 16°, 18°, risentendo di tale impostazione, non è esente da effetti prospettici nella direzione di volo.

I GCP sono stati localizzati sulle immagini servendosi della base cartografica, la CTR alla scala 1:10.000 della Regione Marche, cercando di individuare elementi emergenti e facilmente riconoscibili nell'area urbana (incroci stradali, basi di edifici, etc.). Dalla loro scelta e precisione dipende l'accuratezza del prodotto finale. L'accuratezza del processo basato sulla selezione di 13 GCP, adottando delle RFC a 6 coefficienti, è così espressa in Tabella 2. Questa procedura non implica nessuna trasformazione di coordinate per il DEM che viene impiegato con quote ortometriche e sistema coerente con il riferimento cartografico selezionato (UTM-WSG84). Pur con precisioni soddisfacenti il modello non è sufficiente a queste risoluzioni per ottenere un buon adattamento alla cartografia; in Figura 2 sono infatti evidenti gli scostamenti tra il tratto cartografico e l'ortoimmagine.

RMS X (pixel)	RMS Y (pixel)	RMS X (metri)	RMS Y (metri)
0.06	0.80	0.04	0.55

Tabella 2 Accuratezza del metodo delle Rational Functions nel software PCI Orthoengine



Figura 2 Ortoimmagine RGB ottenuta col software PCI Orthoengine con superimposta la CTR

L'altra metodologia impiega il metodo più rigoroso, implementato nel software SOCET Set della BAE Systems Mission Solutions Inc. Il SOCET Set contiene il modello del sensore ADS40 che fa sì che le trasformazioni tra Livello 0 e Livello 1 siano compiute in tempo reale. Nel contempo la procedura per passare al Livello 2 e generare l'ortoimmagine tiene conto direttamente dei parametri di triangolazione aerea ottenuti con ORIMA mantenendone così la precisione nella filiera dei prodotti, lo stesso dicasi per generare DTM o fare stereorestituzione.

Le immagini fornite in struttura piramidale formato proprietario ADS si collegano al livello L1 al file ADJ della compensazione ottenuta con ORIMA che fornisce il posizionamento dell'immagine nel sistema UTM WGS84 con quote ellissoidiche. Differenti possono essere le procedure da intraprendere:

- impiego dei parametri ottenuti con la TA nell'ambiente SOCET Set utilizzando in modo coerente un DEM ortometrico trasformato con griglie IGM e software Verto in quote ellissoidiche e sistema planimetrico UTM-WGS84
- impiego dei parametri ottenuti con la TA nell'ambiente SOCET Set convertiti su un modello globale di Geoidi (EGM96) da impiegare con un DEM ortometrico e sistema planimetrico UTM-WGS84.

In ogni procedura l'importante è utilizzare in modo coerente le informazioni plano-altimetriche in relazione al sistema di riferimento del sensore. Le precisioni che si ottengono sono legate alle fasi intermedie del processo: orientamento dell'immagine con riferimento a terra, precisioni quindi della TA, verificate con collimazione stereoscopica sui punti di controllo dopo la compensazione con ORIMA (Tabella 3) e necessariamente precisione del DEM utilizzato per il progetto. In questo caso i risultati ottenuti sono molto più soddisfacenti rispetto a quelli del modello polinomiale come è evidente con la coerente superimposizione della CTR (Figura 3).

RMS sui punti di controllo (metri)		
X: 0.1968	Y: 0.2298	Z: 0.4440

Tabella 3 Accuratezza della ortorettifica in SOCET set



Figura 3 Ortoimmagine RGB ottenuta col software SOCET Set con superimposta la CTR

Verifica in ambiente GIS mediante i vertici (GPS7) della Rete geodetica della Regione Marche

Il confronto con una serie di punti GPS7 della Rete geodetica della Regione Marche ubicati nell'area di interesse, per la verifica delle precisioni planimetriche delle ortofoto, ha rilevato che la metodologia utilizzata all'interno del software SOCET Set è la più precisa delle due confrontate riportando sull'immagine RGB nadirale errori inferiori al pixel (<1 m terreno) mentre sull'immagine Falso Colore le deviazioni planimetriche sempre del pixel sono legate alla posizione *forward* del sensore e subiscono uno spostamento nella direzione di volo, con un effetto che si nota maggiormente sui rilevati. La correzione al geoidi sia effettuata mediante un modello europeo EGM96 che quello più preciso dell'ITALGEO 2005 da risultati pressochè identici.

La procedura impiegata col software PCI richiede l'intervento in maniera preponderante dell'operatore che deve scegliere e collimare i GCP. Essa quindi porta ad inevitabili errori che non hanno inoltre un sistematismo ma in alcuni casi superano le tolleranze ammesse dalle Linee Guida (dai pochi metri alle decine di metri) (Figura 4).



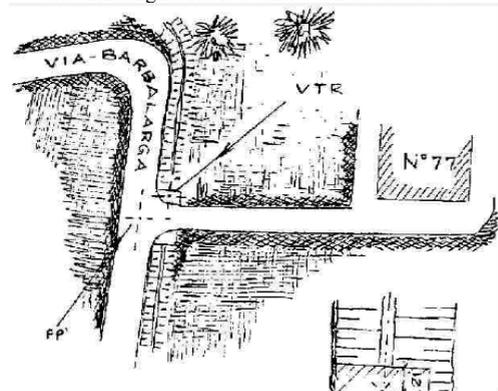
Ortoimmagine Falso Colore ottenuta con Socet Set



Ortoimmagine RGB ottenuta con Socet Set



Ortoimmagine ottenuta con PCI-Orthoengine



Vertice Rete GPS7 n° 118616 – Osimo (AN)

Figura 4 Verifica di posizionamento su un vertice GPS7 della rete geodetica delle Marche

Conclusioni

La camera digitale ADS40 ha avuto conferma di essere un sensore versatile, il cui impiego apporta vantaggi nei vari settori applicativi della cartografia. Pur nella loro apparente semplicità d'uso le due procedure per la generazione di ortoimmagine qui impiegate risultano alquanto diversificate e complesse in quanto richiedono che nei vari *step* vengano considerati correttamente gli elementi preposti alla produzione di un'ortofoto (parametri di orientamento, DTM, dati del sensore) e soprattutto richiedono di controllare la coerenza dei dati impiegati nel processo con il sistema di riferimento scelto. Infatti l'impiego di modelli altimetrici del terreno definiti su quote ortometriche, può provocare imprecisioni planimetriche se impiegati con modelli di georeferenziazione basati su ellissoidi come il WGS84, riferimento anche per l'altimetria della triangolazione aerea delle strisciate. E' quindi necessario prestare molta attenzione al riferimento in quota per pervenire a risultati coerenti con le specifiche richieste.

Bibliografia

- Fricker P., Saks T. (2003), ADS40, digital airborne sensor and workflow, Photogrammetrische Woche, Stuttgart, Germany.
- Hinsken L., Miller S., Tempelmann U., Uebbing R., Walker S. (2002), Triangulation of LH Systems' ADS40 imagery using ORIMA GPS/IMU, ISPRS Comm. III – Synposium, Graz, Austria.
- Linee Guida Ortofoto Digitali alla scala nominale 1:10.000, a cura di IGM AGEA, 31/03/2006.

INDIVIDUAZIONE DEI BACINI AEROLOGICI DELLA REGIONE LOMBARDIA

Eva Savina MALINVERNI (*) Luigi MUSSIO (**) Eliana Paola TONELLI (**)

(*) Università Politecnica Marche - Facoltà di Ingegneria – DARDUS - e-mail: e.s.malinverni@univpm.it

(**) Politecnico di Milano – DIAR – e-mail: luigi.mussio@polimi.it; eliana.tonelli@polimi.it

Riassunto

Un bacino aerologico è una massa d'aria, a comportamento omogeneo, che gravita su di un'area avente caratteristiche omogenee per distribuzione delle sorgenti di emissione e per caratteristiche meteo – climatiche e meteo – diffusive. Per la Regione Lombardia sono stati così individuati oltre sessanta bacini, disposti altimetricamente su tre livelli: basso, medio ed alto, e planimetricamente ripartiti individuando bacini aerologici particolari, secondo le varie caratteristiche morfologiche del territorio regionale lombardo.

Abstract

3D modeling in Lombard Italian region shows around 60 air-mass homogeneous basins on three different height levels.

Definizione di bacino aerologico e loro prima individuazione

Per la definizione ed una prima rappresentazione dei bacini aerologici è fondamentale la raccolta della bibliografia esistente. La ricerca bibliografica riguarda la normativa vigente ed i piani dell'aria già realizzati, o comunque in fase di realizzazione, da parte di altre regioni. La delibera del CEPE del 21 dicembre 1993 denominata Programma Generale S.I.N.A. (Sistema Informativo Nazionale dell'Ambiente) relativo al triennio 1994-1996 ha individuato alcune componenti ambientali prioritarie, relative ai seguenti tematismi:

- stato della qualità delle acque sotterranee;
- stato della qualità delle acque superficiali;
- inquinamento atmosferico.

Per l'analisi dell'inquinamento atmosferico, il suddetto programma ha fatto uso del concetto di bacino aerologico. In base a queste specifiche si identificano grandi bacini aerologici e, nell'ambito di questi, sottobacini localizzati, in corrispondenza delle aree ad elevato rischio di inquinamento, come le aree metropolitane e quelle industriali. Resta da osservare una certa ambiguità, nelle procedure di definizione dei suddetti bacini. Infatti quando si prescinde da precise indicazioni topografiche e morfologiche, la definizione di fenomeni e processi areali e spaziali diventa quasi sempre incerta.

Una prima, semplicissima e quasi ovvia, suddivisione del territorio lombardo basata sulle caratteristiche sopra elencate, è stata eseguita individuando, in via preliminare, i bacini aerologici sulla base di considerazioni di tipo qualitativo. La suddivisione del territorio lombardo in due grandi aree è stata ottenuta incrociando due parametri.

- L'altitudine, ovvero la curva di livello 300 m slm, perché a tale quota si colloca, mediamente nel periodo invernale, il tetto delle inversioni termiche con base al suolo, tetto che costituisce un decisivo limite al rimescolamento verticale delle masse d'aria e conseguentemente è proprio a tale quota che può essere collocata la superficie di discontinuità tra le masse d'aria della pianura e le masse d'aria montane.

- ❑ Un fattore geografico particolare costituito dalla cerchia morenica dei laghi prealpini, perché rappresenta un ostacolo allo scambio d'aria fra la pianura, da un lato, ed i fondovalle - laghi prealpini, dall'altro.

La linea definita secondo questi parametri coincide sostanzialmente con la isoterma di 12° C di temperatura media annua (Fig. 1). In questa fase, assolutamente preliminare, di individuazione dei bacini aerologici, la zona di pianura appare sostanzialmente uniforme dal punto di vista dei fattori climatici naturali ed è stata considerata come unico bacino aerologico. Viceversa la zona montana è stata suddivisa, utilizzando gli spartiacque, nella valli principali:

- ❑ Valle del Ticino;
- ❑ Valle dell'Adda;
- ❑ Valle del Brembo;
- ❑ Valle del Serio;
- ❑ Valle dell'Oglio;
- ❑ Valle del Mincio;
- ❑ Oltrepò pavese,

aree che, ancora in prima approssimazione, possono costituire grandi bacini aerologici. All'interno della Valle dell'Adda, è stata fatta una ulteriore suddivisione in tre aree aventi orografia differente (Fig. 2):

- ❑ Lario e Valchiavenna (N-S);
- ❑ Media Valtellina (E-O);
- ❑ Alta Valtellina (N-S).

In questa classificazione non è ancora stata presa in considerazione la componente antropica come, ad es., nel Piano Provinciale di Risanamento e Tutela della Qualità dell'Aria della Provincia Autonoma di Trento. Esso intende per bacino aerologico un'unità territoriale con particolari caratteristiche geografiche e climatiche che subisce limitati contributi di inquinamento provenienti da altre aree, cosicché le unità territoriali possano essere considerate abbastanza omogenee, relativamente a fattori naturali che determinano il grado di inquinamento dell'aria.

Inoltre appare evidente come la suddivisione precedente non rispecchi i criteri di analisi richiesti per la definizione dei bacini aerologici, essendo poco conforme alla complessa orografia della regione. Le principali mancanze riscontrate nella ripartizione delle aree riguardano essenzialmente il basso numero di bacini e la limitatezza di una rappresentazione bidimensionale.

Infatti una suddivisione del territorio in sole undici zone che corrispondono, in linea di massima, ai bacini idrogeologici dei principali fiumi lombardi, prevede che la concentrazione di inquinante in ognuna di esse si mantenga costante. Tutto ciò porta ad un'evidente contraddizione data la notevole superficie e la complessità orografica di ogni zona considerata. Inoltre l'analisi condotta solo in planimetria presuppone che l'altimetria non sia una grandezza vincolante per la determinazione del livello d'inquinamento dell'aria.

Individuazione geografica dei bacini aerologici

Per superare questa contraddizione, il lavoro svolto parte da uno studio più approfondito dell'orografia lombarda, condotto dapprima sulla carta, a piccola scala (1:200.000), del TCI e successivamente sulla carta, a media scala (1:10.000), della Regione Lombardia. Queste carte hanno rispettivamente permesso di individuare i bacini aerologici e di delimitarli, seguendo i loro confini costituiti, in altimetria, da curve di livello e punti quotati, e in planimetria, da quelle linee di rottura, formate dalle linee di cresta delle principali catene montuose e collinari.

Pertanto partendo dalla sopraccitata carta a piccola scala e seguendo i profili morfologici dei rilievi alpini, prealpini e collinari è stato possibile, seguire i confini delle proiezioni planimetriche dei bacini aerologici e, una volta importati i profili in file .dwg (Autocad), individuare chiaramente una sessantina di bacini aerologici corrispondenti, in linea di massima, alla quasi totalità delle valli lombarde, ad alcune zone collinari pedemontane, all'alta pianura padana ed alla bassa pianura

padana, oltreché alle colline dell'Oltrepò pavese (Fig. 3, con specifico riferimento al livello medio, di seguito definito). Altimetricamente tutta la regione lombarda è stata suddivisa in tre livelli.

- livello basso;
- livello medio;
- livello alto.

Dopodiché planimetricamente, ciascun livello è stato opportunamente suddiviso, individuando bacini aerologici particolari, facendo uso della sopraccitata CTR lombarda.

- Nel livello basso, si sono considerate solo due zone poste ad una quota inferiore rispetto al piano medio di campagna, evidenziando così il canyon del fiume Ticino e quello del fiume Adda, dalle colline a sud rispettivamente dei laghi Maggiore e di Como fino all'arrivo dei fiumi nella bassa pianura (Fig. 4).
- Nel livello medio, si sono prese in considerazione tutte le aree con un'altimetria compresa tra il piano campagna della pianura Padana e 2.000 m slm, ovunque oltre il limite della vegetazione d'alto fusto, in una zona tipica di alta montagna. Procedendo da Sud verso Nord, si ritrovano l'Oltrepò pavese, la bassa e l'alta pianura padana, le colline del Varesotto, della Brianza, della zona di Bergamo, della Franciacorta e dell'anfiteatro morenico del Garda, le valli delle Prealpi Lombarde nel Comasco, nel Lecchese nella Bergamasca e nel Bresciano, e le Alpi Lombarde: Orobie, Lepontine e Retiche (Fig. 5).
- Il livello alto, costituito dalle sole zone ad altimetria superiore ai duemila metri, è suddiviso in pianura padana e zone collinari, Prealpi Lombarde, Alpi Orobie, Alpi Lepontine ed Alpi Retiche (Fig. 6).

Data questa notevole suddivisione, merita di essere messo in evidenza come le precedenti divisioni, quasi amministrative, non rispondessero affatto all'esigenza di definire chiari bacini aerologici. Ad es., la Valtellina e la Val Chiavenna, oltre alla zona di Livigno sita a Nord delle Alpi, costituiscano nel loro insieme la provincia di Sondrio, ma devono essere suddivise quantomeno in dieci bacini aerologici distinti, per tenere conto della diversa disposizione delle valli maggiori e minori (Nord - Sud e/o Est - Ovest). Un altro esempio interessante è fornito dai canyon del Ticino e dell'Adda sottostanti il piano medio dell'alta pianura lombarda. In questo caso specifico, la struttura dei bacini aerologici è decisamente tridimensionale. Infatti i due canyon hanno quote, caratteristiche meteorologiche ed ambientali ben differenti dall'alta pianura. Infine il livello alto è costituito dalle masse d'aria al di sopra dei bassi strati, spesso nebbiosi in inverno ed afosi in estate, e da quelle zone montane, come già detto in precedenza, prive di vegetazione, impervie e disabitate.

Elenco dei bacini aerologici nel livello medio

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. bacino Nord (Spol, Livigno) | 30. Val Cavallina |
| 2. Valdidentro | 31. Val Borlezza |
| 3. Valdisotto | 32. Clusone |
| 4. Valfurva | 33. bassa Val Camonica |
| 5. Valtellina orientale | 34. Val di Caffaro |
| 6. Val Malenco | 35. Lago d'Idro |
| 7. Val Masino | 36. alto Lago di Garda |
| 8. Val Bregaglia | 37. basso Lago di Garda |
| 9. Val San Giacomo e Piano di Chiavenna | 38. Val Sabbia |
| 10. alto Lago di Corno | 39. Prevalle |
| 11. Valtellina occidentale | 40. Val Trompia |
| 12. Valtellina da Sondrio a Tirano | 41. Lago d'Iseo |
| 13. Val di Corteo | 42. Viadanica |
| 14. alta Val Camonica | 43. bassa Val Brembana |
| 15. Val di Savio | 44. Pontida |
| 16. Val di Paisco | 45. Lago di Lecco |
| 17. Val di Scalve | 46. Vallassina |

18. alta Val Seriana	47. colline Como – Lecco
19. Val Brembana orientale	48. basso Lago di Como
20. media e alta Val Brembana	49. Val d'Intelvi
21. Valtorta	50. Valle del Tresa
22. Val Varrone	51. Val Veddasca
23. Porlezza – Menaggio	52. alto lago Maggiore
24. Valsassina	53. Valcuvia – Valganna
25. Val Taleggio	54. basso lago Maggiore
26. Val Imagna	55. colline Verbania – Varese
27. Val Brembilla	56. colline Varese – Como
28. Val Serina	57. alta Pianura Padana
29. bassa Val Seriana	58. bassa Pianura Padana
	59. Oltrepò pavese

La zonizzazione 3D dei bacini aerologici richiederebbe, a rigore, l'utilizzo di un database capace di interpretare topologie tridimensionali, inserendole in un programma per l'analisi e la gestione di SIT 3D. Tuttavia un programma di questo tipo non è attualmente disponibile tra i programmi commerciali in uso per l'analisi e la gestione di SIT. E' stato allora giocoforza necessario operare con i tradizionali programmi per l'analisi e la gestione di SIT, facenti riferimento a topologie bidimensionali, collegando tra loro i tre strati altimetrici come entità tematiche.

Aspetti antropici

Fatto salvo nebbie nel periodo invernale ed afa nel periodo estivo limitatamente, per lo più, alla bassa pianura padana, la regione Lombardia non presenta fonti di inquinamento scollegate dalla presenza del fattore antropico. Viceversa il fattore antropico condiziona pesantemente i livelli di inquinamento presenti. La Regione Lombardia è una delle più densamente popolate d'Europa e, sempre in Europa, è una delle regioni più sviluppate industrialmente e dal punto di vista della densità del traffico veicolare circolante nelle principali arterie della Regione. Si riporta di seguito l'elenco delle città oltre i 40.000 abitanti, così come esse si sono negli ultimi cinquanta anni conurbate. E' facile evidenziare oltre alla grande conurbazione di Milano, Brescia e prima di tutti gli altri capoluoghi di provincia lombardi (ad eccezione di Sondrio, ma con l'aggiunta di Vigevano), la conurbazione di Monza e della bassa Brianza e quella della città lineare dell'Olona (con le città di Gallarate, Busto Arsizio Legnano).

Città	Abitanti
<input type="checkbox"/> Milano	1.182.600
<input type="checkbox"/> Sesto San Giovanni	75.421
<input type="checkbox"/> Cinisello Balsamo	72.402
<input type="checkbox"/> Rhò	51.181
<input type="checkbox"/> Cologno Monzese	47.295
<input type="checkbox"/> Bollate	46.244
<input type="checkbox"/> Brescia	187.865
<input type="checkbox"/> Monza	117.000
<input type="checkbox"/> Paderno Dugnano	45.000
<input type="checkbox"/> Busto Arsizio	76.138
<input type="checkbox"/> Legnano	53.788
<input type="checkbox"/> Gallarate	46.262
<input type="checkbox"/> Bergamo	110.691
<input type="checkbox"/> Varese	82.282
<input type="checkbox"/> Como	78.315
<input type="checkbox"/> Pavia	71.074
<input type="checkbox"/> Cremona	69.444
	1388

□ Vigevano	54.672
□ Mantova	46.372
□ Lecco	45.507
□ Lodi	39.636

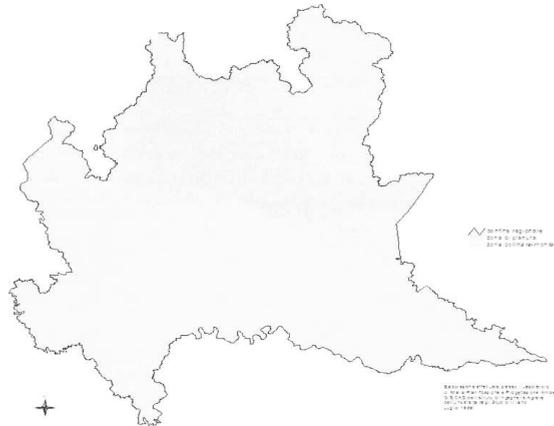


Fig. 1 La suddivisione tra zona di pianura e zona montana, quasi lungo l'isoterma di 12° C di temperatura media annua



Fig. 2 I bacini quasi amministrativi (anche se evidentemente non affatto aerologici)¹

¹ Giova ripetere come questa suddivisione sembra corrispondere soprattutto alle divisioni quasi amministrative di comunità montane, reali o possibili, seguendo i loro ipotetici confini. Infatti una ripartizione del territorio in sole undici zone, in linea di massima, corrispondenti ai bacini idrogeologici dei maggiori fiumi lombardi, prevede che la concentrazione di inquinante in ognuna di esse si mantenga costante. Di conseguenza, tutto ciò determina una stridente contraddizione, data la notevole superficie e la complessità orografica di ogni zona interessata. Inoltre l'analisi condotta solo in planimetria fa ritenere che l'altimetria non sia una grandezza rilevante per la determinazione del livello d'inquinamento dell'aria. Invece come già detto in precedenza, altimetricamente tutta la regione lombarda è stata ripartita in tre livelli: basso, medio ed alto; dopodiché planimetricamente, ciascun livello è stato a sua volta suddiviso, individuando bacini aerologici particolari.

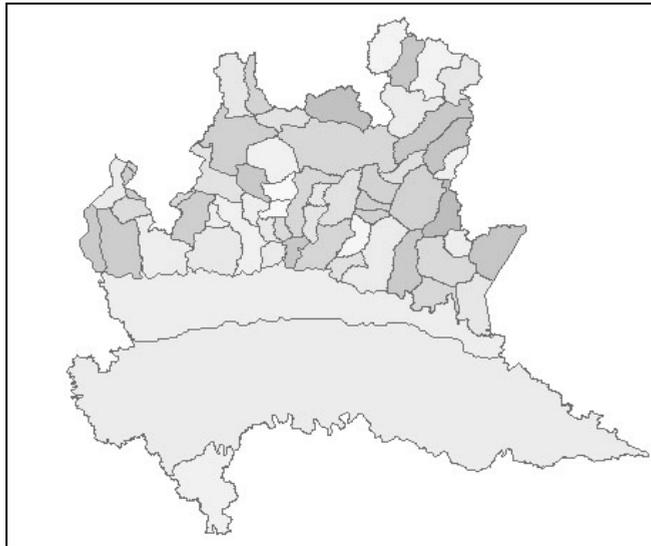


Fig. 3 La carta dei bacini aerologici dalla quota del piano campagna (p.c.) a 2500 m slm²

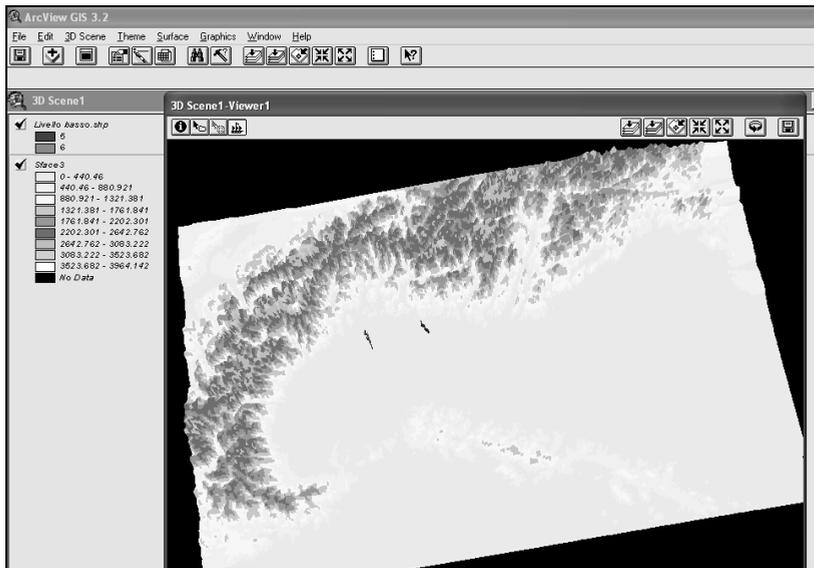


Fig. 4 I bacini aerologici sotto la quota del p.c., costituiti dai canyon del Ticino e dell'Adda

² La carta dei bacini aerologici dalla quota del piano campagna a 2500 m slm serve da riferimento base. Si noti a riguardo come proprio superare il basso numero di bacini e la limitatezza di una rappresentazione bidimensionale abbia permesso di correggere le maggiori mancanze evidenziate, rispondendo fedelmente ai criteri di analisi necessari per l'individuazione dei bacini aerologici.

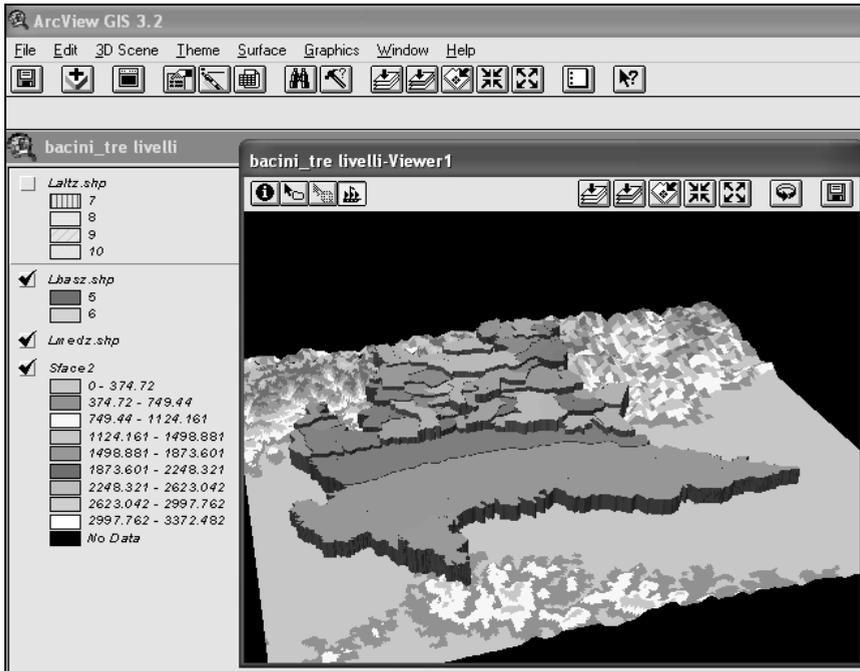


Fig. 5 I bacini aerologici dalla quota del piano campagna a 2500 m slm³

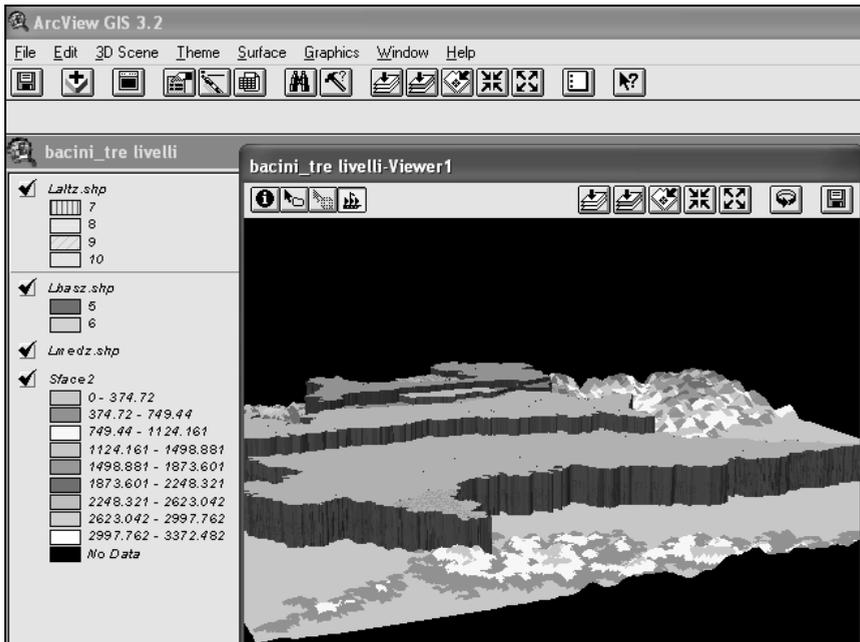


Fig. 6 I bacini aerologici oltre quota 2500 m slm

³ Si osservi come gli strati altimetrici, meno complessi, inferiore e superiore siano collegati quali entità tematiche.

A tutto ciò si aggiunge come fonte di inquinamento la presenza di arterie di traffico di particolare rilevanza e intensità quali le autostrade ed alcune strade statali:

- A1 Autostrada del Sole;
- A4 Autostrada Serenissima;
- A7 Autostrada dei Fiori;
- A8 Autostrada dei Laghi per il lago Maggiore;
- A9 Autostrada dei Laghi per il lago di Como;
- A21 Autostrada dei Vini;
- A22 Autostrada del Brennero;

- N. 10 Padana Inferiore;
- N. 11 Padana Superiore;
- N. 36 del Lago di Como e dello Spluga;
- N. 38 dello Stelvio;
- N. 342 Briantea.

La presenza di insediamenti urbani e vie di comunicazione non modifica ovviamente i bacini aerologici, ma li differenzia sostanzialmente al loro interno, in funzione della concentrazione delle emissioni e del grado di diffusione nell'atmosfera.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano gli Ing. Luigi Barazzetti, Luca Broggi ed Erik Rial per tutto il lavoro svolto nella determinazione dei confini geografici dei bacini aerologici lombardi e, in particolare, l'Ing. Luigi Barazzetti per aver volentieri messo a disposizione il materiale raccolto che ha proficuamente permesso la stesura definitiva del presente lavoro.

Bibliografia

- Albertella A., Malinverni E. S., Nardinocchi C. (1998). Per una cartografia tematica: metodologie di raccolta, elaborazione e rappresentazione dei dati ambientali territoriali. *Bollettino della SIFET*, n. 2.
- Malinverni E. S. (1998). Costruzione di un modello digitale delle altezze (DEM) di alta qualità e generazione di un'ortomagine digitale con sovrapposizione di elementi vettoriali. *Bollettino della SIFET*, n. 3.
- Malinverni E.S., Mussio L. (2001): Topografia e fotogrammetria: metodologie di raccolta, elaborazione e rappresentazione di dati ambientali territoriali. In: F. Sartori (Ed) *Ricerche e risultati: per una cartografia tematica lombarda*. FLA – Università di Pavia, Pavia, p. 343 – 377.
- Malinverni E.S., Mussio L. (2007): Un SIT 3D dedicato ad un piano regionale per la qualità dell'aria. Rivista dell'agenzia del Territorio, anno VII, n. 3, 2007.
- Malinverni E.S., Tonelli E.P. (2002): Un GIS 3D per una completezza dell'informazione cartografica nella gestione territoriale. Atti della Conferenza *Geomatica per l'ambiente, il territorio e il patrimonio culturale – 6° Conferenza Nazionale dell'ASITA*, vol. 2. Perugia, p. 1455–1460.
- Mussio L. (2006a): Possibilità offerte dai metodi statistici applicati alle informazioni geografiche. In: P.L. Paolillo (Ed) *Questioni ambientali nella gestione del territorio: strumenti e casi di studio nel territorio cremonese*. Politecnico di Milano / Regione Lombardia, Cremona, S1_10 p. 8.
- Mussio L. (2006b): Metageomatica: spunti di riflessione sulla Geometica. *Rivista dell'agenzia del Territorio*, anno VI, n. 3, 2006.
- Tonelli E.P., Malinverni E.S. (2003): Il problema della rappresentazione tematica su una base cartografica 3D. Atti della Conferenza L'Informazione Territoriale e la dimensione tempo – 7° Conferenza Nazionale dell'ASITA, vol. 2. Verona, p. 1811–1816.

ANALISI DEL RISCHIO DA FRANA IN AMBIENTE GIS: IL CASO DEL SUB-APPENNINO DAUNO (PUGLIA)

Francesco MANCINI (*), Claudia CEPPI (*), Giuliano RITROVATO (*)

(*) Dipartimento di Architettura ed Urbanistica, Politecnico di Bari, Via Orabona, 4 – 70125 Bari
f Mancini@racine.ra.it, giuritto@gmail.com, ceppicla@gmail.com

Riassunto

Il presente studio è il frutto del lavoro svolto all'interno di un progetto di ricerca finanziato dalla Regione Puglia e dall'unione Europea, che ha come principale scopo quello di valutare il rischio da frana nei centri minori del Sub-appennino Dauno. Allo scopo di produrre, a scala regionale, una carta della suscettività da frana, intesa come propensione al dissesto, nel lavoro vengono discusse le tecniche utilizzate per il trattamento dei dati e le modalità di inserimento delle variabili in ambiente GIS. Tali variabili hanno costituito un affidabile campione di partenza per l'analisi statistica della suscettività basata su un modello di regressione logistica. Si mostrano i risultati ottenuti attraverso l'analisi applicata a due campioni di dati, il primo comprendente la totalità delle informazioni ed il secondo suddiviso in due porzioni, la prima utilizzata per l'analisi e la seconda nella verifica dell'accuratezza nella determinazione della suscettività da frana. Tale valore, in entrambi i casi, si attesta sul 75% circa dimostrando anche che il risultato è indipendente dalla numerosità del campione iniziale.

Abstract

The paper is within a research project supported by Regione Puglia and European Community and aims to the landslide risk assessment on minor centre of the Sub-appennino Dauno (Puglia). Main goal is the creation of a landslide susceptibility map to be intended as proneness to risks. In particular, the statistical methodologies adopted in the data analysis and the selected variables to be used in the GIS environment will be addressed. A logistic regression model was used in the susceptibility assessment from the initial dataset. Finally, in order to validate the results provided by the analysis, a double solution was computed, the first based on the whole dataset and the second based on a subset of data. By this approach the reliability and robustness of the initial dataset could be verified. Both tests have produced a final accuracy at the 75% level of the susceptibility analysis (ability to recognize unstable area).

Introduzione

L'analisi di suscettibilità, o suscettività, riguardo ai movimenti franosi, richiede una base di conoscenza di fenomeni complessi, in grado da relazionare i movimenti ed i suoi fattori scatenanti. L'affidabilità delle mappe di suscettibilità dipende in grande misura dalla qualità dei dati utilizzati, dalla scala di lavoro e dalla scelta di una appropriata metodologia di analisi (Ayalew e Yamagishi, 2005). I metodi quantitativi per l'analisi di suscettibilità si basano sulla ricerca di una espressione numerica delle relazioni che legano i fattori predisponenti e il fenomeno franoso. Tra i metodi si distinguono principalmente due approcci, il primo deterministico ed il secondo di tipo statistico (Aleotti e Chowdhury, 1999). Tra i vari metodi utilizzati quello statistico cerca di superare gli ovvi limiti degli approcci qualitativi, dove l'attribuzione di un peso ai singoli fattori che governano l'instabilità, oltre alla scelta dei fattori stessi, avviene sulla base di osservazioni di tipo soggettivo o su conoscenze incomplete. Ovviamente nell'applicazione del metodo statistico la maggior difficoltà risiede nell'individuazione dei quei fattori che regolano l'instabilità e nella valutazione della loro relazione con il fenomeno in esame.

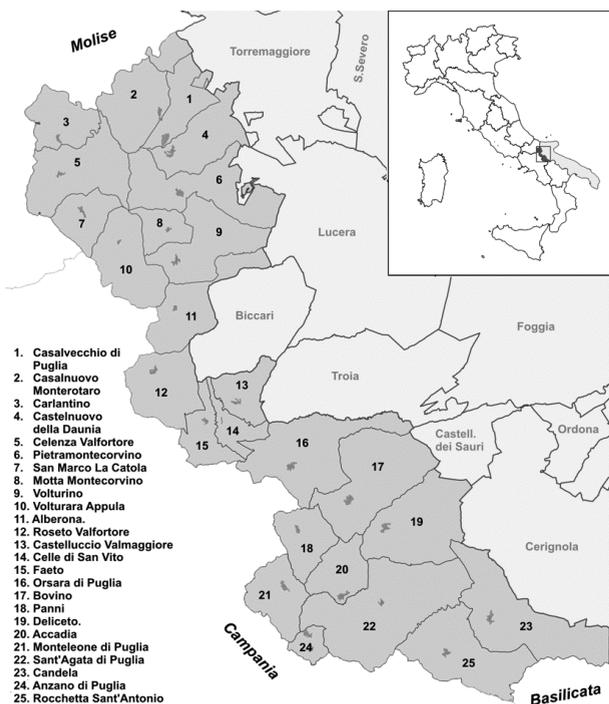


Figura 1 – Inquadramento dell'area di studio (Sub-Appennino Dauno e localizzazione dei Comuni interessati dal calcolo della suscettibilità da frana.

D'altro canto esso consente di quantificare l'importanza di ogni fattore e di stabilire, quindi, quale sia il dataset iniziale più idoneo ai fini della produzione delle mappe di suscettibilità. L'implementazione delle informazioni iniziali (variabili geografiche) in ambiente GIS facilita enormemente molte delle operazioni di analisi e questo spiega, in larga misura, la crescente "popolarità" delle tecniche di analisi statistiche nel mondo dell'informazione geografica. Il lavoro descritto si inserisce proprio in questo contesto e si propone di mettere a punto per l'area di studio un metodo di analisi della suscettività affidabile e verificabile tramite il confronto con informazioni raccolte nel tempo per l'area di studio. L'area di studio comprende in particolare i 25 Comuni del Sub-appennino Dauno elencati e localizzati nella figura 1. I dati utilizzati nell'analisi proposta, e discussi in seguito, sono interamente disponibili per ognuno di essi.

Metodi statistici per l'analisi della suscettibilità: la regressione logistica

I metodi statistici multivariati studiano l'interazione e la dipendenza tra un numero di fattori, nella loro combinazione simultanea, e l'occorrenza di frana, al fine di stabilire l'influenza che ognuno di essi esercita nell'innescio del fenomeno. Le tecniche statistiche maggiormente utilizzate allo scopo sono la regressione multipla e l'analisi discriminante. Entrambi i metodi forniscono come risultato delle funzioni basate su combinazioni lineari dei fattori di maggior significato statistico per definire la condizione di instabilità basata sull'assenza o presenza di frana. La regressione multipla risulta particolarmente utile quando si cercano le relazioni esplicative tra le diverse variabili. Il metodo determina l'influenza di un numero di variabili indipendenti in relazione ad una o più variabili dipendenti. Tra i vari metodi statistici esistenti, ed utilizzabili per gli scopi del lavoro, è stato scelto quello della regressione logistica, appartenente alle tecniche di analisi multivariate, dove la relazione tra l'occorrenza del fenomeno franoso (in termini di probabilità) e la sua dipendenza con ciascuna variabile può essere espressa tramite la forma

$$Pr = \frac{1}{(1 + e^{-Z})}$$

dove Pr è la probabilità che un evento si verifichi. Z varia tra -1 e +1, la probabilità varia tra 0 e 1. Z deriva da una combinazione lineare del tipo $Z = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_n X_n$ dove B_0 rappresenta l'intercetta della curva di regressione, B_i ($i=1, \dots, n$) il coefficiente angolare della curva di regressione logistica stimato dai dati e relativo ad ogni variabile indipendente ed n è il numero di variabili indipendenti. Nel nostro caso Pr rappresenta la stima della probabilità di occorrenza di

frana e le X_n rappresentano i fattori predisponenti (Dai e Lee, 2002; Lee e Sambath, 2006). Esaminando poi il segno dei coefficienti stimati per ogni variabile si ottengono delle considerazioni circa l'influenza di ogni variabile sulla probabilità di occorrenza. Un coefficiente positivo indica che tale variabile indipendente accresce la probabilità di frana mentre un coefficiente negativo, al contrario, indica che tale fattore agisce a vantaggio della stabilità (Chen e Wang, 2007).

I passi preliminari per l'applicazione del metodo sono a) suddivisione dell'area di studio in unità discrete (Carrara et al., 1991), rappresentate nel nostro caso da un grigliato regolare generato con passo di 40x40m; b) identificazione dei fattori significativi ai fini dell'analisi e creazione dei dati di input. In questa fase è necessario convertire parametri nominali in forma numerici, ad esempio per dati quali la classificazione litologica o l'uso del suolo; c) costruzione della mappa di franosità in un database appositamente creato con l'aiuto della conoscenza esperta; d) suddivisione del campione in aree stabili ed instabili. La decisione in merito ad una classificazione in solo due classi stabili ed instabili facilita molto l'applicazione del metodo statistico anche se ostacola l'identificazione delle diverse combinazioni di fattori per i vari livelli di pericolosità; e) combinazione dei parametri mappati con la matrice delle unità di base, data da ogni classe di ogni parametro, in funzione dell'assenza o presenza di frana; f) applicazione dell'analisi multivariata; g) riclassificazione delle unità in funzione dei risultati archiviati nella precedente fase in funzione della classi di suscettibilità (Aleotti e Chowdhury, 1999).

Variabili utilizzate nel calcolo della suscettività

Dunque la prima fase prevede l'individuazione delle variabili utili allo studio, la loro verifica in termini di qualità ed accuratezza e la loro predisposizione (formattazione) all'analisi. I fattori che devono essere considerati nel calcolo della suscettività possono essere raggruppati in 5 categorie: fattori orografici, fattori idrologici, fattori geomorfologici, fattori geotecnici e fattori d'uso (copertura). Nell'esecuzione di questo lavoro non tutti i fattori citati erano disponibili (anche per la difficoltà di strutturare in ambiente GIS informazioni di natura così differente) e solo quelli elencati di seguito sono stati utilizzati al fine di testare il metodo prescelto e verificarne poi la capacità predittiva.

1) Fattori orografici. A tale categoria appartengono i parametri descrittivi della forma del terreno: pendenza, esposizione, rugosità o curvatura. I parametri morfometrici vengono ricavati da prodotti come i DEM di derivazione aerofotogrammetria che, ovviamente possono essere disponibili con diversa accuratezza e risoluzione spaziale. Nel caso specifico è stato utilizzato un DEM prodotto nell'ambito del progetto Terra Italy - IT2000NR (CGR, Parma) disponibile per tutta la Regione Puglia. I Comuni interessati ricadono in 59 quadrangoli con taglio degli elementi al 10.000 del reticolato IGM ed il passo è di 40 m (accuratezza planimetrica 2m e accuratezza altimetrica di 5m). Tali dati sono stati importati in ambiente GIS, in forma raster, senza altre operazioni di correzione come, ad esempio, interpolazioni o riempimenti. In totale nell'area ricadono 2.856.411 pixel con quote tra i 47,73 m. e 1.142,98 m s.l.m. La *pendenza media* è stata calcolata con il metodo della variazione dei gradienti nelle direzioni Est-Ovest (x) e Nord-Sud (y). Viene calcolata la media tra le pendici delle linee che corrono da nord a sud e diagonalmente attraverso il centro della cella, analogamente per la direzione est ovest. Infine viene calcolato il valore $tg \theta = (x^2 + y^2)^{1/2}$ ove θ rappresenta la pendenza media, in gradi sessagesimali, della cella (Zevenbergen e Thorne, 1987). L'esposizione indica l'inclinazione della direzione di massima pendenza della cella rispetto alle direzioni cardinali. L'esposizione è stata suddivisa in 9 classi assegnando i seguenti valori: 1=E, 2=SE, 4=S, 8=SW, 16=W, 32=NW, 64=N, 128=NE, 255=pendenza media nulla. La curvatura rappresenta la variazione della pendenza nello spazio e si esprime come gradiente della pendenza. Sono state effettuate due valutazioni: curvatura planare e curvatura di profilo. L'analisi della curvatura planare permette di identificare e caratterizzare le aree di flusso: le curve di livello che in pianta si presentano convesse indicano un flusso convergente, concave di tipo divergente. L'analisi della curvatura di profilo indica se un qualsiasi punto lungo il profilo appartiene ad un'area concava

o convessa: la curvatura di profilo è convessa quando in pianta le curve di livello si avvicinano e concava quando le curve di livello si allontanano oppure, in sezione longitudinale, convessa se la pendenza aumenta verso valle e concava nel caso opposto. I metodi sono quelli descritti da Zevenbergen e Thorne, 1987.

2) *Fattori idrologici*. Tra questi rientra l'area drenata, che rappresenta l'estensione (in pixel o m²) del sottobacino drenato. Il calcolo richiede la conoscenza delle direzioni di flusso, procedura iterativa che verifica quali celle inviano il flusso verso il pixel considerato entro l'area del bacino. In questo lavoro è stata utilizzata la procedura proposta da Tarboton (1997), che non si descrive nel dettaglio, la quale richiede la rimozione delle depressioni utilizzando un criterio di riempimento delle stesse e conservando la direzione prevalente dell'intorno. Nel caso di studio le correzioni apportate sono risultate di piccola entità ed utilizzate solo in questa occasione. Infine va sottolineato che i valori ottenuti si riferiscono ad una piovosità costante su tutta l'area di studio (1 litro/cella) e permeabilità nulla.

3) *Fattori geomorfologici*. I fattori geomorfologici utilizzati sono quelli raccolti nell'ambito del Progetto Strategico citato e fanno riferimento all'*inventario dei fenomeni franosi* per i siti oggetto di studio. Tali dati sono ottenuti da foto-interpretazione, da indagini speditive di campagna e dall'integrazione con informazioni storiche e di base sulla tipologia di frana. Tale inventario è stato strutturato in un GeoDatabase. Anche questi dati, ai fini dell'applicazione dell'analisi di regressione, sono stati rasterizzati riducendo l'informazione a quella di area in frana (1) o non in frana (VOID) per ogni cella dell'area di studio.

4) *Fattori geotecnici*. Alcune informazioni derivano dalla *carta litologica* della Regione Puglia redatta in scala 1:100.000. Le classi che interessano l'area di studio sono 36, successivamente accorpate in 13, in funzione del comportamento meccanico generale, con un codice identificativo nella struttura raster dell'informazione. Grandi miglioramenti su questa voce sono attesi con la nuova carta litologica alla scala 1:50'000 in produzione ad opera dell'APAT. Per ragioni di spazio si omettono ulteriori discussioni su questo punto.

5) *Fattori d'uso*. L'*uso del suolo*, per definizione, costituisce un elaborato dove confluiscono molteplici fattori, naturali che antropici, di carattere ambientali geomorfologico, pedologico e vegetazionale, in interazione con le modificazioni dovute all'urbanizzazione, all'agricoltura e all'attività zootecnica. La carta di copertura del territorio utilizzata è quella prodotta a metà anni '90 nel progetto CORINE Land Cover (Heyman et al., 1994) e successivamente aggiornata (per la Puglia all'anno 2000). Ai fini del calcolo della suscettibilità, il numero delle classi è stato ridotto a 10 in relazione all'influenza che viene associata ad ognuna di queste.

L'applicazione del metodo

La variabili significative e disponibili (in totale ne sono state selezionate 9) sono state rappresentate in grigliati dove in corrispondenza dei nodi sono disponibili coordinate e valore della variabile. Tali dati sono stati poi importati nell'ambiente MIS (SPSS) per l'analisi statistica. Una delle operazioni preliminari all'applicazione del metodo è stata l'elaborazione dei diversi fattori in variabili che fossero costituite da classi omogenee. In particolare le variabili di tipo nominale (uso del suolo, orientazione, litologia) sono state convertite in variabili binarie, tale operazione è necessaria sia per creare delle variabili che abbiano con la variabile dipendente (assenza/presenza di frana) una relazione prossima a quella lineare sia per poter esaminare quali valori delle variabili predispongono il suolo all'instabilità, o, in altre parole, siano maggiormente correlate con la variabile dipendente. Il campione è stato poi depurato dai valori nulli, ed è stato suddiviso in due sottocampioni di egual numerosità. Infatti, essendo il metodo applicato a tutta l'area di studio, vi erano un elevato numero di celle non in frana, e quindi tramite estrazione *random* di campioni è stato derivato un sottocampione numericamente equilibrato in modo da avere una variabile dicotomica come variabile dipendente. Per la validazione del metodo, e quindi al fine di determinare la sua capacità predittiva, sono stati preparati due set di dati. Il primo con la totalità delle informazioni ed il secondo con esclusione dall'analisi di regressione del 25% delle aree in

frana. Questo al fine di verificare l'effetto della numerosità del campione (e quindi della sua rappresentatività del fenomeno) sui risultati ottenuti.

Analisi dei risultati

L'analisi di regressione restituisce come prima informazione il confronto fra due modelli: il modello con solo l'intercetta (regressione lineare) ed il modello con tutte le variabili presenti (regressione multipla). Nel caso del campione comprendente la totalità dei dati tale confronto presenta il 50,4% di casi correttamente classificati nel primo modello (quindi un modello che indipendentemente dalle covariate disponibili considera tutte le unità come suscettibili a frana) contro il 75,6% fornito dal secondo modello, la cui predizione dipende dalle variabili disponibili. Nel secondo campione tali valori erano rispettivamente 50,1% e 75,4%. L'analisi fornisce anche la stima dei parametri del modello logistico con s.q.m. associato e la significatività del parametro. Nonostante alcuni parametri avevano un basso livello di significatività si è scelto di non escluderli dall'analisi per non avere una pur minima perdita di informazione. Alla fine delle due analisi abbiamo potuto verificare che nonostante la perdita di informazione (provocata dalla riduzione del campione del 25%) la stima delle aree correttamente classificate era molto simile.

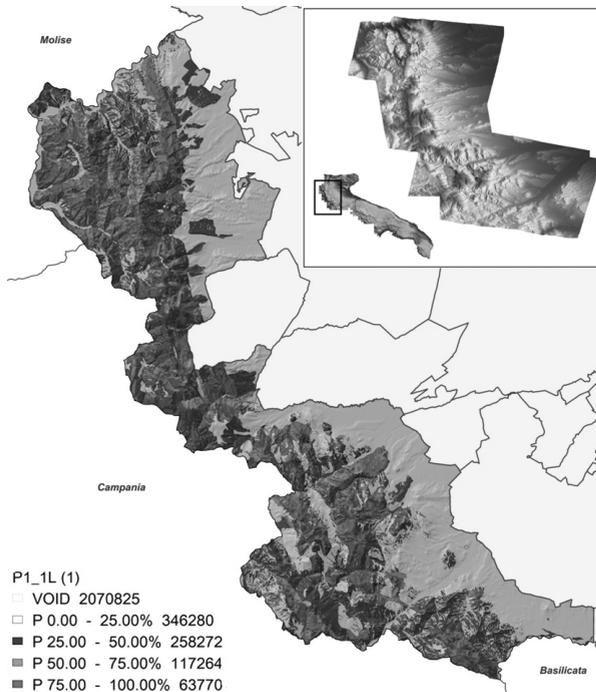


Figura 2 – Mappa di suscettività ottenuta con la totalità del campione

Quindi tramite l'analisi di regressione logistica è stato calcolato ed assegnato un valore della probabilità ad ogni cella ed ottenere le rispettive mappe di suscettività, riportate nelle figure 2 e 3, rispettivamente calcolate sulla totalità del campione e con il campione ridotto del 25%.

I valori di probabilità sono stati raggruppati in 4 classi di equal range. Successivamente è possibile confrontare per ognuno dei pixel la corrispondenza tra predizione e comportamento reale. L'analisi dei coefficienti poi mette in evidenza come alcuni fattori risultano fortemente significativi, vedi ad esempio le classi di uso del suolo, ed alcune classi di orientazione.

Molto interessante è notare come alcune classi litologiche presentano dei fattori significativamente negativi, ad indicare come tali affioramenti siano meno suscettibili al processo franoso.

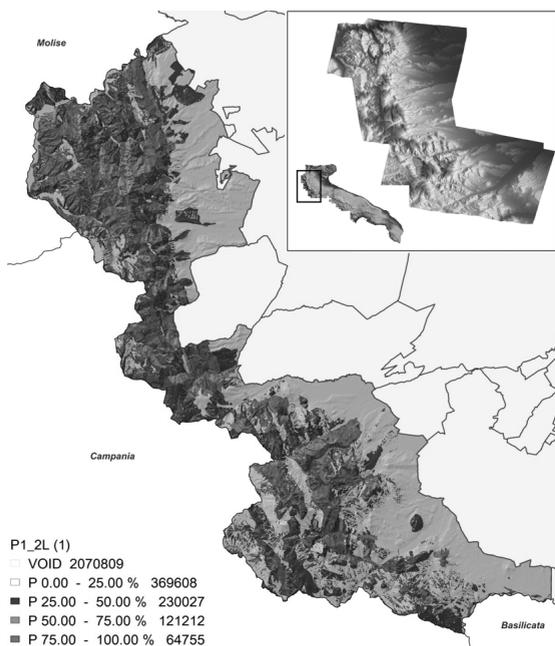


Figura 3 – Mappa di suscettività ottenuta con un campione ridotto del 25%.

Tali ricoprimenti vanno quindi a vantaggio della stabilità per i meccanismi che interessano l'area.

Conclusioni

L'applicazione del metodo ha portato ad una ottima percentuale di aree correttamente classificate come franose ed in entrambi i campioni utilizzati, testimoniando una analisi non troppo legata alle ipotesi iniziali. Tale percentuale si attesta in entrambi i casi sul livello del 75% circa. Risultano quindi suscettibili sia aree in cui si sono già verificati fenomeni come aree dove essi non si sono ancora verificati. Peraltro i fattori da considerare come scatenanti sulla suscettività trova riscontro in base a considerazioni di tipo geomorfologico e geotecnico suggerendo nuovi spunti di riflessioni sulla natura del fenomeno nell'area di studio.

Ringraziamenti

Il lavoro svolto nell'ambito delle attività del Progetto Strategico "Valutazione del rischio da frana per la pianificazione di centri urbani minori in zone di catena: il caso della Daunia" (coordinatrice: prof.ssa Federica Cotecchia – Politecnico di Bari. Si ringrazia la dott.ssa Francesca Santaloia (CNR-IRPI Bari) per la collaborazione nella fase di implementazione in ambiente GIS dei dati geomorfologici. Il software Geomedia 6.0 (Intergraph) è fornito nell'ambito del progetto "Registered Research Laboratory (RRL) Program".

Bibliografia

- Aleotti P., Chowdhury R. (1999), "Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives", *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 58(1), 21-44.
- Ayalew L. Yamagishi H. (2005), "The application of GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Kakuda-Yahiko Mountains, Central Japan", *Geomorphology*, 65(1-2), 15-31.
- Carrara A., Cardinali M., Detti R., Guzzetti F., Reichenbach P. (1991), "GIS techniques and statistical models in evaluation landslide hazard", *Earth surface processes and landforms*, 16, 427-445.
- Chen Z., Wang J. (2007), "Landslide hazard mapping using logistic regression model in Mackenzie Valley, Canada", *Natural Hazards*, 42(1), 75-89.
- Dai F.C., Lee C. F. (2002), "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong", *Geomorphology*, 42(3-4), 213-228.
- Lee S., Sambath T. (2006), "Landslide susceptibility mapping in the Damrei Romel area, Cambodia using frequency ratio and logistic regression models", *Environmental Geology*, 50(6), 847-855.
- Tarboton D. G. (1997), "A New Method for the Determination of Flow Directions and Contributing Areas in Grid Digital Elevation Models", *Water Resources Research*, 33(2), 309-319.
- Zevenbergen L.W., Thorne C.R. (1987), "Quantitative Analysis of Land Surface Topography", *Earth Surface Processes and Landforms*, 12, 1987.
- Heymann Y., Steenmans C., Croisille G., Bossard M. (1994) "CORINE land cover project -Technical guide", ECSC-EEC-EAEC, Brussels- Luxembourg, 136 pp.

UN WEBGIS PER IL MONITORAGGIO E LA GESTIONE FITOSANITARIA DEI COMPENSORI FORESTALI DEL PARCO NAZIONALE D'ASPROMONTE

Francesco MANTI (*), Carmelo MONSIGNORE (**), Vincenzo VACANTE (**)

(* Regione Calabria, Settore Protezione Civile, Via Sbarre Superiori 42, I-89100 Reggio Calabria
tel +39 0965 622542 fax +39 0965 622544 e-mail: f.manti@protezionecivilecalabria.it

(**) Dipartimento di Scienze Ambientali e Territoriali, Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria
tel +39 0965 809555 fax +39 0965 809542 e-mail: cbonsignore@unirc.it, vvacante@unirc.it

Riassunto

Il monitoraggio degli ambienti forestali per il controllo delle fitopatie ha ricevuto un notevole impulso grazie allo sviluppo e alla diffusione dei *Geographical Information Systems* (GIS) che rendono possibile la gestione e l'analisi di elevate quantità di dati sulla variazione spazio-temporale dell'abbondanza di popolazione di parassiti nocivi alla economia e alla salute umana assumendo un ruolo sempre più importante come strumenti a supporto della gestione dei boschi e delle foreste.

Nel presente lavoro sono presentati i contenuti metodologici ed i primi risultati della creazione di un WebGIS per il monitoraggio e la gestione fitosanitaria dei boschi del Parco Nazionale d'Aspromonte.

Abstract

The monitoring of the forest environments for the control of the phytopathy has been greatly stimulated thanks to the development and diffusion of the Geographical Information Systems (GIS). that make possible the management and the analysis of a great deal of data on the spatio-temporal variation of the abundance of parasite populations, harmful to economy and human health. The GIS have so become essential instruments in support of the management of woods and forests. In the present study there are shown the methodological contents and the first outcomes of the creation of a WebGis for the monitoring and the phyto-sanitary management of the woods in the National Park of Aspromonte, Calabria, Italy.

Introduzione

Generalmente gli insetti hanno ruoli benefici negli ecosistemi forestali. Ricerche a livello di ecosistema hanno identificato un numero di ruoli significativi degli insetti forestali, nell'influenzare, per esempio, la struttura e la funzione dell'ecosistema forestale in quanto essi regolano certi aspetti di produzione primaria, il ciclo di importanti sostanze nutrienti, la via per lo sviluppo ordinato delle foreste attraverso la successione ecologica e la grandezza, la distribuzione e l'abbondanza di alberi ospiti. Alcune specie di insetti diventano, però, periodicamente, così abbondanti da minacciare i valori ecologici, economici o estetici delle foreste. Questi insetti sono denominati specie epidemiche (*outbreak*) o infestanti (*pest*) (Maron *et al.*, 2001). Queste esplosioni sono legate alla modificazione degli ecosistemi forestali con presenza di essenze non spontanee oppure legate alla raccolta delle biomasse o anche da attività di antropizzazione. Possono essere altresì legate anche ai cambiamenti climatici.

Il monitoraggio degli ambienti forestali ha ricevuto un notevole impulso grazie allo sviluppo e alla diffusione dei *Geographical Information Systems* (GIS) che rendono possibile la gestione e l'analisi di elevate quantità di dati sulla variazione spazio-temporale dell'abbondanza di popolazione assumendo un ruolo sempre più importante come strumenti a supporto della gestione delle popolazioni di insetti nocivi alla economia e alla salute umana (Liebhold *et al.*, 1993). L'utilizzo dei

GIS rappresenta pertanto un ausilio fondamentale specialmente nel caso di popolamenti di insetti dannosi alle essenze forestali vista l'importanza di gestire informazioni spazializzate in ambienti di notevole estensione caratterizzati da un'esposizione al rischio d'attacco fortemente eterogeneo (Barry Lyons *et al.*, 2002). Esperienze compiute in tal senso su principalmente su lepidotteri sono comuni in alcune Nazioni tra cui gli USA e il Canada (Barry Lyons *et al.*, 2002), mentre molto poco risulta realizzato nel nostro Paese.

L'insetto che in Calabria rappresenta il principale fitofago defogliatore delle foreste è senz'altro la processionaria del pino (*Traumatocampa pityocampa* (Denis & Schiffermüller)). Essa è una farfalla che vive e si riproduce a spese di alcune specie appartenenti al genere *Pinus* e, in misura minore, a spese di altre conifere in generale. Le sue infestazioni costituiscono un annoso problema non solo per la pineta e per l'economia forestale in genere, ma anche per i fruitori di questo particolare ambiente o per chi contrae rapporto con singole piante infestate dell'arredo urbano, a causa delle setole urticanti che alcuni stadi giovanili dell'insetto liberano nell'ambiente, provocando patologie allergiche a carico dell'uomo e di vari animali.

Gli aspetti della biologia, in relazione alle variabili forzanti ambientali, condizionano la dinamica di popolazione della processionaria del pino e in particolare la distribuzione nel tempo degli eventi fenologici. La specie è biologicamente poco nota e l'approccio scientifico si è solo sporadicamente rivolto all'acquisizione di quelle nozioni necessarie alla comprensione delle strategie vitali del fitofago. La facilità con cui questo patogeno aggredisce i boschi dipende principalmente da situazioni di stress ambientale cui sono sottoposte numerose aree forestali, e, più in generale, dall'assenza di corrette tecniche di gestione selvicolturale. Conseguenza di ciò, è l'alterazione degli equilibri ecologici dell'ecosistema – bosco, che determina ripercussioni negative sui servizi che esso fornisce in termini di produzione legnosa, di protezione idrogeologica, di stabilità dei versanti, di funzione paesaggistica e turistico – ricreativa (Manti, 2006).

Nel presente lavoro sono presentati i contenuti metodologici ed i primi risultati della creazione di un WebGIS per il monitoraggio e la gestione fitosanitaria dei boschi del Parco Nazionale d'Aspromonte basato su una metodologia di studio della processionaria del pino nello spazio e nel tempo, attuata a micro ed a macro-scala, finalizzata alla possibilità di migliorare la conoscenza della distribuzione reale e potenziale di *T. pityocampa* sul territorio del Parco e delle caratteristiche dei soprassuoli più soggetti all'azione del parassita. L'utilizzo di questo strumento permette altresì di sviluppare mappe di distribuzione spaziale dell'entoma che tengano conto sia delle peculiarità ecologiche del fitofago, sia di quelle selvicolturali dei popolamenti interessati dalla sua presenza, al fine di razionalizzare un protocollo per il controllo e il monitoraggio di questo fitofago defogliatore delle pinete.

Metodologia

È stata progettata una applicazione per il monitoraggio e la gestione fitosanitaria dei boschi del Parco Nazionale d'Aspromonte di tipo Webgis. L'architettura del Sistema è stata finalizzata alla condivisione di servizi orientati alla pianificazione fitosanitaria sostenibile, alla programmazione degli interventi per la difesa degli ambiti forestali dalla processionaria del pino e, in futuro, da altri organismi dannosi, al monitoraggio e all'analisi di eventi biotici in grado di arrecare danno al patrimonio forestale e ambientale dell'Ente Parco Nazionale d'Aspromonte.

Il progetto esecutivo ha previsto come principale obiettivo quello di costituire un efficace sistema di supporto alle decisioni (DSS – Decision Support System), atto alla gestione unitaria e centralizzata di tutte le informazioni e le procedure che concorrono alla definizione delle strategie di controllo, prevenzione e monitoraggio dei boschi del Parco Nazionale d'Aspromonte.

Le principali linee progettuali del sistema hanno previsto la realizzazione:

- di un portale web informativo sul monitoraggio della processionaria del pino dei boschi dell'Aspromonte;
- di una gestione centralizzata delle attività di rilievo e campionamento fitosanitario;
- della storicizzazione e consultazione dei dati e delle soglie di valori;

- della ricerca e consultazione, mediante sovrapposizione GIS, di mappe e dati, di interesse, e precaricati nel sistema, relativi alle attività di monitoraggio in oggetto;
- della gestione utenti e permessi di accesso ai singoli dati e strati informativi del sistema.

Il fulcro del sistema è costituito da una base dati centralizzata o geodatabase (Geographic Database) in grado di registrare ogni tipo di dato mediante un sistema RDBMS (Relational DataBase Management System) robusto ed efficiente, ed archiviare efficacemente anche le informazioni di carattere cartografico attraverso tool e componenti specializzate. Tale insieme di dati è stato organizzato in layer ossia strati informativi, in linea con la modalità di rappresentazione delle informazioni tipica dei sistemi GIS, visualizzabili a pieno schermo da un PC collegato alla rete Internet attraverso un comune browser. Ogni layer rappresenta una tipologia di dato: i boschi, le strade, i fiumi, i dati di monitoraggio, etc. e è stato possibile sovrapporre i vari layer cartografici.

Il sistema integra in un unico ambiente tutte le funzioni fitoiatriche con le funzionalità cartografiche offerte da un sistema GIS. Tale ambiente integrato è costituito da un sistema web dotato di funzionalità differenti a seconda dell'utenza che vi accede, con una vestizione grafica omogenea all'interno dei diversi moduli, in grado di offrire i seguenti vantaggi:

- avere uno strumento completo di lavoro per tutti gli utenti che devono operare, con mansioni e procedure operative ben determinate;
- avere una struttura per centralizzare i dati per ottenere una istantanea disponibilità dell'informazione aggiornata a tutti gli utenti del sistema;
- avere bassi costi di manutenzione e aggiornamento;
- avere grandi capacità di adeguamenti e modifiche;
- avere bassi impatti sulla dotazione infrastrutturale esistente.

Il sistema è orientato alla integrazione con gli standard OPEN GIS. Questa struttura infatti potrà garantire la compatibilità in futuro con gli altri sistemi che adottano come riferimento gli standard Open GIS favorendo lo scambio di dati cartografici su piattaforme differenti e permettendo a qualsiasi client che ne faccia richiesta, interrogazioni verso il sistema, che siano conformi a tale standard. La soluzione presenta infatti una architettura moderna che abbraccia gli standard attualmente più diffusi nel mondo dell'Information Technology (IT); include infatti standard per Metadati geografici (Federal Geographic Data Commission, FGDC), standard per il Web (Extensible Markup Language, XML), standard per le comunicazioni in rete (TCP/IP), ed una notazione standard per la modellazione di oggetti del mondo reale (Unified Modeling Language, UML). L'architettura supporta un grande varietà di formati, inclusi quelli emessi da organismi quali l'OpenGIS Consortium (OGC) e l'International Organization for Standardization (ISO), prevedendo anche formati di altri fornitori quali Oracle Spatial, Informix Spatial DataBlade, ed IBM Spatial Extender. L'ambiente di programmazione è aperto e permette una possibile personalizzazione mediante un qualunque linguaggio COM come Visual Basic, Visual C++ Delphi.

Il sistema è composto da un Modulo database Microsoft Access per lo storage dei dati alfanumerici; un modulo Internet Information Service che svolge tutte le mansioni di webserver ed application server per la comunicazione del sistema su Web e il Modulo MapServer Open Source sviluppato dall'University of Minnesota (UMN). Il core del sistema è costituito dall'applicazione Cart@net®, opportunamente personalizzata, la quale fornisce le funzionalità del sistema proposto, insieme a tutte le informazioni e gli strumenti di analisi dei dati cartografici ed alfanumerici. Il Sistema è inoltre strutturato con moduli indipendenti ed ampliabili in modo da poter avere una architettura flessibile con caratteristiche di scalabilità verso future esigenze di ampliamento e di integrazione con altri sistemi (ad esempio altre reti di monitoraggio tipo idropluviometrico o di raccolta dati ambientali, sistemi di tracking GPS, ecc.).

Le informazioni e le funzionalità del sistema di tipo GIS, sono interamente accessibili via web attraverso interfacce semplificate e intuitive. Tutti i dati sono gestiti in una banca dati centralizzata che contiene dati alfanumerici e cartografici accessibili attraverso le funzionalità del sistema da tutti gli utenti attraverso login di accesso (username e password) e secondo profili che regolano permessi di accesso a singole mappe o gruppi di dati. Tali profili vengono gestiti in un ambiente di

amministrazione accessibili da utenti dotati di opportune login. Le entità territoriali e le loro relazioni, strutturate in file organizzati ed archiviati in un sistema che ne garantisce la gestione hanno costituito il database geografico o geodatabase. Il modello applicato in questa applicazione è quello relazionale. La caratteristica di questo modello consiste nel fatto che qualsiasi campo può essere usato come chiave di ricerca o di relazione; i dati sono archiviati in tabelle bidimensionali (dette "relation"), ciascuna delle quali è un file; ogni riga è un record (detto anche "tuple") e ciascuna colonna è un attributo; le ricerche possono essere eseguite su ogni singola tabella usando uno o più campi contemporaneamente come chiavi.

Risultati

L'applicazione Webgis fornisce le seguenti funzionalità:

1. Gestione degli utenti e dei loro profili di accesso. Attraverso questa funzionalità l'amministratore del sistema autorizza l'accesso di nuovi utenti, definendo il loro profilo e concedendo in tal modo le autorizzazioni necessarie per utilizzare le funzionalità del sistema, e limitando così sia il "cosa" che il "dove" delle operazioni permesse ad un utente. Le informazioni alfanumeriche e cartografiche archiviate in un Geodatabase centralizzato sono accessibili da diversi operatori mediante opportuna procedura di autenticazione al fine di controllare e disciplinare la visibilità dei dati alle aree di specifica competenza di ciascun utente. In riferimento ai permessi di accesso un aspetto da sottolineare è la possibilità, in fase di attribuzione dei permessi ad un utente censito nel sistema, porre dei vincoli e delle restrizioni sui dati, ossia:
 - limitare la consultazione solo a delle aree delimitate;
 - limitare le funzionalità attivabili sui dati a cui si è avuto accesso, ad esempio permettendo la sola consultazione, disabilitando il download o le interrogazioni spaziali oppure permettendo la sola modifica alfanumerica o cartografica.

Ai dati del Geodatabase centralizzato possono accedere gli operatori dei diversi enti preposti alla gestione del servizio oltre che a semplici cittadini.

2. Gestione dei dati alfanumerici. Il sistema riporta quindi tutte le informazioni utili alla gestione fitosanitaria e selvicolturale del bosco, come ad esempio: condizione fitosanitaria del bosco, modalità di gestione selvicolturale ed assestamentale, presenza di organismi dannosi all'uomo e

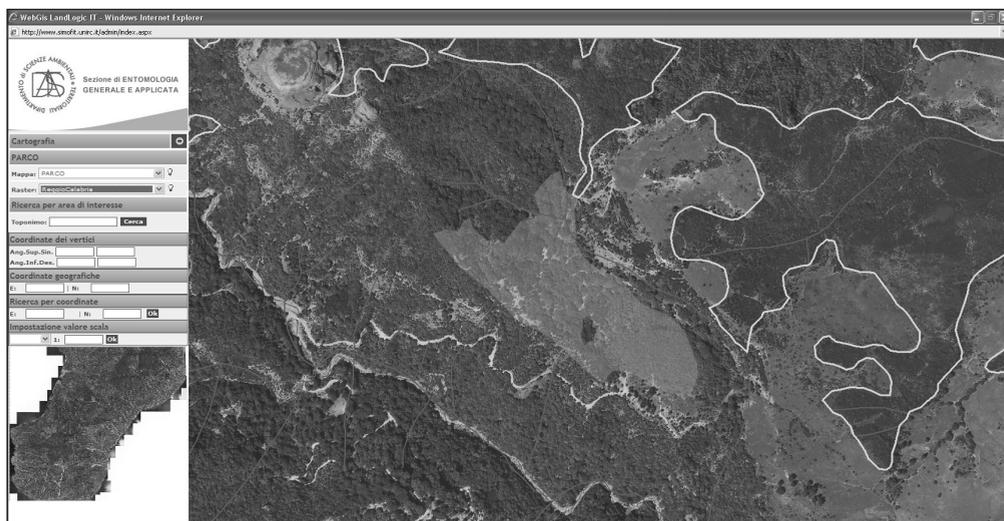


Fig. 1.- Sezione di navigazione del portale Webgis: www.simofit.unirc.it

alla risorsa forestale, notizie sui focolai di infestazione e sui comportamenti da assumere in seguito ad avvistamento di nuovi focolai, ecc. Per rispondere a queste esigenze di natura

diversa, il Sistema è dotato di una architettura flessibile con caratteristiche di scalabilità verso future esigenze di ampliamento e di integrazione con altri sistemi (ad esempio altre reti di monitoraggio tipo idropluviometrico o di raccolta dati ambientali, sistemi di track GPS, ecc.).

3. Una sezione riguarda lo sviluppo di mappe a partire dai parametri meteorologici: temperatura superficiale; precipitazione accumulata nelle ultime 6 h; umidità relativa; radiazione solare e vento superficiale.

È possibile la sovrapposizione di più strati informativi di tipo meteorologico agli strati cartografici sopra evidenziati mediante tematizzazione. L'uscita degli strati informativi, nel caso particolare di quelli meteorologici, è implementata con frequenza di sei ore per la precipitazione e con frequenza di tre ore per tutte le altre informazioni. L'utente infatti ha la possibilità di scegliere una data ed un'ora qualunque per le quali siano a disposizione i campi meteorologici e visualizzarli sullo schermo in modalità cartografica. I dati meteorologici forniti dal CRATI s.c.r.l., Consorzio per la Ricerca e le Applicazioni di Tecnologie Innovative, iniziano dal 1 Gennaio 2003 ed arrivano fino alla data corrente, con possibilità future di aggiornamento, sono disponibili su un grigliato longitudine-latitudine in formato binario.

4. Un'altra sezione, le cui funzionalità sono state oggetto di sviluppo, hanno riguardato la creazione di strati informativi di tipo puntuale e/o areale riguardante la raccolta in campo di dati sulla presenza o assenza del parassita, sulla dinamica di popolazione e il loro incremento o decremento nel punto o nell'area considerata nell'arco di un periodo temporale. Le tipologie di schede di monitoraggio per i rilievi in campo (dati di tipo puntuale) hanno previsto l'inserimento del dato in "tempo reale", la visualizzazione del dato storico e la possibilità di diversificare la tipologia di scheda a seconda dell'evento di tipo biotico considerato. Le schede sviluppate sono state due.

- **scheda di rilevamento fitosanitaria:** essa comprende 5 sezioni: la Sezione 1 è relativa ai riferimenti (localizzazione) in UTM-WGS84 e prevede l'inserimento delle coordinate GPS l'indicazione del Comune e della località; la Sezione 2 - Dati stazione comprende la scelta della Specie arborea, il diametro della pianta, l'altezza, l'età, la densità e la forma di governo del bosco; la Sezione 3 - Descrizione generale dei sintomi comprende le tipologie di sintomi sugli aghi, sulle foglie su gemme, germogli, rami secondari, tronco, corteccia, sotto corteccia e sui rami principali; la Sezione 4 – Stima dei danni comprende le indicazioni sulla Superficie totale con danni alla chioma, sul numero piante attaccate, sul grado del danno, oltre a note e osservazioni, possibile cause e documentazione allegata (testo o immagini); la Sezione 5 – Dati Rilevatore, comprende il Cognome, il Nome, l'Ente di appartenenza, la data di compilazione della scheda e gli scopi del rilievo effettuato.

- **scheda di monitoraggio:** essa comprende 4 sezioni: la Sezione 1, così come la scheda fitosanitaria è relativa ai riferimenti (localizzazione) in UTM-WGS84 e prevede l'inserimento delle coordinate GPS l'indicazione del Comune e della località; la Sezione 2 - Dati stazione, comprende l'indicazione della specie ospite, dell'Insetto target e dello stadio di sviluppo monitorato; la Sezione 3 – monitoraggio, comprende il tipo e la tipologia del campionamento, la data di inizio e fine del monitoraggio e il dato numerico sul campione; la Sezione 4 – Dati Rilevatore, comprende il Cognome, il Nome, l'Ente di appartenenza, la data di compilazione della scheda e gli scopi del rilievo effettuato.

5. Presentazione limitata dei dati geografici e interrogazione limitata dei dati alfanumerici associati, tramite interfaccia semplificata rivolta agli utenti generici. I limiti a questa funzionalità sono definibili in funzione del profilo dell'utente, in modo molto flessibile, con riferimento alla singola classe ed eventualmente ai singoli attributi, oltre che alla localizzazione geografica dei dati.
6. Presentazione completa dei dati geografici e interrogazione completa dei dati alfanumerici associati destinati agli utenti specialistici. Queste funzioni sono segmentate per classe di utenti e loro ambito territoriale di pertinenza.
7. Realizzazione di ricerche sulla base dati, in base a criteri misti, geografici ed alfanumerici: presentazione dei risultati della ricerca nella triplice orma di grafici, tabelle mappe tematiche; il

risultato di questa ricerca sarà rappresentato o da un grafico bidimensionale o da una tabella con l'elenco dei dati che soddisfano il criterio ed alcuni dati sintetici di caratterizzazione (potenzialmente scelti dall'utente), o una mappa in cui i dati selezionati sono evidenziati rispetto agli altri; in fase di analisi dei requisiti si definirà di concerto tra il contraente ed il committente l'insieme di attributi per ogni classe che potranno essere usati nella formulazioni delle ricerche e quelli che andranno utilizzati nelle presentazioni dei risultati.

8. Modifica dei dati alfanumerici. Tale funzionalità è ristretta agli utenti in base al loro profilo e al loro ambito territoriale di pertinenza; le modifiche includono l'inserimento, l'aggiornamento e l'eliminazione dei dati rispettando i vincoli di integrità della base dati.
9. Presentazione dei metadati associati ai dati geografici;
10. Gestione di documenti di vario tipo (immagini ecc.) associati ai dati: visualizzazione, stampa, modifica dei collegamenti, aggiunta di nuovi documenti.

Conclusioni

L'applicazione, installata presso il Server della Sezione di Entomologia del Dipartimento di Scienze Ambientali e Territoriali dell'Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria, è stata configurata come un portale internet con un applicativo di tipo WebGis in grado di mettere a disposizione di tutti gli attori interessati uno strumento semplice ed efficace finalizzato a fornire risposte a varie esigenze, dalla semplice richiesta di informazioni da parte del cittadino comune, di tecnici fitoiatri, fino alla richiesta da parte di un responsabile di una struttura preordinata alla lotta fitosanitaria, di mappe tematiche dettagliate relative ad uno scenario particolare.

Tra gli obiettivi che si sono intesi conseguire, è emerso per complessità quello relativo alle modalità di aggiornamento dei dati, sia alfanumerici che geometrici, da parte degli utenti periferici del sistema tramite un'interfaccia "web".

Una delle caratteristiche principali che ha costituito uno dei punti di forza del Sistema, è stata la sua capacità di rendere disponibili le informazioni ad un ampio bacino di utenza semplicemente attraverso la rete internet/intranet.

Un altro aspetto focale nello sviluppo del progetto è stato quello degli standard da utilizzare in modo da rendere il sistema interoperabile ed integrabile con altri SIT esistenti.

Le attività di monitoraggio integrate nel WebGIS hanno permesso un miglioramento della conoscenza della distribuzione reale e potenziale di diversi fitofagi nel territorio del Parco e delle caratteristiche dei soprassuoli più soggetti all'azione di parassiti. Lo sviluppo di modelli matematici e statistici finalizzati alla elaborazione di scenari futuri di infestazione, il cui output è gestito dal WebGIS, sono il presupposto per la creazione di Sistemi di Supporto Decisionale (DSS) con i quali procedere alla gestione razionale delle strategie di controllo dei fitofagi considerati. Infatti, i protocolli, le procedure di raccolta e trattamento dei dati, i modelli matematici e statistici, sviluppati nel WebGIS rappresentano un insieme di strumenti e conoscenze necessarie al servizio di una struttura in grado di governare al meglio le attività collegate alla gestione fitosanitaria del bosco e alla valorizzazione del territorio.

Bibliografia essenziale

- Barry Lyons D., Sanders C., Gene J., 2002, "The use of geostatistics and GIS as tools for analyzing pheromone trap data at a landscape level: an update", IOBC wprs Bulletin, Vol. 25: 1-14
- Liebholt M.A., Rossi R.E., Kemp W.P., 1993. "Geostatistic and geographic information systems in applied ecology", Annu. Rev. Entomol., 38: 303-327
- Manti F., 2006, *Analisi e strategie di gestione della dinamica di metapopolazione della Processionaria del pino nel Parco Nazionale d'Aspromonte*. Tesi di Dottorato di Ricerca, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Reggio Calabria, Italia
- Maron J., Harrison S., Greaves M., 2001, *Origin of an insect outbreak: escape in space or time from natural enemies*. Oecologia, vol. 126, no4, pp. 595-602 (42 ref.)

LA GESTIONE DELLE EMERGENZE IN CALABRIA. IL SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE (WEB-GIS) COME STRUMENTO DI SUPPORTO ALLE DECISIONI

Francesco MANTI (*), Massimo PAGANELLI (**)

(*) Regione Calabria, Settore Protezione Civile, Via Sbarre Superiori 42, I-89100 Reggio Calabria
tel +39 0965 622542 fax +39 0965 622544 e-mail: f.manti@protezionecivilecalabria.it
(**) Planetek Italia s.r.l., Via Massaua 12, I-70123 Bari
tel +39 080 9644200 fax +39 080 9644299 e-mail: paganelli@planetek.it

Riassunto

L'obiettivo perseguito dal Settore Regionale di Protezione Civile della Regione Calabria è stato quello di sviluppare e realizzare un SIT a beneficio dell'intera organizzazione della protezione civile calabrese distribuita sul territorio, con cui supportare efficacemente la prevenzione e la pianificazione delle emergenze. Il Sistema Informativo Territoriale (SITgE) si configura come un portale unitario sviluppato con tecnologia WebGIS in grado di mettere a disposizione di tutti gli utenti-attori interessati, e con particolari criteri di sicurezza, uno strumento semplice ed efficace in grado di dare risposte rapide ed essenziali alle esigenze operative e informative.

Abstract

The aim of Civil Protection Regional Department – Calabria has been that to develop and make operative a GIS in support of all the Calabrian Civil Protection Organization placed on the territory, by which to help, successfully, the prevention and the planning of emergencies.

The Geographical Information System (SITgE) displays as a unified structure, developed by WebGIS technology, able to offer all the interested users-actors, with particular security criteria, a simple and effective instrument up to satisfy, by quick and essential answers, all the informative and operative needs.

Introduzione

La storia della Calabria è intrecciata tra fatti antropici e fenomeni naturali a sviluppo catastrofico. È ormai noto a tutti che terremoti, alluvioni, eruzioni vulcaniche e frane si manifestano, comunemente, nei territori dove in passato tali eventi hanno causato sistematiche distruzioni e disagi di ogni tipo alla popolazione. Negli ultimi anni la distruzione dei beni e i danni alla popolazione sono aumentati per un uso dissennato del territorio e delle risorse che hanno elevato in maniera critica il valore esposto e, quindi, l'entità del rischio in aree notoriamente pericolose. Se la ciclicità è un fattore costante per un fenomeno calamitoso, l'entità del danno e il tipo di soccorsi sono parametri variabili; per questo si dice che le emergenze non sono mai uguali fra loro a parità di intensità dell'evento che si manifesta. Quindi, proprio per questo, gli operatori di protezione civile debbono essere pronti a gestire "l'incertezza", intesa come l'insieme di quelle variabili che di volta in volta caratterizzano gli effetti reali dell'evento. Da ciò deriva l'esigenza di riconoscere le peculiarità fisico-territoriali della regione, di individuare le più eclatanti tipologie di rischio e i siti più esposti, di ricercarne le cause, per poi condurre osservazioni sistematiche, anche con l'apporto di nuove tecnologie innovative, e consentire quindi una più razionale utilizzazione delle risorse e un più sicuro uso del territorio, attraverso modelli di pianificazione regionale che non si esauriscano in ormai insufficienti politiche di vincoli giuridici ma assumano soprattutto connotazioni di compatibilità ambientale intese come tutela della vita umana e del patrimonio naturale e culturale.

Metodologia

L'obiettivo perseguito dal Settore Regionale di Protezione Civile è stato quello di sviluppare e realizzare un Sistema Informativo Territoriale come Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) a beneficio dell'intera organizzazione della protezione civile calabrese, distribuita sul territorio, con cui supportare efficacemente la prevenzione e la pianificazione delle emergenze.

La realizzazione del Sistema Informativo Territoriale si è articolata nelle seguenti fasi:

- Progettazione del Sistema Informativo Territoriale in considerazione dell'ambiente di riferimento e di quanto precedentemente esistente;
- Raccolta dei dati cartografici di riferimento e dei dati di censimento del territorio di interesse per la Protezione Civile;
- Sviluppo del sistema e coinvolgimento del personale del settore nelle varie fasi realizzative;
- Rilascio del sistema e *rollout*;
- Popolamento delle banche dati.

La struttura concettuale del Sistema Informativo Territoriale ha fatto riferimento alle relazioni spaziali tra i vari strati informativi implementati e sulla metodologia specifica del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile, "l'Augustus", che ha lo scopo di disciplinare le attività e i provvedimenti principali da attuare, ai vari livelli di responsabilità, per quanto riguarda l'organizzazione dei soccorsi in emergenza e il superamento dell'emergenza.

La metodologia di cui sopra, nella sua accezione più ampia si è proposta infatti:

- di avviare un processo di standardizzazione delle procedure, dalle competenze alle modalità operative;
- di elencare le attribuzioni e i compiti a livello comunale, prefettizio, provinciale e regionale;
- di dettare gli indirizzi per la pianificazione dell'emergenza.

In particolare, è stato delineato un metodo di lavoro semplificato nella individuazione e nella attivazione delle procedure per coordinare con efficacia la risposta di Protezione Civile. Si è individuata come principale struttura la Sala Operativa Unificata Regionale (S.O.U.R.) e come decentrata la Sala Operativa del Prefetto (con le sue 14 Funzioni), alle dipendenze del Centro Coordinamento Soccorsi (CCS). A valle di questa struttura, il Sistema ha posizionato il Centro Operativo Misto (COM), come struttura decentrata del coordinamento provinciale (con le sue 14 Funzioni), in ultimo i Centri Operativi Comunali (COC).

Le Funzioni di Supporto, ai vari livelli, rappresentano, pertanto, le singole risposte operative che occorre organizzare in qualsiasi tipo di emergenza. Ogni singola funzione avrà un responsabile al quale è affidato sia il controllo della specifica operatività, sia l'aggiornamento, in tempo di pace, dei dati relativi alla propria funzione.

The screenshot shows the homepage of the 'SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE PER LA GESTIONE DELLE EMERGENZE (SITgE)'. The header features the title 'Protezione Civile - Regione Calabria' and two logos: one on the left with a cross and a flame, and one on the right with the text 'PROTEZIONE CIVILE CALABRIA'. The main content area is divided into sections: 'Home', 'Elenco Mappe', 'Cartografia', 'Documentazione', 'Schede Augustus', 'Linee guida SITgE', and 'Amministrazione'. Below this is an 'Area riservata' section with 'Utenti: Nanti' and 'Cambia password'. The main text describes the system's purpose, its basis in the Augustus method, and its role in emergency management. It also provides contact details and a note about the system's access requirements.

Fig. 1. Pagina introduttiva del Sistema Informativo Territoriale per la gestione delle Emergenze della Protezione Civile della Regione Calabria:
www.sitge.protezionecivilecalabria.it

Risultati

Il Sistema Informativo Territoriale (SITgE) si configura pertanto, come un portale unitario sviluppato con tecnologia WebGIS in grado di mettere a disposizione di tutti gli utenti-attori interessati, e con particolari criteri di sicurezza, uno strumento semplice ed efficace in grado di dare risposte rapide ed essenziali alle esigenze operative e informative. Il sistema, infatti, riporta non solo tutte le informazioni utili alla gestione di piani di protezione civile di interesse per il personale tecnico della regione, ma anche le informazioni consultabili da semplici cittadini e da enti terzi. Si parte infatti dalla semplice richiesta di informazioni del comune cittadino, alla richiesta di mappe tematiche dettagliate relative ad uno specifico scenario di rischio da parte di un responsabile di una struttura periferica o, ancora, alle notizie sulle esercitazioni svolte, sulle novità normative, sulle attività svolte dalle strutture territoriali, sulle leggi che regolano il servizio, sui comportamenti da assumere in seguito alle emergenze, ecc.

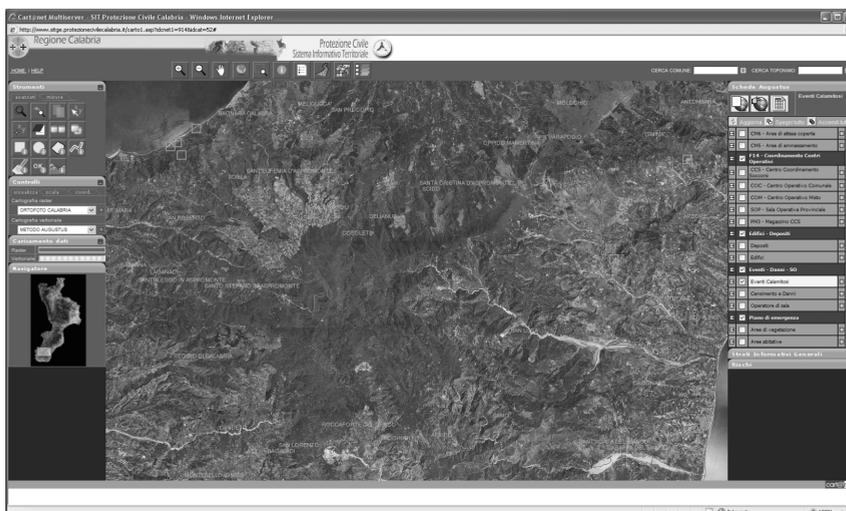


Fig. 2.- Piattaforma di navigazione. La finestra della mappa è composta dalla Barra principale, dall'Area dei dati cartografici, dal Pannello generale degli strumenti e dal Pannello dei layers.

Il portale è il punto di riferimento unitario di tutta l'attività di protezione civile regionale ad ogni livello, territoriale, funzionale e operativo-mangeriale essendo organizzato in modo da essere accessibile e utilizzabile, in modo interattivo, da utenti in base alla competenza territoriale, al tipo di ruolo-funzione rivestita e al grado di visibilità e accessibilità consentita sui dati.

Il SITgE mette automaticamente a disposizione, all'utente che accede, senza la necessità di eseguire "posizionamenti" preventivi, tutta una serie di strumenti opportunamente "ritagliati": mappe e strati informativi del territorio di propria competenza, normativa e documentazione di interesse, tutti i dati per la pianificazione e gestione delle emergenze sulle aree interessate, le informazioni relative allo studio e conoscenza del territorio e dei rischi connessi, strumenti e utilità per acquisire ulteriori informazioni attraverso la rete.

L'utente ogni volta che si collega, troverà il Sistema costantemente *up-to-date* grazie alle possibilità di aggiornamento *on-line* di cui è dotato il portale: infatti il responsabile funzionale, che ha una sede territoriale periferica può in ogni momento, via web, aggiornare il Sistema con tutte le informazioni da lui gestite in merito al proprio ambito funzionale e territoriale.

Ad esempio, il responsabile della funzione Volontariato, collegandosi via web al sistema e digitando la propria login, può direttamente modificare i dati, ad esempio, di nuovi nominativi di

riferimento di una associazione di volontariato compresa nell'albo della protezione civile. Tali dati saranno quindi immediatamente disponibili e utilizzabili nell'ambito di tutta l'organizzazione della protezione civile.

La modifica eseguita via web sul dato potrà riguardare anche aspetti di localizzazione geografica sul territorio: ad esempio se viene acquisita, nell'ambito di un comune una nuova area di ricovero, il responsabile della funzione "Assistenza alla popolazione" oltre che inserire direttamente sul sistema i dati della nuova area, potrà, in modo guidato e facilitato e con l'aiuto di mappe di sfondo, indicare un punto esatto o tracciare la nuova area (disegno di aree poligonali) destinata al ricovero di protezione civile.

Le modifiche sui dati sono sottoposte a processi di storicizzazione e di verifica per assicurarne correttezza e validità e garantire quindi che in caso di bisogno, specie in condizioni di emergenza o criticità, sia disponibile sul sistema, a tutti i livelli, un dato corretto. Ogni modifica, infatti, sul singolo dato può essere sottoposta, se richiesto, ad un processo di verifica e approvazione da parte di un responsabile che può quindi approvare, rifiutare o rettificare la modifica prima che essa sia pubblicata e condivisa nell'ambito dell'intero SITgE e quindi della regione.

I tecnici della protezione civile hanno la possibilità di definire e simulare, con l'aiuto del sistema, scenari di rischio con cui analizzare dati e informazioni essenziali a supportare decisioni su piani operativi per la prevenzione dei rischi.

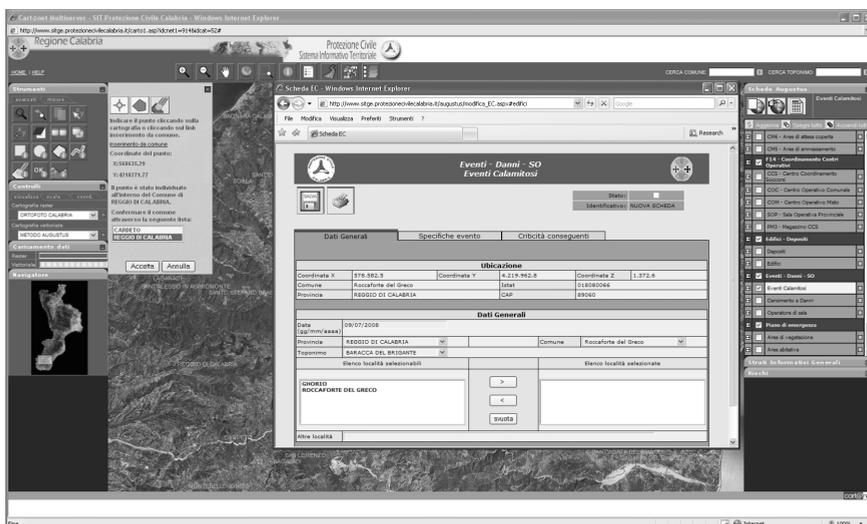


Fig. 3.- Piattaforma di navigazione. Immissione scheda "Augustus", apertura finestra per gestione e inserimento dell'elemento, in questo caso puntuale, corrispondente alla scheda prescelta.

Le procedure disponibili sul Sistema supportano la costruzione di un modello conoscitivo unitario, operativo, versatile e sufficientemente potente, tale da poter unificare i processi che intervengono nel formare l'organizzazione delle attività di Protezione Civile.

Lo strumento si presenta efficace per la prevenzione e gestione dei rischi in quanto:

- definisce le mappe dei rischi presenti nel territorio regionale in base alle caratteristiche di pericolosità, di esposizione e vulnerabilità delle singole zone;
- stabilisce gli scenari di riferimento secondo la tipologia di rischio prescelta

Questo al fine di fornire risposte, utili a fronteggiare eventi catastrofici attraverso il coordinamento di tutte le strutture e le amministrazioni coinvolte, con benefici valutabili soprattutto nel campo dei processi decisionali di intervento. Come è noto infatti, la normativa vigente individua diversi livelli territoriali/amministrativi come elementi indispensabili nell'ottica di supporto alle funzioni di programmazione e pianificazione previste a livello regionale e periferico.

La costruzione di un Sistema Informativo per la gestione delle emergenze è fortemente legata alla capacità di conoscenza del territorio su cui si opera in termini estremamente ampi (struttura fisica, opere, sistemi in rete, popolazione, ecc.) ed alla possibilità di poter gestire le problematiche ad esso associate e derivanti dall'accadere dell'evento.

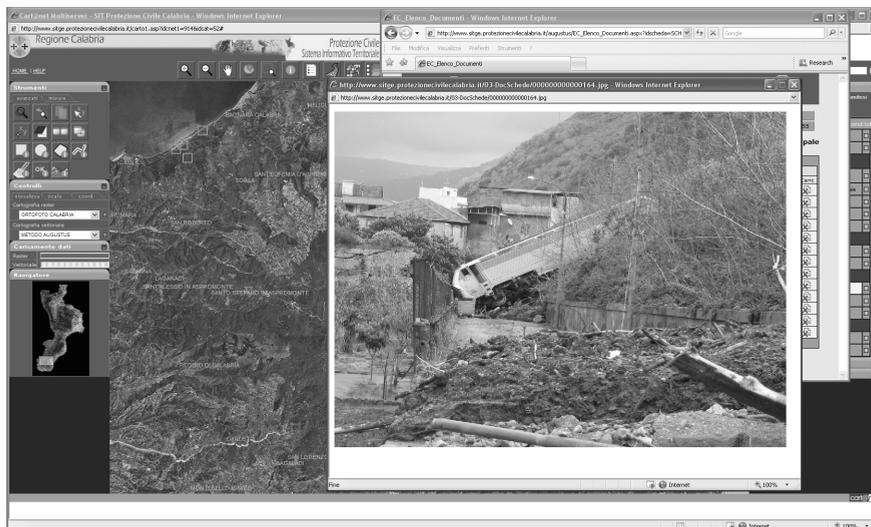


Fig. 4.- Piattaforma di navigazione. Visualizzazione a schermo e interrogazioni delle informazioni relative ad un evento calamitoso (immagini, relazioni, filmati).

La sua realizzazione non può prescindere, pertanto, dall'impiego della tecnologia GIS, che fornisce la possibilità di interagire, in un ambiente unico, con i vari passi di un'analisi e gestione territoriale (prevenzione, pianificazione ed emergenza), permettendo di organizzare il lavoro in una struttura modulare che consenta anche la flessibilità nell'aggiornamento.

I tecnici, a partire da mappe che tracciano la portata di ciascuna tipologia di rischio e definito un evento sul territorio, possono agevolmente produrre, attraverso parametri e pesi opportunamente dosati, ulteriori mappe che disegnano o simulano la 'portata' dell'evento in merito alle tipologie di rischio esaminate e, attraverso l'"incrocio" con i dati sul territorio, simulare uno scenario che può risultare essenziale per attuare una efficace politica di prevenzione e gestione dell'emergenza.

Il sistema costituisce una sezione del portale istituzionale della Protezione Civile della Regione Calabria. Oltre a fornire un punto di accesso alle informazioni tecniche e operative precedentemente descritte, il Sistema contiene una sezione dedicata alla documentazione tecnico-normativa di interesse per tutti coloro che operano nella protezione civile sia all'interno che all'esterno dell'organizzazione regionale calabrese. Tale documentazione (piani di protezione civile, normative di riferimento, modulistica raccolta dati ecc.), è organizzata in sezioni "libere" e "riservate", e in base al territorio di riferimento [Comune, Centro Operativo Misto, Provincia, Prefettura (UTG), Regione]. Ogni utente, in base alla propria login e quindi al proprio ruolo funzionale e competenza territoriale, può consultare, "scaricare" documenti di interesse e rendere disponibili sul sito ulteriore documentazione in proprio possesso.

Il sistema è sviluppato con strumenti avanzati che lo rendono, tra l'altro, un portale cartografico estremamente evoluto e allo stato dell'arte in termini di cartografia via internet. Il WebGIS è infatti basato su tecnologia la stessa alla base di importanti siti nazionali in termini di cartografia via internet. L'intero Sistema, inoltre, è progettato perché renda disponibili i dati anche in caso di emergenza ove non sia disponibile la connessione ad internet. Questo è realizzato attraverso un proprio *clone locale*, ossia una copia, automaticamente aggiornata, del sistema destinata, in futuro ad utenti della protezione civile presso sedi periferiche (Servizi Provinciali, Prefetture - UTG,

Province, Centri Operativi Misti, Comuni). In tal modo, si garantisce la disponibilità dei dati, di supporto alla gestione di eventuali emergenze locali, anche in caso di assenza di collegamento al sistema centrale.

Conclusioni

La tecnologia dei Sistemi Informativi Geografici (GIS) ha rappresentato per l'Amministrazione Regionale uno strumento indispensabile per acquisire, archiviare, interrogare, analizzare e visualizzare informazioni di tipo geografico, consentendo di trattare tutti i tipi d'informazioni contenute tradizionalmente in una carta tematica e di integrarle con molti altri tipi di dati con la possibilità di prefigurare scenari e simulare eventi che consentono di prendere decisioni, di gestire disastri, di monitorare il territorio, di definire piani ed azioni.

Soprattutto in situazioni di rischio, l'utilizzo di un Sistema Informativo Geografico permette di migliorare l'efficienza e la tempestività delle decisioni, di ottimizzare l'economicità e le priorità delle azioni, di monitorare politiche e strategie per far fronte all'emergenza territoriale e ambientale in conformità con tutte le metodologie e le specifiche (vedi modello organizzativo richiesto dal Metodo *Augustus*) adottate dagli uffici centrali nazionali competenti in materia di gestione e predisposizione dei piani di Protezione Civile.

L'utilizzo di uno strumento software di supporto affidabile appare quindi utile nelle fasi di:

- prevenzione e previsione, in cui è utile conoscere la distribuzione delle segnalazioni di rischio e le risultanze dei sopralluoghi tecnici effettuati, oltre che l'invio di comunicazioni omogenee e rapide ai soggetti coinvolti soprattutto in fase di allerta;
- gestione dell'emergenza, in cui è necessario comunicare rapidamente tra centri operativi e strutture locali dedicate alla gestione diretta dell'emergenza;
- gestione del post-emergenza, in cui è indispensabile acquisire in tempi brevi quadri descrittivi dei danni prodotti sul territorio al fine di gerarchizzare gli interventi.

Bibliografia

Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento di Protezione Civile – “*Attività preparatoria e procedure d'intervento in caso di emergenza per Protezione Civile*”. II Edizione. Dicembre 1996.

Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento di Protezione Civile – “*Pianificazione di emergenza: individuazione di aree per l'ammassamento di forze e risorse in caso di emergenza*”. Circolare n. 2404/065/emer del 12 giugno 1996.

Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento di Protezione Civile - DPC Informa (periodico informativo del Dipartimento di Protezione Civile): n. 12 Direttiva denominata “*Metodo Augustus*” maggio-giugno 1997.

F. Santoriello, M. Giordano, L. Madeo, S. Pasquini, I. Postiglione: “*La protezione civile nelle realtà locali. Organizzazione comunale e modello operativo di intervento.*” Maggioli Editore 2000.

Environmental Systems Research Institute Inc. (ESRI), *GIS for Emergency Management*, An ESRI White Paper, July 1999

IL GRAFO DELLA VIABILITÀ DELLA REGIONE ABRUZZO

Roberta MARCELLI, Armida COLLALTI, Daniela STROMEI

Regione Abruzzo, Struttura Speciale di Supporto Sistema Informativo Regionale, Via L. da Vinci, 6 – 67100 L'Aquila, tel. 0862.363263, e.mail: roberta.marcelli@regione.abruzzo.it, armida.collalti@regione.abruzzo.it, daniela.stromei@regione.abruzzo.it

Riassunto

Il Grafo della Viabilità della Regione Abruzzo risponde alla necessità di avere un'adeguata conoscenza del territorio e di migliorare il contenuto informativo del Sistema Informativo Geografico, attraverso informazioni relative sia alle caratteristiche della viabilità, urbana ed extraurbana, sia alla toponomastica. Il progetto nasce dalla constatazione che i Comuni non dispongono di una cartografia organizzata in tal senso, ma soltanto di un elenco di strade, che in molti casi non esiste o non è coerente con la realtà. L'obiettivo del progetto è quello di instaurare una collaborazione tra la Regione e gli altri Enti locali, in modo da attivare uno scambio reciproco. In tale ambito la Regione Abruzzo predispone il primo impianto del DBT ecografico toponomastico; gli Enti Locali provvederanno al suo aggiornamento tramite i WebGis predisposti dalla Regione Abruzzo all'interno del progetto Sigmater. Finora è stato completato il grafo della viabilità del primo lotto della CTR 5K. Sono in corso i lavori relativi al completamento del grafo del secondo lotto della CTR 5K relativo alle strade extraurbane, la rappresentazione grafica e l'inserimento nel DB dei tratti stradali urbani. L'obiettivo finale è la realizzazione del grafo della viabilità per l'intero territorio regionale, sia a livello urbano che extraurbano, e la pubblicazione dei dati su un apposito WebGis, attraverso il quale sarà possibile consultare il DB.

Abstract

The Graph of Viability of Regione Abruzzo meets the need to have a suitable knowledge of the territory and to improve the information content of the Geographic Information System, through information on both the characteristics of roads, urban and suburban, and the toponymy. The project is based on the recognition that municipalities do not have the use of a cartography organised in that sense, but only of a list of roads, which in many cases does not exist or is not consistent with reality. The objective of the project is to establish a collaboration between the Regione Abruzzo and other local institutions, in order to activate a reciprocal exchange. In this context, the Regione Abruzzo provides the first plant of the DBT; local institutions will keep the list updated through the WebGis prepared by the Abruzzo Region into the project Sigmater. Up to now, only the graph of the viability of the first batch of CTR 5K was completed. There are ongoing works on the completion of the graph of the second batch of CTR 5K for extra-urban roads, the graphic representation and the integration in the DB of urban roads. The ultimate goal is to make the graph of viability for the entire region, both urban and suburban, and publication of data on an appropriate WebGis, allowing the consultation of the DB.

Sviluppo del progetto

Il grafo della viabilità ha un'importanza strategica, in quanto consente un'adeguata conoscenza del territorio regionale e costituisce la base cui riferire le informazioni del sistema informativo delle strade. La sua realizzazione, il suo aggiornamento e la sua accessibilità possono rappresentare, per esempio, una necessità per i soggetti coinvolti nella progettazione e nella gestione delle strade e per

i soggetti gestori di servizi pubblici locali (Comuni, Comunità Montane, ecc.), per svolgere funzioni legate al trasporto pubblico, al turismo ed alla distribuzione di beni e servizi.

Il progetto per la realizzazione del grafo della viabilità della Regione Abruzzo è nato all'interno del progetto "DB Prior", realizzato nel 2002 nell'ambito del progetto del DataBase degli strati prioritari essenziali ed è stato acquisito sulla base delle Specifiche Tecniche WG01/DBP10K N1005. Per lo strato della "viabilità, mobilità e trasporti" è stato adottato un raggruppamento intermedio, detto tema, relativo alla modalità di trasporto omogeneo di strade e ferrovie.

Le classi relative alle strade sono: Tratto di strada, Intersezione, Nodi di rete definiti sul tratto di strada, Strada amministrativa, Elemento stradale, Giunzione stradale, Nodi di rete definiti sull'elemento stradale, Percorso amministrativo.

Le classi relative alle ferrovie sono: Tratta ferroviaria ed Intersezione ferroviaria.

Ad ogni elemento grafico, sia stradale che ferroviario, è collegato un DB topografico contenente tutte le informazioni relative agli attributi. Per quanto riguarda la definizione degli attributi relativi ad ogni classe, si è contattato l'Ente proprietario, che ha fornito la cartografia necessaria all'individuazione della tratta e le relative informazioni.

Sono stati acquisiti, sulla base dell'ortofoto a colori IT2000, in scala 1:10.000, i tratti di strada corrispondenti a tutte le strade extraurbane, escluse quelle poderali o che comunque collegano edifici isolati, e le strade di attraversamento urbano, garantendo il collegamento con quelle extraurbane che si attestano sul contorno del centro urbano.

Per quanto riguarda il tema delle ferrovie, esso è rappresentato dalla rete delle infrastrutture per il trasporto ferroviario di persone e di merci.

La scala di rappresentazione del DB Prior è la scala 1:100.000, quindi le informazioni contenute nel DB forniscono una descrizione del territorio a livello regionale (Fig. 1). Si è pertanto ritenuto opportuno approfondire il grafo della viabilità a livello urbano.

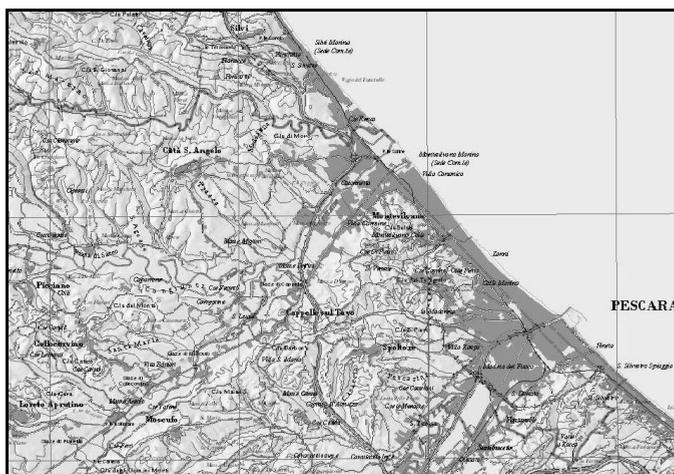


Figura 1 – Dettaglio del DB Prior 1:100.000

Il grafo della viabilità è stato quindi sviluppato all'interno del Progetto "Via e numero civico", esperienza che la Regione ha avviato nel 2005 con lo scopo di realizzare un DB topografico contenente le informazioni ecografiche dell'intero territorio regionale. Lo scopo del progetto è la creazione di un sistema informatico toponomastico in grado di essere aggiornato nel tempo, mediante il rilievo di tutti i numeri civici di abitazioni, locali commerciali, ecc., proiettati e collegati al grafo della viabilità e quindi alla cartografia regionale. Il progetto non si limita alla catalogazione dei numeri civici, ma prevede la raccolta di numerose informazioni riguardanti sia gli edifici (distacco dal ciglio stradale, numero di piani, numero di interni, colore, tipo di copertura, struttura

portante, destinazione, planimetria, foto, ecc.), sia le strade ed i tratti stradali su cui insistono gli edifici (classifica amministrativa e funzionale, tipo, stato, sede, larghezza, presenza di illuminazione pubblica e verde urbano, ecc.). Il progetto ha avuto come punto di partenza i comuni di Francavilla, Ortona, Vasto e Casalbordino, nell'ambito dei quali sono state create squadre di lavoro per i rilievi sul posto, ed è organizzato per fasi di lavoro.

La prima fase consiste nel:

- Reperimento della cartografia di base, CTR 5k, IT2000 e mappe catastali;
- Realizzazione del grafo della viabilità;
- Suddivisione del territorio comunale in zone omogenee ed assegnazione di ciascuna zona ad una squadra;
- Realizzazione di tre schede di lavoro, in formato cartaceo, per il rilievo dei dati sul posto; la prima scheda è relativa alla strada, la seconda è relativa ai tratti stradali che compongono la strada, la terza è relativa al numero civico;
- Realizzazione di un database, in ambiente Microsoft Access, per l'inserimento dei dati rilevati sul posto;
- Inserimento nel database dei dati rilevati.

La seconda fase consiste nel:

- Collaborazione con gli Enti Locali, per il controllo dei dati raccolti, riguardanti sia i numeri civici, sia le strade, per stabilire gli esatti punti di inizio e fine, la toponomastica e la corretta rappresentazione grafica;
- Predisposizione di un apposito WebGis, che consenta il flusso di dati tra Regione ed Enti Locali;
- Aggiornamento dei dati raccolti e correzione di eventuali errori riscontrati;
- Proposta di assegnazione di numeri civici, ove inesistenti.

Per la realizzazione del database in ambiente Microsoft Access è stata studiata una codificazione che permetta di individuare in maniera univoca le strade, i tratti stradali e i numeri civici. Ogni scheda è caratterizzata da un codice univoco:

- CODICE UNIVOCO STRADA, composto da “Codice Belfiore Comune – Numero Squadra – Numero Progressivo Strada”;
- CODICE UNIVOCO TRATTO, composto da “Codice Belfiore Comune – Numero Squadra – Numero Progressivo Strada – Numero Progressivo Tratto”;
- CODICE UNIVOCO NUMERO CIVICO, composto da “Codice Belfiore Comune – Numero Squadra – Numero Progressivo Strada – Numero Progressivo Tratto – Numero Progressivo Edificio – Numero Progressivo Civico”.

Come evidenziato, il punto di partenza per la realizzazione del progetto “Via e numero civico” è il reperimento della cartografia di base e la realizzazione del grafo della viabilità, che può essere considerato il perno dell'intero progetto, in quanto è grazie ad esso che verranno individuati tutti i tratti stradali, permettendo così una corretta codificazione, ed è su di esso che andranno proiettati tutti i numeri civici rilevati. Le schede dei tratti stradali e dei numeri civici, contenute nel database, verranno quindi collegate, rispettivamente, al grafo stradale ed alla cartografia di base, in modo che, chiedendo informazioni su un tratto del grafo e su un edificio rappresentato nella cartografia di base, si apriranno, rispettivamente, la scheda relativa al tratto e tutte le schede relative ai numeri civici presenti nell'edificio.

Attualmente è in corso di realizzazione il grafo della viabilità, a livello urbano, dell'intero territorio regionale, con lo scopo di costituire un valido supporto per un futuro sviluppo del progetto.

Metodologia

Il grafo della viabilità è un database geografico, cioè un archivio per la gestione del reticolo stradale, contenente informazioni geografiche riguardanti gli assi stradali e la relativa toponomastica, realizzato sulla base della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5000 (CTR 5K) e dell'Ortofoto IT2000 in scala 1:10000 che, oltre a costituire delle basi grafiche per il tracciamento dei tratti stradali, sono un utile strumento di reperimento di informazioni riguardanti le strade (larghezza, livello, ecc.).

Per la costruzione del grafo della viabilità si è fatto riferimento alle “Specifiche per la realizzazione dei database topografici di interesse generale”- In 1007_1 – Specifiche di contenuto: Gli strati, i temi, le classi. La specifica ha una struttura gerarchica; dal livello più generale, lo strato, si passa a quelli particolari, cioè i temi, le classi ed infine gli attributi delle classi. Lo strato “Viabilità, mobilità e trasporti” raccoglie le informazioni relative alla mobilità ed ai trasporti e descrive la modellazione delle infrastrutture di trasporto per aree e la modellazione della viabilità con grafi di simulazione delle correnti di traffico. All'interno dello strato è definito il tema “Strade”. La strada è definita come l'area ad uso pubblico destinata alla circolazione dei pedoni, dei veicoli e degli animali. Il tema descrive la rappresentazione a grafo della viabilità principale, che può essere realizzata a due livelli: il livello1 è analitico e descrive il flusso di circolazione sia veicolare che pedonale nell'ambito della sede stradale; il livello2 costituisce una rappresentazione sintetica dei flussi di circolazione. I due livelli sono comunque strettamente correlati tra di loro (Fig. 2).

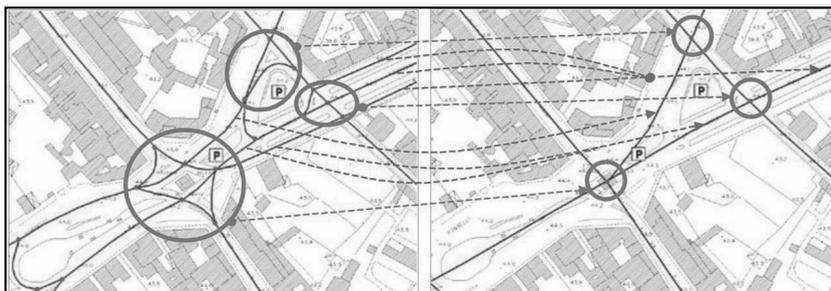


Figura 2 – I due livelli di rappresentazione del grafo della viabilità

Il grafo della viabilità della Regione Abruzzo è realizzato a livello 2, per cui si tiene conto di alcune semplificazioni (Fig. 3):

- l'intersezione tra strade diverse coincide con un punto se si tratta di un incrocio a raso semplice o se si tratta di un incrocio a raso con rotonda tra due strade ad una carreggiata;
- se due tratti stradali non convergono nello stesso punto, si può considerare un'unica intersezione, purché la distanza sia minima;
- corsie di accelerazione, decelerazione e canalizzazione possono essere rappresentate con un solo arco (ad esempio le corsie di canalizzazione all'ingresso di una rotonda).



Figura 3 – Semplificazioni nelle intersezioni dei tratti stradali

Tra le classi che costituiscono il tema “Strade”, quelle utili per la realizzazione del grafo stradale sono la classe “Tratto stradale” e la classe “Intersezione stradale”: tratto ed intersezione stradale costituiscono il grafo di sintesi delle strade.

Gli attributi della classe “Tratto stradale” sono i seguenti:

- Tipo: Tratto di strada indifferenziata, Tratto pedonale, Di raccordo intermodale;
- Classifica funzionale: Autostrada, Extraurbana principale, Extraurbana secondaria, Urbana di scorrimento, Urbana di quartiere;
- Stato: In esercizio, In costruzione, In disuso;
- Classe di larghezza: Larghezza minore di 3.5 mt, Larghezza compresa tra 3.5 mt 7.0 mt, Larghezza maggiore di 7.0 mt;
- Sede: A raso, Su ponte/su viadotto/su cavalcavia, In galleria, Altro;
- Livello: In sottopasso, Non in sottopasso.

Gli attributi della classe “Intersezione stradale” sono i seguenti:

- Tipo: Intersezione a raso /biforcazione, Intersezione a livelli sfalsati con svincoli, Casello/barriera autostradale, Rotatoria, Inizio/fine tratto stradale, Cambio toponimo / patrimonialità, Variazione della classifica funzionale, Di area a traffico non strutturato, Interruzione loop.

Sulla base di queste specifiche, il grafo stradale consiste nella rappresentazione, in ambiente ArcView, di tratti stradali ed intersezioni stradali della viabilità della Regione Abruzzo, associando ad essi un DB contenente tutte le informazioni su ogni singolo tratto ed intersezione. Le strade sono rappresentate come entità lineari (archi), connesse tra loro da elementi puntuali (nodi, intersezioni stradali). L'arco è un oggetto dotato di geometria (*polyline*) e rappresenta la mezzeria della carreggiata o la linea di flusso veicolare in presenza di svincoli o piazze. Il nodo è un oggetto dotato di geometria (*point*) che corrisponde ad un punto di frontiera (inizio o fine, cambio toponimo, barriera autostradale, ecc.) di un arco. I nodi sono importanti in quanto consentono di utilizzare le funzioni di *snap* necessarie a garantire la continuità del grafo. Per quanto riguarda le intersezioni stradali, si tiene conto sia di quelle complanari che di quelle non complanari (sovrappassi e sottopassi), operazione resa possibile grazie ai contenuti topografici presenti nella CTR 5K.

La Fig. 4 rappresenta un esempio della strutturazione e del livello di dettaglio del grafo della viabilità in scala 1:5000; come si può constatare, il grafo della viabilità riguarda tutte le strade insistenti sul territorio regionale, a livello urbano.

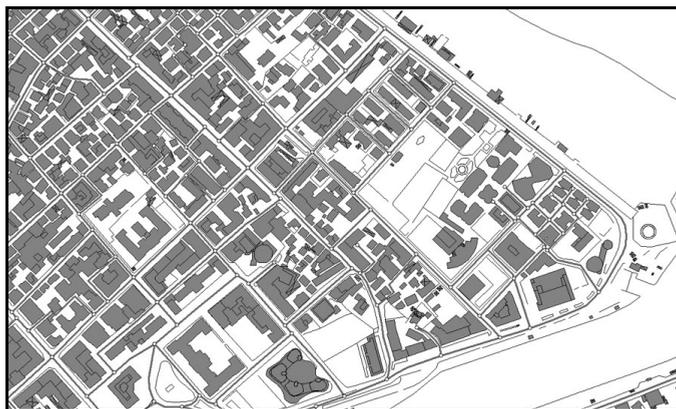


Figura 4 – Dettaglio del Grafo della viabilità in ambito urbano

Per la codifica delle classi e degli attributi si è fatto riferimento alle “Specifiche per la realizzazione dei database topografici di interesse generale”- In 1007_2 – Specifiche di contenuto: Documento di riferimento”.

Conclusioni

Lo scopo del progetto è quello di instaurare una collaborazione tra la Regione e gli altri Enti Locali: da un lato il DB potrà essere utilizzato dagli altri Enti per svolgere funzioni legate alla viabilità, dall'altro la Regione potrà realizzare un costante aggiornamento del DB. In tale ambito la Regione Abruzzo predisporrà il primo impianto del DBT ecografico toponomastico; gli Enti Locali provvederanno al suo aggiornamento tramite i WebGis predisposti dalla Regione all'interno del progetto Sigmater. Risulterà pertanto necessario gestire un flusso continuo di dati in collaborazione con gli Enti, per garantire l'aggiornamento del Grafo della Viabilità. Oltre ai dati geografici, il sistema dovrà consentire la gestione dei dati alfanumerici. Infatti tramite il WebGis:

- gli Enti potranno inviare alla Regione i dati, secondo i formati e gli standard stabiliti;
- i dati verranno caricati nel DB regionale ed associati al grafo;
- i dati potranno essere consultati sul WebGis ed eventualmente scaricati.

I vari enti saranno responsabili dell'aggiornamento delle rispettive porzioni del grafo regionale, dal punto di vista geometrico (archi e nodi), della caratterizzazione funzionale, amministrativa e toponomastica. La gestione del database legato al grafo della viabilità a livello regionale dovrà inoltre tener conto del fatto che i diversi Enti operano in contesti molto diversi, sia in termini di organizzazione interna, sia in termini di architettura dei sistemi informativi.

La Regione svolgerà quindi funzioni di coordinamento e controllo, operando verifiche nell'intero grafo regionale, sulla base delle modifiche introdotte dai diversi Enti.

UTILIZZO DI DATI TELERILEVATI NELLE VALUTAZIONI AGRO-AMBIENTALI: STIMA DEL CONTENUTO DI SOSTANZA ORGANICA NEI SUOLI

Alessandro MARCHETTA (*), Chiara PICCINI (*), Rosa FRANCAVIGLIA (*),
Sergio SANTUCCI (**), Iginò CHIUCHIARELLI (**)

(*) CRA – Centro di Ricerca per lo Studio delle Relazioni tra Pianta e Suolo, via della Navicella 2-4, 00184 Roma,
tel. 06 7005299, fax 06 7005711, e-mail alessandro.marchetti@entecra.it

(**) ARSSA, Agenzia Regionale per i Servizi di Sviluppo Agricolo Regione Abruzzo, Piazza Torlonia 91,
67051 Avezzano (AQ), tel. 0863 502371, e-mail sergio.santucci@tin.it

Riassunto

Nelle indagini agro-ambientali a scala territoriale un problema che spesso si deve affrontare è quello della rappresentazione delle proprietà dei suoli: i dati puntuali misurati devono essere spazializzati, con la migliore interpolazione possibile. I metodi deterministici (IDW, *spline*, ecc.) non rendono conto dell'errore che si commette, perciò da diversi anni vengono applicati con successo metodi probabilistici propri della geostatistica (p.es. *Ordinary Kriging*, OK). La cartografia che deriva da questo tipo di interpolazione stocastica, che si basa unicamente sulla riconosciuta autocorrelazione tra i punti misurati, può non essere sufficiente a rendere conto della realtà che si vuole rappresentare, poiché le carte così ottenute presentano andamenti molto smussati. Per questo negli ultimi tempi è aumentato l'interesse verso i sistemi ibridi di interpolazione, in grado di combinare l'interpolazione basata unicamente sull'osservazione puntuale e quella basata sulla regressione della variabile di interesse su variabili continue spazialmente correlate note su tutta l'area (dati telerilevati).

Una di queste tecniche ibride è nota come *Regression Kriging* (RK), che consiste in una regressione sulle variabili ausiliarie (predittori), e la successiva applicazione dell'algoritmo di *Kriging* sui residui. In un'area di circa 100 km² sita nella provincia di Teramo sono disponibili 250 campioni dell'orizzonte superficiale di suoli agricoli, su cui è stata effettuata la stima del contenuto di sostanza organica sia tramite OK sia tramite RK. In qualità di predittori sono stati utilizzati: a) indici derivati da immagini *Landsat TM* (NDVI, GSI, CI, etc.), b) parametri morfometrici derivati dal DEM (pendenza, profilo e piano di curvatura, TWI, radiazione solare incidente), c) carta pedologica rilevata in scala 1:250.000. Su tutte le variabili ausiliarie, al fine di evitare effetti di multicollinearità, è stata previamente condotta una analisi in componenti principali, impiegando poi per la stima le componenti trasformate.

Le carte del contenuto in sostanza organica ottenute con i due metodi di stima, messe a confronto, hanno permesso di mostrare la validità della tecnica proposta, in quanto questo tipo di rappresentazione risulta più aderente alla realtà territoriale rispetto a quello che si ottiene con l'interpolazione dei soli dati puntuali.

Abstract

The mapping of soil properties from sampling point data is critical in agronomical and environmental surveys. In fact, since deterministic methods (IDW, *spline*, etc) do not estimate the interpolation errors, stochastic geostatistical methods (i.e. *Ordinary Kriging*, OK) have been developed to obtain estimated maps. However, being these maps based essentially on the spatial correlation of the samples, results show an excess of smoothing and poor coherence to the reality.

That is why in recent years hybrid interpolation methods have been increasingly used, combining point observation with remotely sensed data.

One of these, the Regression Kriging (RK) technique, combines a regression of the dependent variable on auxiliary variables (predictors) with kriging of the regression residuals.

In our 100 km² study area situated in Teramo province, 250 samples from the surface horizon of agricultural soils were collected. Soil organic matter content was estimated by means of both OK and RK. Landsat imagery and morphometric parameters derived from DEM were used as predictors, as well as the existing soil map 1:250.000. To avoid multicollinearity effects, a Principal Component Analysis (PCA) was performed, using then the obtained components as predictors.

The observation of the soil organic matter maps obtained by OK and RK showed the validity of the RK technique, as this representation fits better with the local morphology.

Introduzione

La risorsa suolo riveste una primaria importanza per la pianificazione territoriale, per la protezione ambientale e per la comprensione di molti fenomeni naturali; per questo motivo la rappresentazione cartografica delle caratteristiche dei suoli costituisce uno strumento conoscitivo di fondamentale importanza. Il contenuto di sostanza organica del suolo (Soil Organic Matter, SOM), in particolare, rappresenta un indicatore dello stato di salute del suolo stesso.

Una delle principali difficoltà incontrata da chi si occupa di *soil mapping* è data generalmente dalla scarsità di dati a livello territoriale, mentre sono più facilmente reperibili campionamenti frammentari a scala locale. Da qui nasce l'esigenza di interpolare i dati disponibili nonché di stimare la variabile considerata anche in punti non campionati. L'obiettivo da raggiungere è quello di ottenere, a costi contenuti, un'elevata accuratezza dello strumento cartografico: nelle applicazioni pratiche è necessario trovare un compromesso, per minimizzare i costi sacrificando il meno possibile in termini di precisione. Quest'ultima dipende essenzialmente dal tipo di campionamento, dal metodo di misura, e dal metodo di interpolazione utilizzato per costruire la carta (Ping & Dobermann, 2006). Nel presente lavoro, pur riconoscendo l'importanza degli altri due fattori, si pone l'accento sulla scelta del metodo di interpolazione.

I dati provenienti da campionamenti e misurazioni dirette possono essere utilizzati in *input* per diverse tecniche di interpolazione. I metodi deterministici (IDW, *spline*, ecc.) non rendono conto dell'errore commesso, pertanto si preferiscono metodi geostatistici (probabilistici), che costituiscono il modo migliore per rappresentare la natura continua dei suoli. I metodi classici stimano il valore di una variabile in ciascun punto tramite l'applicazione di un preciso modello di autocorrelazione spaziale (Goovaerts, 1997; McBratney et al., 2003), e sono basati unicamente sulla posizione di un punto rispetto agli altri: tra questi l'*Ordinary Kriging* (OK) è stato introdotto specificamente nella scienza del suolo da Burgess e Webster (1980). In alternativa si utilizzano tecniche ibride quali il *Regression Kriging* (RK), che assumono che la media locale vari in maniera continua entro ciascun vicinaggio, e possa pertanto essere stimata utilizzando in associazione dati provenienti da osservazioni dirette e informazioni ausiliarie correlate (Odeh et al., 1994; Goovaerts, 1997; Hengl et al., 2004). Queste informazioni vengono ricavate dal modello digitale del terreno (DEM), che costituisce un'ottima fonte di informazioni topografiche e quindi un'importante banca dati per il calcolo degli attributi geomorfometrici, nonché dalle immagini satellitari, disponibili in tempo pressoché reale e a costi contenuti.

Materiali e metodi

Questo studio riguarda una porzione di territorio dell'ampiezza di circa 100 km² che comprende il territorio di quattro comuni (Controguerra, Corropoli, Colonella e Martinsicuro) nella provincia di Teramo, al confine marchigiano-abruzzese; le zone di maggiore interesse ricadono nel comprensorio vitivinicolo di Controguerra, ovvero l'area DOCG delle Colline Teramane. Il *dataset* utilizzato è costituito da 250 campioni puntuali georeferenziati, raccolti dall'ARSSA dall'orizzonte superficiale di suoli agricoli in aree coltivate accessibili; le analisi fisiche e chimiche di routine

effettuate su questi campioni comprendono la determinazione della tessitura e il contenuto in carbonio organico, da cui è stato derivato il contenuto in SOM mediante la formula seguente (Jackson, 1965):

$$\text{SOM} = C \times 1.724 \quad [1]$$

I dati misurati sono stati sottoposti ad analisi statistica descrittiva per verificare l'applicabilità delle tecniche geostatistiche, quindi si è proceduto alla stima sia con OK sia con RK. La procedura di OK prevede in primo luogo l'analisi del variogramma sperimentale, da cui viene individuato il modello di variabilità spaziale; in base a tale modello viene poi effettuata la stima tramite interpolazione per medie mobili.

I dati ausiliari disponibili per il RK in quest'area provengono da immagini *Landsat 7 TM* (3 bande nel visibile e 4 nell'infrarosso), da un DEM con risoluzione a 40m fornito dalla Regione Abruzzo, e dalla carta dei suoli d'Abruzzo 1:250.000 redatta dall'ARSSA (Chiuchiarelli et al., 2006). Dal DEM sono stati ricavati alcuni parametri geomorfometrici quali pendenza (SLOPE), piano (PLANC) e profilo (PROFC) di curvatura, *Topographic Wetness Index* TWI (Beven & Kirkby, 1979), radiazione solare incidente (SOLAR); dalle immagini *Landsat* sono stati derivati gli indici *Normalized Difference Vegetation Index* NDVI (Colwell, 1974), *Grain Size Index* GSI (Xiao et al, 2006), *Clay Index* CI (Hengl, 2007). Infine, trasformando in *raster* la carta pedologica è stato ottenuto un ulteriore indice (SST86) che raggruppa i sottosistemi di terre presenti nell'area. Tutti questi parametri sono poi stati utilizzati nella stima, effettuando preventivamente una Analisi in Componenti Principali (ACP) e impiegando poi effettivamente quali predittori le componenti individuate, al fine di evitare effetti di multicollinearità e ridondanza. Il *Kriging* viene poi applicato sui residui della regressione. La derivazione degli indici e la ACP sono state effettuate tramite i *software* SAGA 2.0.2 (SAGA User Group Association, 2008) e ILWIS 3.4 Open (52 North Initiative, 2007). Sia per l'OK sia per il RK è stato utilizzato il *software* statistico R 2.7.1 con i principali pacchetti applicativi, tra cui *gstat* e *sp* (R Development Core Team, 2008).

Il *dataset* non è stato utilizzato per intero nella stima, ma è stato suddiviso in due frazioni numericamente uguali, una di *training* e l'altra di *test* (una parte dei punti di misura serve così a validare i risultati della stima). I punti sono stati assegnati all'una o all'altra frazione in maniera del tutto casuale, in modo da eliminare la soggettività e da permettere la riproducibilità. Per questa operazione si è impiegata l'estensione "Geostatistical Analyst" del software ArcGIS 9.2[®].

Dai valori stimati tramite le due diverse tecniche, implementati in ambiente GIS, sono state ricavate le mappe della tessitura dei suoli e della dotazione di SOM in relazione alla tessitura.

Tessitura USDA			
Classi	Sabbioso	Franco	Argilloso
	Sabbioso-franco Franco-sabbioso	Franco-sabbioso-argilloso Franco-limoso Argillo-sabbioso Limoso	Franco-argilloso Argilloso-limoso Franco-argilloso-limoso
Dotazione	Sostanza Organica %		
Molto bassa	< 0.8	< 1.0	< 1.2
Bassa	0.8 - 1.4	1.0 - 1.8	1.2 - 2.2
Media	1.5 - 2.0	1.9 - 2.5	2.3 - 3.0
Elevata	> 2.0	> 2.5	> 3.0

Tabella 1 – Valutazione della sostanza organica nei suoli (Sequi & De Nobili, 2000)

Risultati e discussione

L'applicazione delle metodologie geostatistiche presuppone una distribuzione normale dei dati; l'esclusione di alcuni valori anomali dal set di dati, corrispondenti al 5% del totale, è stata sufficiente a raggiungere una distribuzione con un grado di normalità accettabile (Webster, 2001).

Dato che in suoli diversi lo stesso contenuto di SOM può influenzare diversamente le caratteristiche del suolo stesso, i valori della dotazione ottenuti con i due diversi metodi di stima sono stati suddivisi in quattro classi (molto bassa, bassa, media, alta) basandosi sulla tessitura USDA stimata (vedi tabella 1).

Sui 10 indici ricavati dai dati ausiliari (DEM, SLOPE, PROFC, PLANC, TWI, SOLAR, GSI, CI, NDVI, SST86) è stata condotta la ACP. Per la stima di ciascuna variabile sono state considerate quelle componenti che sono risultate statisticamente significative ($p < 0,05$).

Nella figura 2 sono riportate le carte relative alla valutazione della tessitura secondo USDA e alla valutazione della SOM in relazione alla tessitura, a sinistra quelle ricavate con OK e a destra quelle ricavate con RK.

L'osservazione delle carte ricavate con le due diverse metodologie di stima evidenzia un andamento spaziale simile in entrambi i casi, ma l'OK tende a smussare i dettagli della variabilità spaziale, e quindi a sottostimare la variabilità a corto raggio; generalmente il RK permette di avere un errore di stima più basso. Inoltre, l'andamento risulta certamente più aderente alla realtà morfologica locale.

Nella tabella 3 sono riportati i valori dell'errore quadratico medio della stima (ME), della radice di tale errore (RMSE) e della radice normalizzata (RMNSE), sia per l'OK che per il RK. Tali valori sono stati ottenuti confrontando i valori stimati dal data set di training, con quelli osservati nei punti corrispondenti del data set di test che non hanno partecipato alla stima.

	Campioni ($n = 118$)		Ordinary kriging			Regression kriging		
	Media	d.s.	ME	RMSE	RMNSE	ME	RMSE	RMNSE
Sabbia	21,32	11.40	-1.84	8.99	1.03	-1.63	8.96	1.00
Argilla	31,39	7.23	0.66	5.49	1.01	0.39	5.44	1.01
SOM.	1,63	0.64	-0.04	0.68	1.12	-0.01	0.67	1.01

Tabella 3 – Errori della stima in OK ed RK

L'attendibilità dei risultati è certamente condizionata dalla qualità dei predittori, e di quelli morfologici in modo particolare, i quali dipendono dalla modalità di calcolo con cui si è ottenuto il modello digitale del terreno. Nel nostro caso i risultati ottenuti a partire da un DEM a 40m sono sufficientemente validi su scala territoriale; per un maggior dettaglio sarebbe opportuno avere a disposizione modelli a più alta risoluzione, di cui però sia ben noto ed affidabile l'algoritmo di costruzione.

Conclusioni

L'analisi dei dati disponibili nella provincia di Teramo e la stima in punti non campionati per mezzo di metodologie geostatistiche di tipo inferenziale ha permesso di costruire mappe della tessitura dei suoli e della sostanza organica con un ragionevole grado di accuratezza. Infatti, partendo da campioni anche poco numerosi, è possibile produrre una cartografia tematica stimata a costi contenuti, che possa comunque costituire una valida rappresentazione a scala territoriale utile ai fini delle valutazioni agroambientali. Questo tipo di mappe non è necessariamente più accurato di quello tradizionale, ma in più fornisce una stima quantitativa dell'errore associato.

LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI CUMULATIVI NELLE AREE PROTETTE DELLA “RETE NATURA 2000”

Pasquale MARINO, Rosario SCHICCHI, Giuseppe CASTELLANO,
Francesco M. RAIMONDO

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze Botaniche, Via Archirafi 38 - (I) 90123 Palermo
E-mail: pmarino@unipa.it, schicchi@unipa.it, castellano@unipa.it, raimondo@unipa.it

Riassunto

Viene proposta una metodologia per la quantificazione degli impatti cumulativi, nell'ambito della gestione dei Siti Natura 2000. Il metodo consente di quantificare gli impatti generati da un singolo Piano Progetto/Intervento all'interno di SIC e/o ZPS unitamente ad altri PP/I già realizzati o da realizzare. La metodologia implementa le soluzioni per la salvaguardia dei Siti e consente di adottare criteri uniformi a scala di Piano di Gestione.

Abstract

Is proposed a methodology for calculate the cumulative impacts in Natura 2000 Network. The method allow to quantify the impact generated by single Plan Project/Intervention with other PP/I. The methodology implements solutions for safeguard the Sites and allows to adopt uniform criteria in management plan.

Introduzione

La Relazione sulla Valutazione di Incidenza è un elaborato propedeutico alla realizzazione di un Piano Progetto/Intervento (PP/I) in grado di giustificarne, con elevato grado di certezza, la fattibilità. La redazione dell'elaborato, strutturato in Livelli e Fasi, solitamente non genera difficoltà nel Livello I (Screening). Nel Livello II (Valutazione appropriata) si deve invece considerare l'incidenza del progetto o piano sull'integrità del Sito Natura 2000, *singolarmente o congiuntamente ad altri piani o progetti*, tenendo conto della struttura e funzione del sito, nonché dei suoi obiettivi di conservazione. In caso di incidenza negativa, si aggiunge anche la determinazione delle possibilità di mitigazione. Dal Livello III (Valutazione delle soluzioni alternative) si valutano le modalità alternative per l'attuazione del progetto o piano in grado di prevenire gli effetti passibili di pregiudicare l'integrità del Sito Natura 2000. Nel Livello IV, si valutano le misure compensative laddove, in seguito alla conclusione positiva della valutazione sui motivi imperanti di rilevante interesse pubblico, sia ritenuto necessario portare avanti comunque il piano o progetto (Commissione Europea, 2002). Tra i Livelli sopra considerati, quello con più ampio margine di errore è il Livello II. A causa dell'elevata discrezionalità metodologica, carenza di elementi analitici ed obiettivi di valutazione (misurazioni dirette, diagrammi reti e sistemi, modelli quantitativi di previsione, sistemi di informazione geografica GIS, opinione di esperti, ecc.), si giunge spesso ad un giudizio di fattibilità positivo.

Il presente contributo propone una metodologia che tende a contrastare la diffusa discrezionalità operativa nella redazione della valutazione d'incidenza, utile anche per predisporre idonei elaborati di pianificazione territoriale (Carta degli Impatti, Carta sul monitoraggio degli impatti, ecc.) nell'ambito dei Piani di Gestione dei Siti Natura 2000 di cui alla Direttiva habitat 92/43/CEE ed alla Direttiva Uccelli 79/409/CEE.

Materiali e metodi

Per gli scopi del presente contributo, si applicano i seguenti parametri tecnico-scientifici così come definiti da Marino et al. (2008):

- Unità di Impatto Equivalente (UIE). Rappresenta l'unità di misura degli impatti, corrispondente agli effetti generati dalle attività ordinarie esercitate nell'ambito di un fabbricato ad uso abitativo

per un periodo di tempo illimitato e/o comunque superiore a 100 anni. In Tabella 1 si riportano alcuni coefficienti d'impatto per le tipologie di destinazione d'uso di PP/I più frequenti. Ulteriori tipologie devono tenere conto del loro specifico impatto, del contesto territoriale e delle peculiarità ambientali.

- Maglia Elementare di Riferimento (MER). Si riferisce allo spazio topografico di 1 km² della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000. Qualsiasi sia la disposizione degli elementi (PP/I) all'interno della Maglia Elementare di Riferimento, l'impatto cumulativo è ininfluenza.
- Capacità di Assorbimento degli Impatti (CAIM). Rappresenta la quantità massima di UIE ammissibile sulla superficie di 1 km², in cui insistono uno o più classi di uso del suolo e/o habitat. Nel caso studio, la CAIM massima è 100 UIE.
- Sopportabilità Residua (SR). Rappresenta la differenza tra la Capacità di Assorbimento degli Impatti (CAIM) e la sommatoria di quelli generati dai PP/I. Questo parametro consente di determinare la quantità di impatti ancora ammissibili nell'ambito della singola MER senza arrecare alterazioni significative a specie ed habitat.

La quantità degli impatti ammissibili dipende dalle caratteristiche intrinseche della maglia elementare, ovvero dalle percentuali d'incidenza delle varie tipologie di uso del suolo e/o habitat considerati.

Tipologia di destinazione d'uso	Coefficiente (UIE)
Fabbricati ad uso abitativo	1,00
Fabbricati ad uso agricolo-zootecnico	1,50
Insedimenti industriali	2,50
Strade sterrate	0,01
Strade asfaltate ed aree a parcheggio	0,05
Attività estrattive e cave (max 15 anni)	10,00

Tab. 1 – Prospetto esemplificativo dei coefficienti d'impatto in UIE per tipologia di destinazione d'uso dei PP/I.



Fig. 1 – La Rete Natura 2000 in Sicilia (Fonte Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, edizione 2007).

Caso di studio

La metodologia in esame è stata testata per alcuni PP/I ricadenti nei SIC ITA040007 “Pizzo della Rondine, Bosco di Santo Stefano Quisquina” e ITA020031 “M. D’Indisi, Montagna dei Cavalli, Pizzo Potorno e Pian del Leone”. L’area di studio è compresa tra le province regionali di Agrigento e Palermo (Sicilia centro-occidentale) (Fig. 1). Si tratta di un’area ad elevato valore paesaggistico, ambientale e naturalistico comprendente riserve naturali di recente istituzione, SIC e ZPS. Il paesaggio, abbastanza ricco di elementi naturali (boschi, formazioni arbustive, praterie, ecc.), comprende elementi antropici del paesaggio rurale (masserie, casali, strade, ecc.) che diventano sempre più frequenti in prossimità delle aree perturbate. In queste aree, specialmente negli ultimi anni, sono state realizzate infrastrutture e insediamenti produttivi, anche in deroga agli ordinari strumenti urbanistici.

A titolo dimostrativo, si riporta il procedimento per il calcolo della CAIM e delle UIE presenti nella MER N°1 del territorio considerato (Fig. 2, 3, 4). Per le elaborazioni numeriche, è stato fatto riferimento alla Carta del paesaggio e della biodiversità vegetale dei Monti Sicani sud-orientali (Marino et al., 2005) contenente la copertura digitale del tematismo considerato. La superficie della MER di riferimento è in questo caso pari a 67,32 ha corrispondente alla superficie realmente occupata dal SIC. Dal calcolo (Tab. 2a, 2b, 2c), si evince che la CAIM è pari a 44,54 UIE; la somma degli impatti generati dai PP/I esistenti è di 23,65 UIE; gli impatti generati dai PP/I da realizzare è pari a 5,60 UIE. Dalla differenza tra la CAIM e la somma degli impatti derivanti dai PP/I esistenti e da realizzare si ottiene la SR (sopportabilità residua) che, nel caso considerato, è pari a 15,29 UIE. Pertanto, si giunge alla conclusione che i PP/I da realizzare presentano una fattibilità positiva.

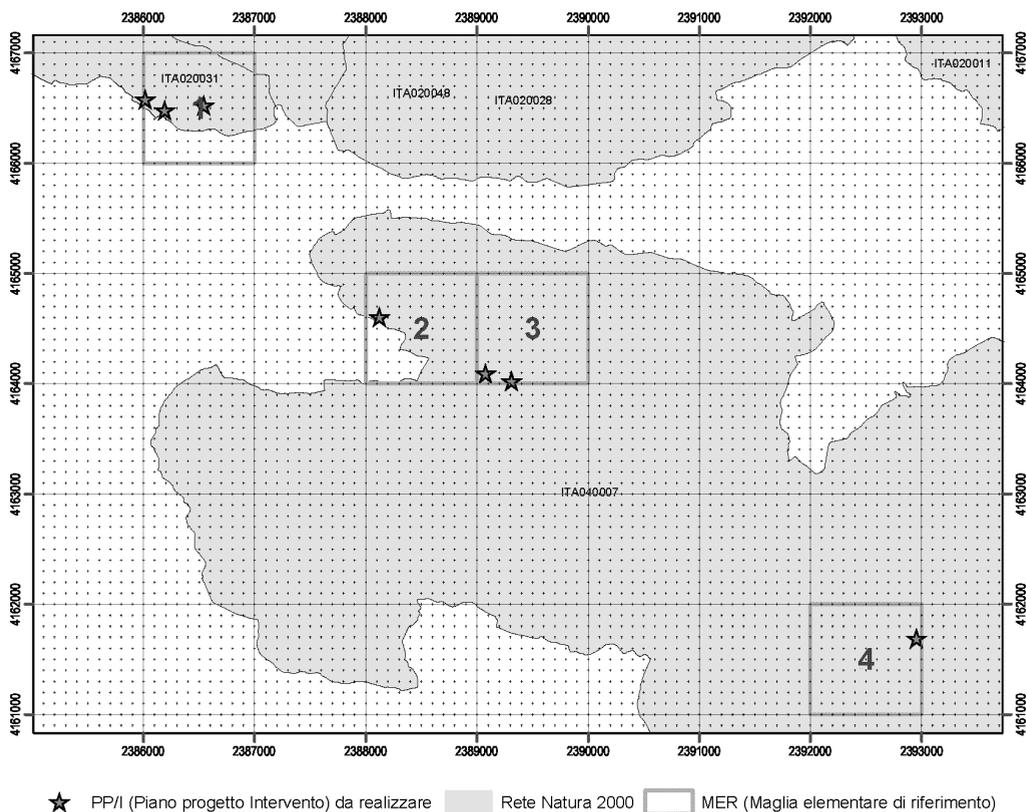
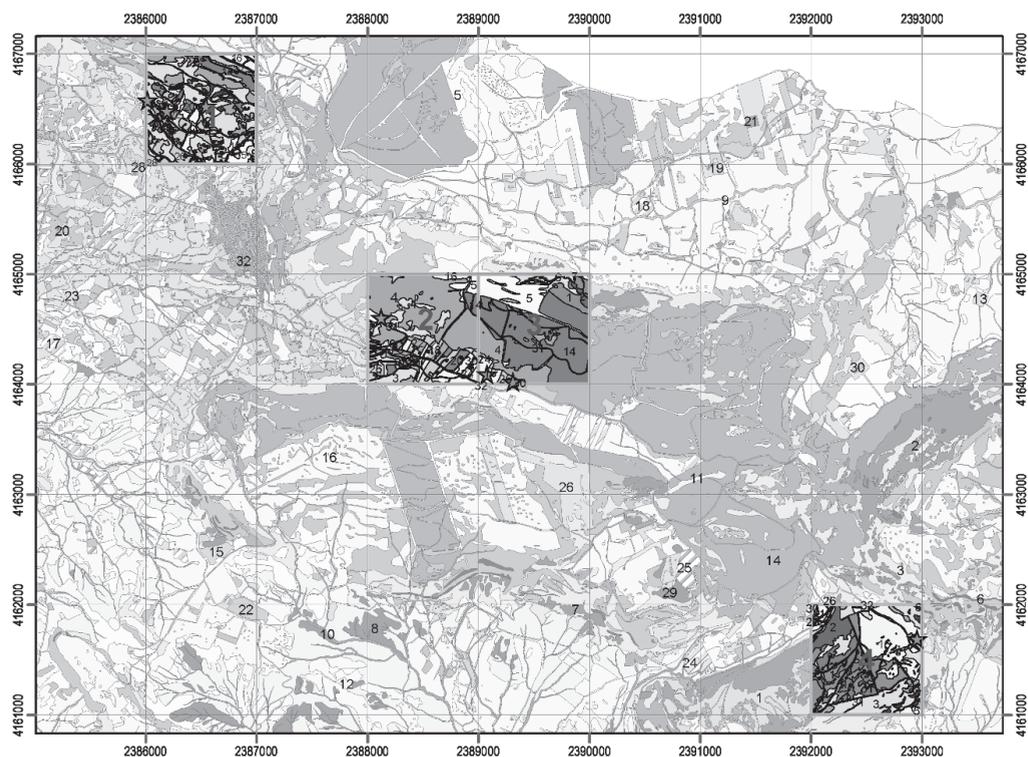


Fig. 2 – In evidenza la MER (1 km²) del reticolo CTR e le MER numerate ove ricadono i PP/I considerati.



★ PP/I (Piano progetto Intervento) da realizzare □ MER (Maglia elementare di riferimento) e suo numero

Fig. 3 – In evidenza alcune MER che intercettano i vari poligoni con le relative classi di uso del suolo (da Marino & al., 2005). In alto a sinistra la MER N°1 del caso di studio riportato nel testo.

Cod.	Uso del suolo	UIE max	Sup. (ha)	CAIM
1	Bosco a prevalenza di querce caducifoglie	100	0,00	0,00
2	Bosco a prevalenza di leccio	100	0,00	0,00
3	Macchie, boscaglie e arbusteti	90	29,01	26,11
4	Prateria steppica	80	12,91	10,33
5	Prati e pascoli	70	2,52	1,77
6	Rupi	100	0,44	0,44
7	Ghiaioni e brecciai	100	2,13	2,13
10	Vegetazione alveo ripariale	100	0,06	0,06
14	Popolamenti a conifere	70	5,28	3,70
16	Colture cerealicole	0	3,80	0,00
20	Oliveto	0	2,15	0,00
22	Mandarleto	0	0,39	0,00
26	Colture arboree miste	0	4,97	0,00
30	Fabbricati di civile abitazione	0	0,18	0,00
31	Strade sterrate	0	2,99	0,00
32	Strade asfaltate	0	0,49	0,00
Totali			67,32	44,54

Tab. 2a – Calcolo della Capacità di Assorbimento degli Impatti della MER N° 1

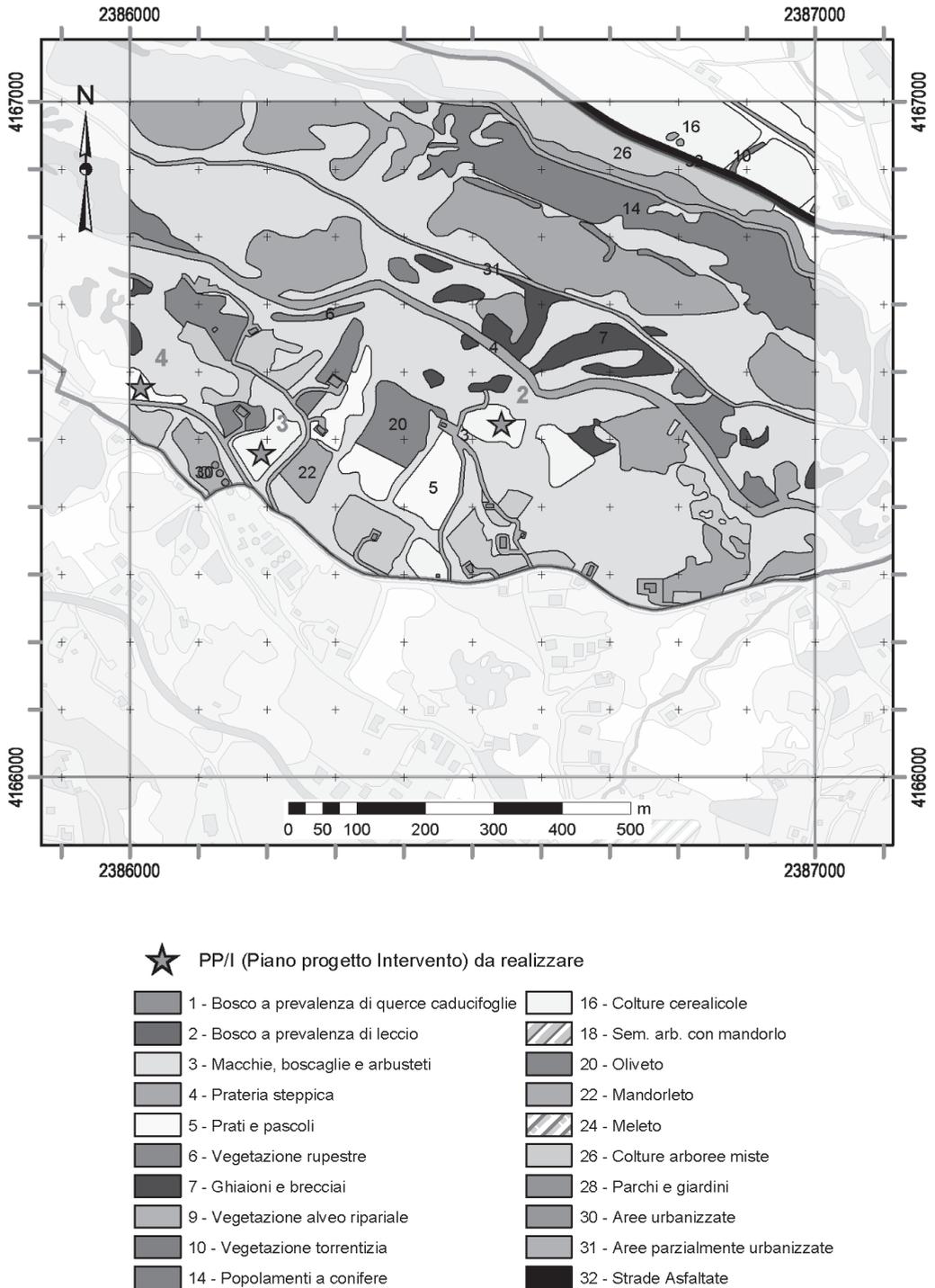


Fig. 4 – MER N° 1 relativa al caso di studio. In evidenza la superficie realmente occupata dal SIC.

Tipologia	Coeff.	Sup. (ha)	UIE
Fabbricati ad uso abitativo	1,00	0,18	18,24
Strade sterrate	0,01	2,99	2,99
Strade asfaltate	0,05	0,49	2,43
			23,65

Tab. 2b – Calcolo degli Impatti generati dai PP/I esistenti nella MER N° 1.

In questo caso la MER è capace di tollerare 44,546 UIE (solo la superficie intercettata dal SIC). Il calcolo delle Unità di Impatto derivanti dai PP/I da realizzare MER N°1 viene riportato in Tab. 2c.

La sopportabilità residua (SR) è pari a:

$SR = CAIM - \text{Impatti esistenti} - \text{Impatti dei PP/I da realizzare} = 44,54 - 23,65 - 5,60 = 15,29 \text{ UIE.}$

In definitiva, la MER di riferimento, oltre ai PP/I presenti e da realizzare, è in grado ancora di tollerare 15,29 UIE.

PP/I	Destinazione d'uso	Coeff.	Sup. (m ²)	UIE
Progetto N°2	Fabbricati ad uso abitativo	1,00	180,00	1,80
Progetto N°3	Fabbricati ad uso abitativo	1,00	180,00	1,80
Progetto N°4	Fabbricati ad uso abitativo	1,00	200,00	2,00
				5,60

Tab. 2c – Calcolo degli Impatti generati dai PP/I da realizzare nella MER N° 1.

Discussione e conclusioni

La metodologia proposta offre due importanti vantaggi nella pianificazione relativa alle aree protette e, in particolare, ai redigenti Piani di Gestione. Il primo, di carattere strategico, favorisce le azioni di salvaguardia dei Siti della Rete Natura 2000. Infatti, essendo la CAIM direttamente proporzionale al grado evolutivo di una MER vengono scoraggiate le azioni di degrado del paesaggio e le alterazioni degli habitat (incendi, pascolo, tecniche selvicolturali irrazionali, manomissioni varie, ecc.) mentre vengono incentivate le azioni di tutela e miglioramento degli habitat. Il secondo, di carattere tecnico-applicativo, consente di adottare criteri uniformi, a scala di Piano di Gestione, consentendo valutazioni più obiettive.

Bibliografia

Commissione Europea (2002), “Valutazione di piani e progetti aventi un’incidenza significativa sui siti della Rete Natura 2000 – Guida metodologica alle disposizioni dell’art. 6, paragrafi 3 e 4, della direttiva Habitat n. 43/92/CEE”

Marino P., Castellano G., Bazan G., Schicchi R. (2005), “Carta del paesaggio e della biodiversità vegetale dei Monti Sicani sud-orientali (Sicilia centro-occidentale)”, *Quad. Bot. Ambientale Appl.*, 16: 3-60

Marino P., Castellano G., Bazan G., Schicchi R. (2008), “Proposta metodologica per la valutazione degli impatti cumulativi in aree protette della Rete Natura 2000 della Sicilia”, *Atti 44° Congresso SISV*, Ravenna, 85-86.

IL PROGETTO VERDE URBANO

Ines MARINOSCI, Valter SAMBUCINI, Nico BONORA, Federico AZZOLINI,
Fabio BAIOTTO, Roberto VISENTIN

(*) APAT - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici -
via Vitaliano Brancati 48, 00144, Roma

Riassunto

Grazie all'iniziativa di ricerca comunitaria *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES), l'utilizzo di tecniche di telerilevamento satellitare per finalità ambientali ha ricevuto negli ultimi anni un notevole impulso. Uno dei campi di intervento è il censimento delle aree verdi urbane attraverso l'interpretazione di immagini satellitari ad alta risoluzione.

In tale contesto l'APAT ha di recente avviato il progetto "Verde Urbano", che prevede il censimento delle aree verdi dei 24 capoluoghi di provincia italiani con un numero di abitanti superiore a 150.000, tramite l'utilizzo delle reti neurali artificiali.

Le reti neurali rappresentano a tutt'oggi uno dei modelli matematici più complessi per l'elaborazione delle informazioni e come tali costituiscono in campo applicativo uno strumento particolarmente interessante, in quanto essendo modelli a memoria associativa apprendono direttamente da esempi e non richiedono particolari conoscenze a priori sulla realtà che si vuole esaminare (Buttarazzi *et al.*, 2004; Licciardi, 2004).

In questo lavoro vengono presentati i primi risultati della classificazione del verde urbano relativi alla città di Roma.

Abstract

Due to the European initiative of communitarian research Global Monitoring for Environment and Security (GMES), the use of remote sensing techniques for environmental purposes has received remarkable impulse. An important activity is represented by urban green mapping by using high resolution satellite images.

In this context APAT started the project "Urban Green", with the aim to classify the urban green areas by neural networks in the 24 Italian cities having more than 150,000 inhabitants.

Neural networks represent one of the more complicated mathematical models to elaborate informations and they are an interesting instrument as models with associative memory.

This paper describes the first result of the urban green classification in Rome.

Introduzione

Come è noto le città rappresentano i luoghi dove insiste la massima la pressione antropica e dove, di conseguenza, si concentrano in maggiore misura gli squilibri ambientali che provocano notevoli danni alla salute fisica e psichica dei cittadini.

In tale ottica la presenza di aree verdi nelle città è di fondamentale importanza per il miglioramento della qualità della vita sotto molteplici aspetti. Uno dei più importanti ed attuali è l'aspetto climatico: basta pensare al beneficio apportato dalla componente arborea che, oltre a contribuire alla riduzione dell'erosione del suolo e della concentrazione di ossidi di carbonio, assume un ruolo

determinante sul miglioramento del microclima. Altrettanto importanti sono il contributo che le aree verdi danno alla biodiversità e la loro funzione puramente estetica e ricreativa. Il censimento delle aree verdi delle città si rivela quindi essere uno strumento indispensabile per la loro corretta gestione.

A livello europeo, per poter effettuare analisi comparative tra le varie realtà urbane, si è reso necessario definire nomenclature e metodologie di classificazione di riferimento. L'Agenzia Europea dell'Ambiente utilizza per le aree urbane il sistema di nomenclatura CORINE LAND COVER per le classi naturali, integrata da quella MOLAND per le classi artificiali. In questo tipo di classificazione è già presente la classe *Green Urban Areas* (classe *Corine* 1.4.1.), che include giardini pubblici, parchi ed aree naturali gestite come aree ricreative e le classi del verde residenziale e delle aree agricole permanenti (APAT, 2005).

Al momento attuale si possono considerare due direzioni verso cui vertono analisi e classificazioni in ambito urbano: la prima riguarda l'uso di immagini satellitari a risoluzione medio-alta (*Spot 4-5*), che produce classificazioni con un'unità minima cartografabile che varia da qualche metro ad un quarto di ettaro; la seconda, che utilizza immagini ad alta risoluzione, (*Ikonos* o *QuickBird*), permette classificazioni con unità minima cartografabile uguale o inferiore al metro.

Il progetto "Verde Urbano" ricade in quest'ultima categoria e si propone di censire, a scala 1:5.000 e con unità cartografica minima di 0,36 m², le aree verdi urbane utilizzando immagini del satellite *QuickBird*, interpretate e classificate con una metodologia che prevede l'utilizzo di reti neurali artificiali.

L'obiettivo principale del presente lavoro è di produrre uno strato cartografico dove sarà possibile distinguere (a) la copertura a prato e cespugli, (b) la copertura arborea a conifera, e (c) la copertura arborea a latifoglia, con affidabilità dell'interpretazione tematica maggiore o uguale all'85%. Il secondo, ma non meno importante, è quello di produrre basi cartografiche nel risparmio dei costi e dei tempi rispetto alle metodologie convenzionali (Bonora et al., 2008).

Aspetti metodologici

Nell'ottica della sperimentazione di nuove metodologie volte alla realizzazione di cartografie di copertura del suolo a partire da dati telerilevati, il gruppo di lavoro del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINAnet - APAT) ha applicato una metodologia semi-automatica basata su reti neurali artificiali applicate ad immagini da satellite ad alta risoluzione per la rilevazione delle aree verdi nelle città a costi e tempi notevolmente contenuti rispetto alle metodologie di classificazione tradizionali.

Le reti neurali artificiali presentano il pregio di poter apprendere in modo automatico grazie ad un insieme di informazioni preventivamente fornito. Esse simulano l'attività cerebrale durante l'apprendimento e sono costituite essenzialmente da un'interconnessione di semplici elementi computazionali basati su funzioni matematiche (Lawrence, 1994). L'innovazione rappresentata dall'uso delle reti neurali consiste nel fatto che dopo aver addestrato una rete a processare e classificare un'immagine, la stessa viene applicata alle altre scene aventi caratteristiche simili (spettrali, temporali, angolo di ripresa e soprattutto stagionali), riducendo in tal modo i tempi di elaborazione.

Le immagini utilizzate sono quelle del satellite *QuickBird* corrette geometricamente ed ortorettificate (sistema di coordinate UTM33N, *datum* WGS84) (Tabella 1). Esse sono state preprocessate tramite un'operazione di *data fusion* che ha ricampionato i pixel di tutte le bande a 0,60 m.

Sulle immagini sono state identificate e tracciate, sotto forma di poligono, aree di training e di validazione, tante quante sono le classi di output attese. Tali regioni, disegnate sulla base di dati di verità a terra e sulla base dell'analisi della firma spettrale, rappresentano insiemi di pixel con risposte spettrali simili. Dall'elaborazione di queste si sono ottenuti due file: i rispettivi file di training e il file di validazione, entrambi necessari all'addestramento della rete.

Ampiezza di scansione	16,5 Km al nadir
Formato	11 bits
Risoluzione	61 cm (nadir) nel Pancromatico 2,44 m (nadir) nel Multispettrale
Bande	Pancromatico: 725 nm Blu: 479,5 nm Verde: 546,5nm Rosso: 654 nm Vicino IR: 814,5 nm

Tabella 1 – Caratteristiche tecniche del satellite QuickBird

Per la costruzione e l'addestramento del sistema è stato adoperato il software SNNS *Stuttgart Neural Network Simulator* (University of Stuttgart, University of Tübingen, 1998). Dopo diversi test è emerso che la rete che fornisce il miglior risultato nel processo di classificazione è composta da 4 nodi sullo strato di input, 6 nodi su ognuno dei due strati nascosti e 8 nodi sullo strato di output. Il numero dei nodi in input rappresentano il numero delle bande spettrali dell'immagine da analizzare, il numero dei nodi nascosti è quello che ha contribuito a far ottenere un buon risultato ed è frutto quindi dell'esperienza dell'operatore, il numero dei nodi in output indica invece il numero di classi da riconoscere. Nel nostro caso, sullo strato di output, oltre alle 6 classi della legenda (Tabella 2) si è ritenuto opportuno aggiungere la classe 'nuvole' e la classe 'ombra' per una maggiore possibilità discriminativa. Nella fase di addestramento è stato applicato l'algoritmo di *back-propagation*, attraverso cui vengono elaborati gli esempi rappresentativi del problema da affrontare (dati di input) con le corrispondenti soluzioni (dati di output). Dopo ogni ciclo di addestramento il sistema confronta l'output ottenuto con quello reale, modifica i pesi e ripete il ciclo finché non vengono individuate soluzioni simili a quelle reali.

A seconda del risultato ottenuto e per affinare la classificazione, si è reso necessario a volte applicare sull'immagine classificata dalla rete ed opportunamente mascherata, un classificatore di tipo tradizionale, come l'algoritmo *Maximum likelihood*, che è stato utile a risolvere alcune tipologie di classi miste. Il prodotto finale è un'immagine raster restituita poi in vettoriale.

CLASSI VERDE URBANO			CODICI CORINE LAND COVER	
1	Superfici artificiali		1. Superfici artificiali	
2	Superfici agricole		2. Superfici agricole utilizzate	
3	Corpi idrici		4. Zone umide 5. Corpi idrici	
4	Verde urbano	4.01 Prati e cespugli	3.2.1. Aree a pascolo naturale e praterie 3.2.2. Brughiere e cespuglieti	
		4.02 Alberi	4.02.01 Latifoglie	3.1.1. Boschi di latifoglie
			4.02.02 Conifere	3.1.2. Boschi di conifere
5	Suolo nudo		3.3. Zone aperte con vegetazione rada o assente	

Tabella 2 – Legenda di classificazione del verde urbano

Risultati

Si presentano di seguito sia i risultati relativi alla campagna di verifiche a terra, sia i risultati elaborati per la zona del VII municipio del comune di Roma. Per quanto riguarda la campagna di verifiche a terra sono state scelte due scene *QuickBird* aventi data di acquisizione 27/07/2005 e 09/08/2005. Su di esse sono state selezionate in modo casuale 22 aree circolari di circa 314 m² di superficie (raggio di 10 m) di cui 4 sono risultate totalmente inaccessibili e di conseguenza non

sono state prese in esame. Nella tabella 3 è riportata la matrice di confusione con la distribuzione di classificazione a livello del singolo pixel desunta dalle verifiche effettuate sulle 18 aree.

	Reale	Sup. Artificiali	Corpi Idrici	Prati e cespugli	Latifoglie	Conifere	Suolo nudo
Classificata (px)		1	2	3	4	5	6
1	Sup. Artificiali	2185					
2	Corpi Idrici						
3	Prati e cespugli			2807	55	177	
4	Latifoglie			37	107	141	
5	Conifere			65		5709	
6	Suolo nudo	166		115			4195
	Totale	2351		3024	162	6027	4195

Tabella 3 – Errori di classificazione sul singolo pixel relativi ai rilievi in campo

Nella tabella 4 invece si possono osservare in dettaglio le aree controllate con i relativi errori di classificazione espressi in valore percentuale del pixel. In alcuni casi l'errore di classificazione ricade tra suolo nudo e tetti di origine argillosa, ma l'errore principale ricade tra latifoglie e prati erbosi, soprattutto quando questi ultimi presentano un manto denso ed uniforme. Ulteriori elaborazioni dovranno essere prese in considerazione, in quanto questo tipo di errore, che si aggira attorno al 33 non soddisfa, per queste due classi, i requisiti di accuratezza tematica. Elaborando i dati sulle 18 aree l'errore medio di classificazione del singolo pixel è risultato essere invece del 4,7%.

Id_Area	% errore pixel	Classificazione	Verità a terra
1		Area non accessibile	
2		Area non accessibile	
3	0		
4	0,3	Conifere	Prato
5		Area non accessibile	
6	0		
7	0		
8	6,1	Prato	Latifoglie
9	0		
10		Area non accessibile	
11	0		
12	12,9	Suolo nudo	Prato
13	4,8	Suolo nudo	Artificiale
13	15,9	Latifoglie	Conifere
14	19,6	Prato	Conifere
15	0		
16	0		
17	0		
18	0		
19	0		
20	0		
21	0		
22	14,1	Suolo nudo	Artificiale
22	4,3	Latifoglie	Prato
22	7,1	Conifere	Prato

Tabella 4 – Errori di classificazione sulle aree controllate

Nelle figure 1 e 2 sono riportati infine i risultati della classificazione estratti per il VII municipio del comune di Roma.

Dal grafico della figura 1 si evince che l'area di verde urbano rappresenta il 18% della superficie dell'intera circoscrizione ed è così ripartita: 9% di prati e cespugli, 2% di latifoglie e 7% di conifere.

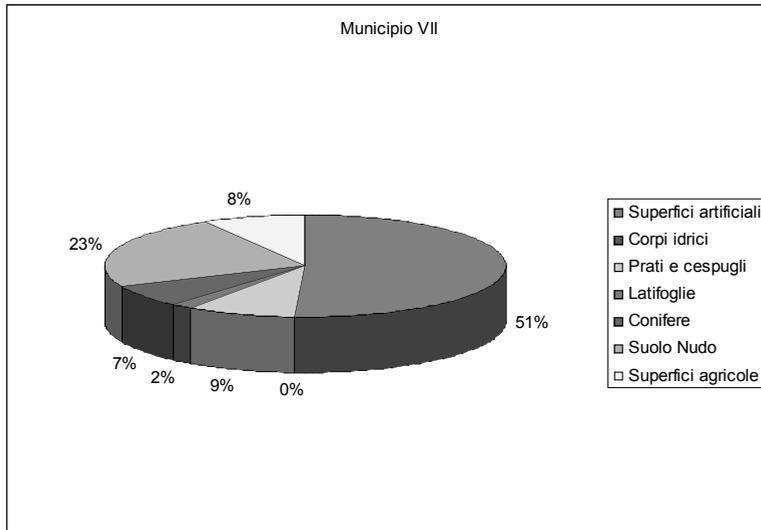


Figura 1 – Dati relativi al VII Municipio del comune di Roma

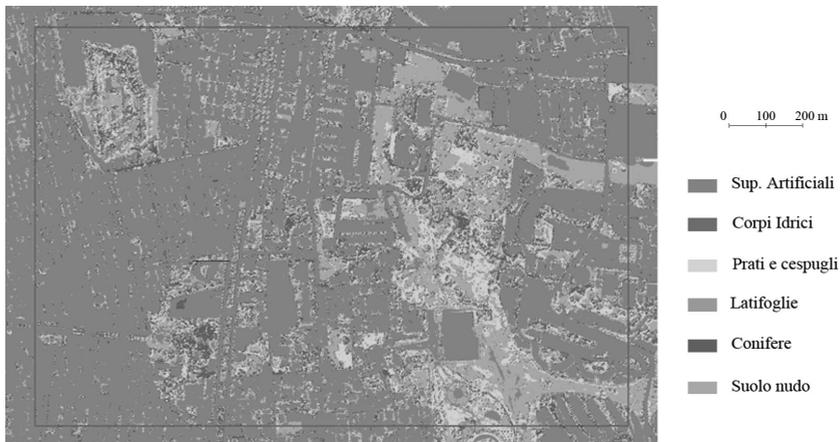


Figura 2 – Dettaglio della classificazione del verde urbano relativa al VII municipio.

Conclusioni

Dalle elaborazioni effettuate è possibile affermare che l'applicazione delle reti neurali artificiali effettuata su immagini satellitari ad alta risoluzione per la classificazione del verde urbano ha fornito risultati, anche se non definitivi, apprezzabili.

Nonostante il 33% di errore verificatosi tra latifoglie e prati, si è raggiunta un'accuratezza tematica (*overall*) maggiore del 90%.

A seguito di tali risultati, si applicherà la stessa metodologia agli altri capoluoghi di provincia italiani facenti parte del progetto, al fine di ottenere una mappatura delle aree verdi urbane, in formato sia vettoriale che raster, per poter ottenere una stima, sia quantitativa che tematica, della tipologia vegetazionale afferente ad una determinata area urbana..

Ringraziamenti

Si ringrazia la Regione Lazio per la fornitura della copertura Quickbird del comune di Roma e la dott.ssa Marzia Mirabile per la consulenza tecnica in botanica.

Riferimenti Bibliografici

APAT – “La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000”. Rapporti 61/2005.

Bonora N., Sambucini V., Marinosci I., Azzolini F., Baiocco F., Visentin R., Marinelli M. (2008), “Rilevazione delle aree verdi nelle città italiane”, *Rivista italiana di Telerilevamento*, in stampa.

Buttarazzi B., Del Frate F., Solimini C. (2005), “A user-friendly automatic tool for image classification based on neural networks,” *Proceedings of URS/URBAN 2005 Conference*, Tempe, Arizona, USA.

DigitalGlobe Inc. (2007), *QuickBird Imagery Products – Product Guide*, Revision 4.7.3, Colorado, 78.

Licciardi G.A. (2004), *Generazione di mappe di sealing tramite l'impiego di reti neurali*, Università degli studi di Roma Tor Vergata, Tesi di laurea.

Lawrence J. (1994), *Introduction to Neural Networks: Design, Theory and Applications*, Edizioni Sylvia Luedeking, California Scientific Software Press.

University of Stuttgart, University of Tubingen (1998), *Stuttgart Neural Network Simulator - User Manua, Version 4.2*, Department of Computer Architecture, 350.

ABRUZZO ENGINEERING, UN ANELLO IN FIBRA OTTICA PER IL MONITORAGGIO CONTINUO DEL TERRITORIO REGIONALE

Ing. Raffaele MAROLA

(*) Presidente e AD Abruzzo Engineering
via S. Andrea n. 3 - 67100 L'Aquila, tel. 0862.4721

Riassunto:

Abruzzo Engineering è una società consortile per azioni di cui è titolare al 60% la Regione Abruzzo, al 30% la Selex Service Management (controllata di Finmeccanica), e al 10% la Provincia dell'Aquila. Specializzata nel rilievo e nella raccolta di dati territoriali georeferenziati, vanta un team di tecnici di esperienza dislocati in quattro sedi sul territorio regionale abruzzese. Grazie alla realizzazione di un anello in fibra ottica, basato sull'integrazione di tecnologie di comunicazione *wired* e *wireless* altamente innovative e alla conseguente eliminazione del *digital divide*, ogni angolo d'Abruzzo sarà virtualmente sotto il controllo e il monitoraggio continuo e attento delle Istituzioni.

Abstract:

Abruzzo Engineering is a limited liability company consortium of which holds 60% the Regione Abruzzo, 30% Selex Service Management (subsidiary of Finmeccanica), and 10% the Provincia of L'Aquila.

Abruzzo Engineering is specialized in relief and the collection of geo-spatial data and has a team of experienced technicians stationed in four locations in Abruzzo. Thanks to the implementation of a fiber optic ring based on communication technology as *wired* and *wireless*, and the consequent elimination of the digital divide, every corner of Abruzzo will be virtually under a continuous and careful checking and monitoring of the institutions.

L'esperienza e la professionalità di cui godono i nostri tecnici nello studio del territorio e nel rilievo dei dati, unite alle potenzialità offerte dallo strumento "fibra ottica", consentono ad Abruzzo Engineering di racchiudere in sé un processo completo di conoscenza. Oggi possiamo dire con certezza di essere unici: l'azienda nata dal sodalizio tra la Regione Abruzzo (che ne detiene il 60%), Selex Service Management (gruppo Finmeccanica) e Provincia dell'Aquila, è stata costituita sotto forma di società consortile per azioni per garantire l'apertura della compagine sociale alle altre Province e agli Enti Locali abruzzesi. Attraverso la realizzazione dell'anello regionale in fibra ottica, che consentirà di ridurre drasticamente il divario tecnologico tra le realtà maggiormente antropizzate e quelle più svantaggiate, raggiungeremo in tempo reale i 305 Comuni abruzzesi traendo così informazioni tempestive per un dettaglio completo e approfondito dell'intero territorio regionale.

"In natura non esistono premi o punizioni, solo conseguenze" soleva ripetere lo statista americano Robert Green Ingersoll alla fine del XIX secolo. Al contrario di qualche anno fa, esiste oggi la possibilità della prevenzione e della soluzione. L'anello, lungo un percorso di circa 400 chilometri attraverso le quattro province abruzzesi, toccherà i centri nevralgici della regione e, grazie alla combinazione di tecnologie di comunicazione *wired* e *wireless*, ogni angolo d'Abruzzo sarà

“virtualmente” sotto il controllo delle Istituzioni locali. I dati che viaggeranno sulla rete confluiranno in maniera integrata nei Centri Operativi di AE: attraverso questi luoghi della conoscenza raggiungeremo l’obiettivo di un continuo e specifico monitoraggio ambientale che in ogni momento darà l’esatta condizione degli insediamenti antropici, delle infrastrutture e, più in generale, dei fenomeni potenzialmente in grado di rappresentare un rischio per le popolazioni e per la terra stessa.

Non solo. Nel corso degli anni, nell’ambito di specifici e mirati progetti, siamo stati in grado di effettuare una precisa ricognizione del pregresso, di informatizzarne i dati e di incrociarli con le situazioni emergenti. I risultati sono evidenti: la consultazione veloce e in tempo reale, la facilità di aggiornamento, la possibilità di programmare interventi di lunga durata, la capacità di rilevare le emergenze, la possibilità di concepire un’efficace strategia di prevenzione e, soprattutto, di diffondere l’applicazione di procedure standardizzate. Oggi i nostri principali sforzi si concentrano sulla ricognizione del Sistema Acqua: dalla sorgente alla distribuzione potabile, passando per il rischio di inquinamento e l’opportunità di utilizzo per fini energetici.

Sono nati con questi spirito e metodo di azione anche i progetti che ASITA ospita in occasione della 12° conferenza nazionale: **Attività di sorveglianza idraulica e monitoraggio, Dighe e SIRS-Sistema Informativo Rischio Sismico**. Le prime due attività possono essere ricondotte nell’area “Sicurezza Ambientale e Territoriale”, la terza in quella della “Protezione Civile”. In entrambi casi, come auspicato dalla Regione Abruzzo, si tratta di ottenere una visione integrata, generale e ordinata del territorio, base imprescindibile per interventi mirati e metodici.

In particolare il progetto **Attività di Sorveglianza Idraulica e Monitoraggio** è stato pensato con lo scopo di realizzare una rete di monitoraggio sul sistema fluviale e dei bacini lacustri per la redazione di un programma di controllo ambientale, strutturale e idrogeologico. **Dighe** racchiude l’idea di costruire un catasto degli sbarramenti di ritenuta per far fronte alla necessità di raccolta, catalogazione e riorganizzazione di dati precedenti e attuali e costituisce un supporto informatico georeferenziato per la difesa dal rischio di incendi boschivi. **SIRS - Sistema Informativo Rischio Sismico** riguarda la raccolta e la gestione dei dati geotecnici in un quadro unificante che ne consenta una utile e immediata fruizione.

L’obiettivo, quello a lunga scadenza e non visionario, è di arrivare a un Sistema Informativo Integrato Regionale a cui tutte le Istituzioni pubbliche, così come il mondo imprenditoriale e gli stessi cittadini, possano accedere per ottenere un “saldo” sempre aggiornato e puntuale sui processi evolutivi del territorio, per attivare le migliori sinergie nelle fasi di emergenza e prevenzione e per crescere nel lavoro di squadra.

P.I.S.E.: PALMARI INTEGRATI AI S.I.T. NELLE EMERGENZE

Shaula MARTINOLLI (*) (**), Bruno TRIBUSON (**), Alberto RIGO (***),
Giorgio RUZZIER (**)

(*) Università degli Studi di Trieste – Centro di Eccellenza per la Ricerca in TeleGeomatica martinolli@dica.units.it

(**) Protezione Civile Squadra Volontari Antincendio Boschivo coordinatore.trieste@comuni.protezionecivile.fvg.it

(***) Area Servizi di Direzione Generale e Protezione Civile RIGO@comune.trieste.it

Abstract

P.I.S.E. è un acronimo. In lingua italiana sta per “Palmari integrati ai sistemi Informativi territoriali nelle emergenze”. Il progetto nasce nell’ambito di una tesi di Master fatta presso il Centro di Eccellenza per la Ricerca in TeleGeomatica dell’Università di Trieste in collaborazione con la protezione Civile del Comune di Trieste. Il progetto prevede la costruzione di una serie di banche dati contenenti informazioni riguardanti la gestione delle emergenze nel territorio comunale di Trieste. Si sta sperimentando uno smartphone che funge sia da telefono che da navigatore. Il navigatore è stato implementato con la Carta Tecnica Regionale, in seguito sono state inserite le banche dati relative a tutti gli idranti e alla viabilità forestale, ai vasconi per gli elicotteri, dati raccolti nei diversi rilievi, e altri elementi per la gestione dell’antincendio boschivo. Il passo successivo sarà quello di trasmettere la posizione via G.S.M. dei volontari di Protezione Civile ad una base operativa fissa, in modo tale da seguire le posizioni degli operatori sul territorio durante le emergenze.

P.I.S.E. is an acronym. In Italian language stands for "Smartphone integrated with Geographic Information Systems in emergencies." The project comes as part of a Master thesis made at the Centre of Excellence for Research in TeleGeomatica University of Trieste in collaboration with Civil Protection of the Municipality of Trieste. The project involves the construction of a series of databases containing information on emergency management in the municipality of Trieste. A smartphone is on testing to work both as telephone and as navigator. The navigator was implemented with the Regional Technical Map, later it has been included on it databases about all fire hydrants and forest tracks, about tanks for helicopters, about all data collected in surveys, and any other items for the management of woodland fire. The next step will consist in forwarding position of Civil Protection volunteers through GSM to a steady base, in order to follow their positions on the territory during emergencies.

In base al protocollo d’intesa stabilito tra l’Area Servizi di Direzione Generale e Protezione Civile del Comune di Trieste e l’Università degli Studi di Trieste con il C.S.P.A. – C.E.R. TeleGeomatica si è dato il via ai primi lavori per la realizzazione di una cartografia tematica in materia di Protezione Civile, antincendio boschivo, in ambito comunale. Nella prima fase del progetto si sono identificati e censiti gli idranti e la viabilità forestale strategici ai fini dell’antincendio boschivo all’interno del Comune di Trieste. Per prima cosa si sono valutati i dati già esistenti in supporto cartaceo rilevati in campagne precedenti dai volontari della Squadra A.I.B. di Trieste ;questi dati sono stati uniti a quelli , più recenti, forniti dall’Ispettorato Ripartimentale delle Foreste di Trieste e Gorizia. Per agevolare e velocizzare il lavoro si è passati dalla fase manuale cartacea a tecniche più moderne, quali, l’uso dei S.I.T. ,l’ausilio del G.P.S. integrato, software ad hoc ecc..ecc..Queste tecniche hanno permesso alla squadra di adattarsi agli standard generali usati dai diversi enti con i quali essa lavora e si confronta. La prima fase del lavoro ha visto l’aggiornamento della banca dati

del Catasto Idranti fornito dall'Ispettorato sopracitato che conteneva all'incirca 3000 idranti distribuiti su tutta la Provincia di Trieste; si sono individuati gli idranti utili ai fini dell'antincendio boschivo, ovvero quelli situati nelle zone limitrofe ai boschi e con particolare attenzione alle zone già percorse dagli incendi boschivi. Si è adottato un libretto di campagna, utile ai rilievi, istituito dall'Ispettorato, già condiviso dal corpo Forestale Regionale, dai Vigili del Fuoco e dall'ACEGAS-APS; attraverso l'ausilio del G.P.S. è stata fornita la posizione planimetrica di ogni idrante, si sono rilevati inoltre la pressione statica, la forma del chiusino, il tipo di attacco, la chiave di manovra, l'efficienza, la funzionalità, il tipo di accesso, l'indirizzo, l'ubicazione, l'ente proprietario ed infine si sono allegate le fotografie di ogni idrante. Nell'inserire i dati si è ritenuto opportuno aggiungere a quanto già previsto dalla scheda standard altre due voci: la prima, "tipo di manutenzione", (al fine di poter segnalare, da un lato, all'ente competente, tramite il Comune, le richieste di ripristino della funzionalità dell'idrante e dall'altro di segnalare ai volontari la presenza di possibili difficoltà all'atto dell'utilizzo dell'idrante), la seconda, "richiesta di spostamento" (in alcuni casi, l'idrante si trova in posizione poco sicura, in mezzo alla carreggiata oppure su di una curva pericolosa, posizioni che mettono a repentaglio l'incolumità del volontario). Oltre alla richiesta di spostamento viene indicata la zona ottimale per l'eventuale riposizionamento. In totale su 485 idranti rilevati sono stati richiesti 13 spostamenti, e segnalati circa un ottantina di idranti da sottoporre a manutenzione.

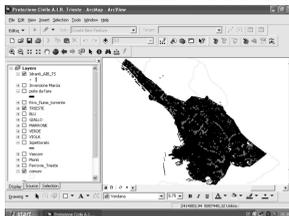


Figura 1 - Distribuzione degli idranti strategici nel comune di Trieste.

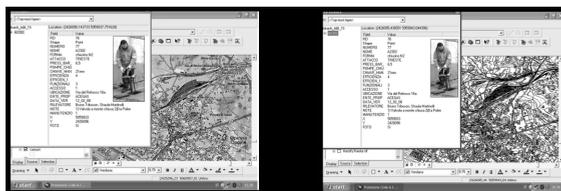


Figura 2 - interrogazione di un idrante georiferito sia sulla C.T.R. o Carta Tabacco.

Questi dati, una volta elaborati sono stati raccolti sia in formato cartaceo che in una banca dati digitale collegata ad un S.I.T. a disposizione dei volontari. Si è reso disponibile, inizialmente, un computer portatile al quale è stato collegato attraverso l'ausilio Bluetooth un'antenna G.P.S.. A monte, nel computer portatile, si sono create le basi di un S.I.T.; i temi inseriti in questo S.I.T. sono la C.T.R. in formato vettoriale, resa disponibile dalla Regione Autonoma del Friuli Venezia Giulia, i perimetri degli incendi sviluppati tra il 1994 e il 2004, la posizione di 3000 idranti, la viabilità forestale e la posizione delle piazzole per i vasconi antincendio per gli elicotteri. I software e le licenze utilizzate per lo sviluppo di questo S.I.T. sono state concesse, in base all'atto d'intesa con il Comune di Trieste, dal Centro di Eccellenza. I navigatori satellitari in commercio non permettono l'introduzione di una cartografia che non sia quella della casa madre dello stesso navigatore. Per questo motivo i volontari stanno creando un navigatore ad hoc, per gli scopi sopracitati, che permetta l'orientamento degli stessi su basi più specifiche e dettagliate. Creare un navigatore ad hoc non vuol dire solamente creare il primo e fondamentale passo per l'abbattimento dei tempi di intervento, vuol dire anche creare una serie di banche dati, utili per un'analisi più approfondita del territorio. I dati raccolti nelle diverse uscite, una volta elaborati, vengono inseriti nel S.I.T. Questo consente di valutare sia nel dettaglio che nel globale diverse situazioni, ma soprattutto, un'analisi

dello stato di fatto. Finita la raccolta dati relativa agli idranti si è passati all'analisi dello stato di fatto della viabilità forestale. Si sono raccolti i dati storici relativi alle carte costituite negli anni dai volontari e i dati forniti dall'Ispettorato. A partire dagli anni novanta, i volontari, manualmente, hanno iniziato a segnare la percorribilità delle Piste Forestali sulla C.T.R. al 10.000. A suo tempo si era stabilita una leggenda in base alla più o meno agevole percorribilità delle piste forestali individuando due tipologie di piste, una adatta al transito di autobotti fino a 5000 litri (linea di colore rosso) ed una adatta al transito di autobotti leggere e fuoristrada (linea di colore blu), il blu con tratteggio ampio indicava una strada forestale da sottoporre a parziale manutenzione, il tratteggio intenso stava ad indicare la necessità di una manutenzione più onerosa e la difficoltà di transito. I tratti difficilmente percorribili a causa del fondo stradale venivano evidenziati con il colore arancione. Infine venivano segnate sulla carta le posizioni di idranti, delle piazzole e altri dati utili ai fini dell'A.I.B.L. L'Ispettorato Ripartimentale, iniziava, negli stessi anni un lavoro simile, ma con leggenda diversa dividendo la viabilità delle Piste Forestali in 8 classi. Nel 2005 la squadra ha convertito la classificazione delle piste adeguandosi agli standard dell'Ispettorato Ripartimentale. L'obiettivo primario della squadra era ed è quello di avere a disposizione l'evidenza delle piste che permettano il passaggio dei mezzi sui quali sono caricati i gruppi antincendio, si è così deciso di procedere con la revisione delle prime tre classi di piste, ovvero quelle che permettono il passaggio di autobotti e fuoristrada. Vengono attualmente utilizzate 2 tipologie di piste, S2, verde, (larghezza 2.5 – 3 m, possono passare autobotti fino a 5000 litri), S3, blu (passano Land Rover e autobotti fino a 1500 litri). Piste forestali quali la S4, non adatte al passaggio dei mezzi d'emergenza (di larghezza non più ampia del metro e mezzo) non sono state oggetto di revisione in quanto di scarso interesse per i volontari che non riuscirebbero a far passare i loro mezzi. Questo discorso si ripercuote anche sulle restanti piste stabilite dall'ispettorato, fino ad arrivare alla così detta S8 (traccia).



Figura 3 - Uno dei due Land Rover 110 sul quale è montato uno dei moduli antincendio

La modalità di rilievo è stata la stessa che si è utilizzata per il Catasto degli Idranti: Computer Portatile in dotazione con le stesse piattaforme navigazionali e gli stessi software G.I.S. per elaborare i dati.

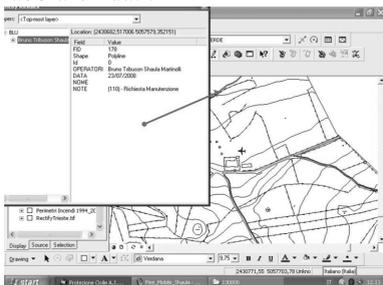


Figura 4-Interrogazione di una Pista Forestale



Figura5 -Strumenti utilizzati

Circa il 50% delle piste fornite dall'Ispettorato sono state declassate di almeno un grado: piste che risultavano essere S2, sono passate ad S3. In proporzione poche piste S3 sono state declassare a S4. Questa declassazione è dovuta soprattutto alla folta vegetazione cresciuta negli anni. I volontari

hanno deciso di costituire un database snello ma funzionale, in particolare sono stati inseriti i seguenti parametri: data del rilievo, operatori, mezzo utilizzato, classe pista ,ed infine, note. La revisione di tutte le piste forestali del Comune di Trieste ha impegnato i volontari per 9 uscite fatte nell'arco di due mesi, nonché un uscita per settimana. I chilometri totali percorsi in queste nove uscite sono 722, di cui 242,5 km di piste forestali. Si sono ottenuti i seguenti dati: 145 chilometri di piste S2, 95.5 chilometri di piste S3, mentre i restanti due chilometri sono piste declassate da S3 a S4 e S5. Si sono fatti circa 80 km ad uscita, ottenendo così una media di 27 km di piste a campagna. A metà anno il Comune di Trieste, ha messo a disposizione della squadra uno smartphone. Lo Smartphone oltre a venir utilizzato come telefono, viene utilizzato come "navigatore antincendio", infatti, vista la disponibilità dell'antenna G.P.S. incorporata, i volontari lo hanno implementato con la piattaforma navigazionale già presente sul Computer Portatile e hanno inserito i dati raccolti fino ad oggi. Dal punto di vista pratico sia la fase del rilievo che quella navigazionale è sicuramente più snella vista l'assenza di cavi di alimentazione, chiavette bluetooth, antenne .E' chiaro che l'utilizzo di un Computer Portatile con annessi tutti gli accessori in fase di emergenza antincendio sarebbe cosa improponibile; gli abitacoli dei mezzi con annessi i moduli antincendio sono a due posti; se al guidatore e al navigatore, oltre a tutti i DPI ,si vanno a sommare il Computer e i diversi accessori per la navigazione e il tracciamento ,la situazione diventa impossibile e sicuramente pericolosa. Al contrario lo Smartphone, soprannominato P.I.S.E. Mobile (P.I.S.E. sta per Palmari Integrati ai Sistemi Informativi Territoriali nelle Emergenze) è un oggetto dalle dimensioni ridotte che può stare in un taschino e offre le stesse prestazioni del computer portatile. Tutti dati inseriti sia nello Smartphone che nel Computer Portatile sono interrogabili in tempo reale. Nel caso in cui ci si trovi su di un incendio si può interrogare il P.I.S.E. Mobile per sapere qual è l'idrante più vicino all'area di intervento, se è funzionante e con quali caratteristiche tecniche. Lo stesso discorso vale per le piste forestali: nel caso in cui si debba raggiungere il punto di criticità si potrà valutare in modo veloce e sicuro qual è l'itinerario più adatto , anche in base ai mezzi a disposizione, inoltre P.I.S.E. permette ,ad esempio, di eseguire il tracciamento in tempo reale del perimetro dell'incendio. Spesso le piste forestali sono di difficile individuazione perché poco battute oppure perché la vegetazione ha invaso la traccia ,l'ausilio del P.I.S.E. Mobile aiuta ad individuare la propria posizione rispetto all'ambiente circostante ,cosa alle volte difficile, soprattutto di notte nelle zone boscate (Trieste garantisce l'H24). La metodologia utilizzata fino ad oggi è ancora in fase sperimentale. Una volta messo appunto il S.I.T. , stabilizzata la piattaforma navigazionale si passerà allo studio della trasmissione della posizione da palmare ad una base , più o meno fissa, attraverso l'ausilio G.S.M., presente nello smartphone. L'obiettivo è quello di fornire ogni mezzo A.I.B. di Smartphone in modo tale da ottenere il controllo di ogni unità che si muove sulle emergenze, tutto questo attraverso un progetto .NET, che interfacciandosi con il nostro smartphone possa ricevere le coordinate ,inviata dal G.P.S. Tracker, e visualizzarle su programmi quali Google Earth ,Google Maps, Yahoo Maps , MapQuest, ecc.. ecc..Una volta entrata a regime questa prima fase si prevede di utilizzare lo smartphone anche per altri impieghi. La squadra si cimenta ciclicamente in altre due attività impegnative quali la "Ricerca Persona Dispersa" e "Gestione Emergenza Neve".Entrambe le attività hanno bisogno dell'ausilio cartografico. Nell'ambito della R.P.D. l'ausilio dello smartphone attraverso il G.P.S. aiuterebbe , nelle battute di ricerca, a pianificare le zone sottoposte alla ricerca e/o a memorizzare le zone già percorse dai volontari al fine del ritrovamento della persona scomparsa. Quasi annualmente la città di Trieste subisce l'effetto della neve, mettendo in crisi la viabilità cittadina; i volontari intervengono su richiesta del Comune per sgomberare le strade dalla neve rendendole così percorribili e meno pericolose. Le basi per la gestione dell'"Emergenza Neve" esistono già: i volontari hanno già stilato una carta tematica con evidenziate le strade e le loro competenze. Visto che lo Smartphone in uso da parte dei volontari accetta le cosiddette Micro sd, schede di memoria, si è pensato di caricare su ogni schedina gli strumenti necessari per le diverse attività che la squadra di Protezione Civile di Trieste affronta con una certa frequenza, per cui, su una memory card l'antincendio boschivo, su un'altra le competenze stradali per la gestione dell'emergenza neve e sul terzo dispositivo le basi cartografiche necessarie per la gestione dell'attività R.P.D.

TECNICHE DI IMAGE PROCESSING PER LA CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA SUPERFICIALE IN AMBITO FLUVIALE

Massimo MASO

(*) Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione Dorsoduro 3593
30123 VENEZIA - tel. 041.714444 remote.sensing@adbve.it

Abstract

Una delle maggiori difficoltà che si presentano durante le campagne di misura per la caratterizzazione topografica e morfologica delle aste fluviali, e quella di effettuare analisi granulometriche in tempi brevi e con elevato dettaglio, impiegando al minimo risorse umane ed economiche.

Scopo di questo lavoro è la valutazione della fattibilità e lo sviluppo di un modulo software che prevede l'utilizzo di tecnologie image processing implementate nel linguaggio IDL.

La linea progettuale di questo lavoro cerca una soluzione di automatizzazione alla serie di operazioni manuali che devono essere eseguite durante i rilievi di campagna.

Introduzione

La stima numerica relativa alle dimensioni dei singoli clasti costituenti sedimenti o rocce appartenenti ad ambiti fluviali è una misura descrittiva fondamentale che permette di caratterizzare e migliorare la conoscenza dei meccanismi di trasporto e deposizione in tali ambienti.

Unitamente alla geometria dei territori indagati, i valori di granulometria vengono utilizzati da modelli matematici, integrati in ambiente GIS, che riproducono le dinamiche di trasporto solido delle aste fluviali.

Le informazioni derivate da tali dati sono propedeutiche alla realizzazione di Sistemi Informativi Territoriale orientati al supporto delle decisioni pianificatorie nell'ambito della valutazione e mitigazione dei rischi idrogeologici.

Le esperienze condotte nell'ambito della Pianificazione a scala di bacino dimostrano che, ai fini della valutazione dei fattori di rischio ambientale, oltre che alla precisa conoscenza planoaltimetrica georeferenziata della geometria del territorio in esame, risulta prioritaria e fondamentale la caratterizzazione dei parametri fisiografici;

E' solo infatti, con la precisa conoscenza di tali valori, che si possono ottenere proiezioni attendibili dai modelli di simulazione.

E' Dimostrata tale influenza, per esempio, nei casi di ricostruzione degli effetti morfologici di potenziali movimenti franosi durante eventi idrologici intensi, nelle operazioni di svasso di bacini artificiali o nelle simulazioni di eventi di piena naturali o artificiali.

In tutti questi casi le dinamiche di deposito, erosione, portate liquide e solide, livello del fondo vengono direttamente influenzate dalla scabrezza idraulica, parametro che varia nel tempo e nello spazio in funzione della composizione granulometrica.

Una delle maggiori difficoltà che si presentano durante le campagne di misura per la caratterizzazione topografica e morfologica delle aste fluviali, e quella di effettuare analisi granulometriche in tempi brevi e con elevato dettaglio, impiegando al minimo risorse umane ed economiche.

Sulla base delle esperienze mutuate dalle discipline del telerilevamento e di image processing, il presente lavoro propone la sperimentazione di un modulo software che utilizza algoritmi di elaborazione delle immagini basati sulle tecniche della morfologia matematica.

Questo lavoro propone una soluzione di automatizzazione alle serie di operazioni manuali che sono normalmente eseguite durante i rilievi di campagna.

Camminando sul luogo oggetto dei rilievi, immagini opportunamente acquisite, da fotocamere digitali a basso costo ma ad alta risoluzione geometrica, vengono elaborate dal modulo software sviluppato con codice IDL.

I risultati di tali elaborazioni sono la visualizzazione ed il salvataggio in tempo reale degli istogrammi delle frequenze e le curve granulometriche descrittive dei siti indagati.

I benefici di questo approccio sono da individuare nell'aumento delle velocità di esecuzione, sostanziale illimitatezza dei campioni di studio, bassi costi, ripetibilità dell'analisi.

Metodologia manuale Caratterizzazione e rilevamento granulometrico

Il procedimento che comunemente si utilizza, per il rilevamento granulometrico (che si vuole sostanzialmente automatizzare) è il metodo del "quadrillage" (FABRIZIO R. & BIANCO G., 2002; MEUNIER E ALTRI, 1987), adatto al rilevamento in campagna, per la caratterizzazione granulometrica dei sedimenti più grossolani appartenenti alle ghiaie.

Tale metodo consiste nel misurare la lunghezza dei tre assi principali ortogonali tra loro, di ogni clasto che si viene a trovare in corrispondenza dei nodi di una rete metallica a maglia quadrata (Figura 1).

La distanza tra un nodo e il successivo, lungo l'asse verticale e quello orizzontale della medesima rete, è di 5 cm. È importante durante il rilevamento in campagna, localizzare un punto di campionamento rappresentativo dell'area in esame, dove siano presenti le diverse classi granulometriche.

Per assegnare una dimensione lineare ad ogni clasto, che si viene a trovare in corrispondenza di un nodo della maglia, si misurano le lunghezze dei tre assi principali e ortogonali tra loro ($a > b > c$; Fig. 2), calcolando successivamente la loro media aritmetica. Il valore così ottenuto rappresenta il diametro medio della particella di sedimento approssimata ad una sfera.

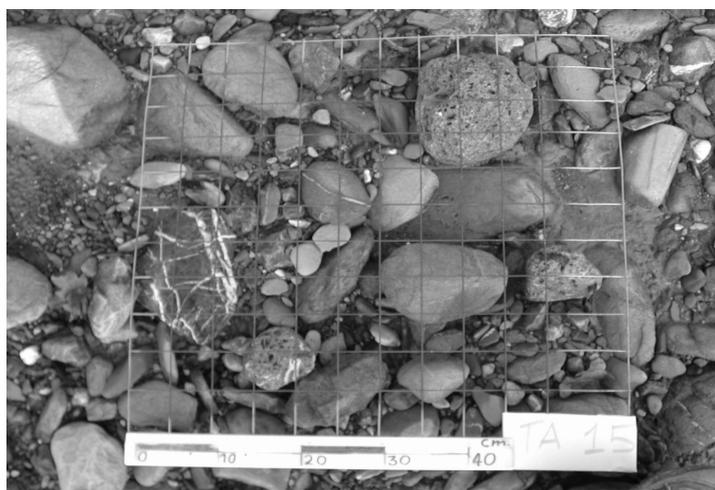


Figura 1- Rete metallica a maglia quadrata utilizzate nelle misure di campagna

Il campione rappresentato dalla porzione di sedimento ricoperto dalla superficie del “quadrillage”, viene diviso in classi di dimensione (o classi granulometriche: Tabella 2), ognuna delle quali contiene una certa percentuale di campione originario. Queste percentuali rappresentano sia la “frequenze di peso”, sia la “frequenza di numero” di ogni singola classe granulometrica.

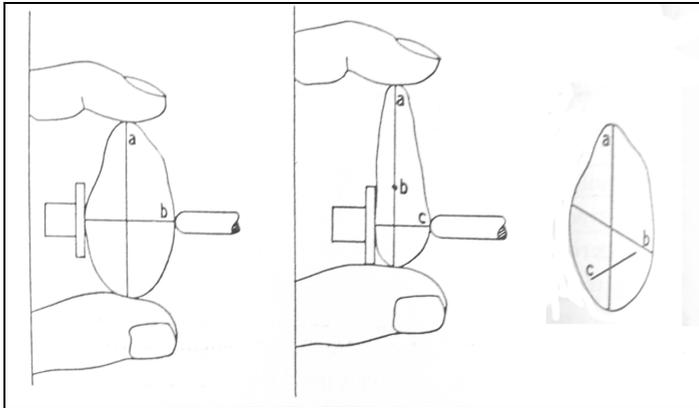


Figura 2-Misura dei tre assi principali $a > b > c$ di un ciottolo (da PETTJOHN F. J., 1957)

KELLERHALS E ALTRI (1971) e MEUNIER E ALTRI (1987) hanno dimostrato che entrambe le frequenze sono equivalenti, almeno in linea teorica, e pertanto identica a quella che si ottiene per setacciatura. Nella pratica si è dimostrato che il metodo del “quadrillage” restituisce una curva di frequenza che approssima bene quella di setacciatura, solo per materiali grossolani, questo perché con tale metodo non è possibile ottenere dei risultati precisi per classi granulometriche di materiale molto fine (KELLERHALS E ALTRI, 1971).

Ottenute le frequenze per ogni classe granulometrica secondo la classificazione UDDEN WENTWORTH (Tabella 2), si costruisce l’istogramma di frequenza che definisce la distribuzione granulometrica nelle diverse classi e la curva granulometrica che rappresenta la distribuzione percentuale dei clasti.

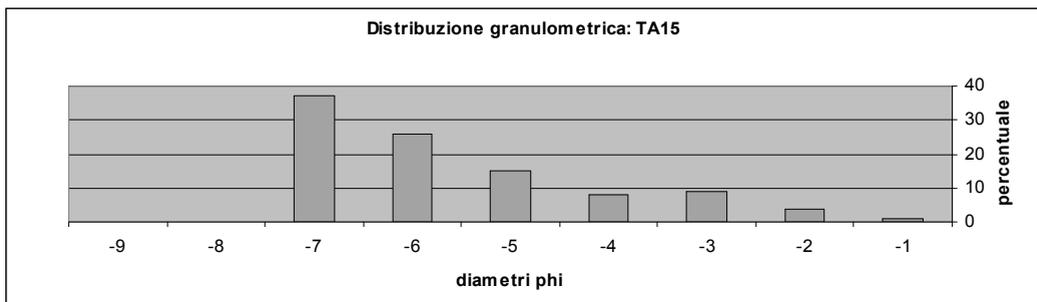


Figura 3-Istogramma delle frequenze

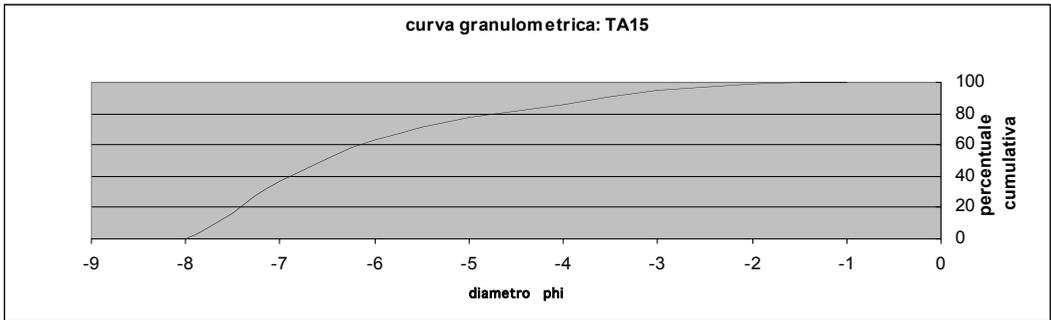


Figura 4 -: Curva granulometrica

Parametri granulometrici		
	phi	mm
d_{90}	-3,6	12,1
d_{50}	-6,5	90,5

Tabella1: parametri granulometrici di monografia

Diametri		Classi granulometriche
d (mm)	scala Φ	
> 256	> -8	Masso
Da 256 a 128	Da -8 a -7	Ciottolo molto grossolano
Da 128 a 64	Da -7 a -6	Ciottolo grossolano
Da 64 a 32	Da -6 a -5	Ciottoletto medio – grossolano
Da 32 a 16	Da -5 a -4	Ciottoletto medio
Da 16 a 8	Da -4 a -3	Ciottoletto medio – fine
Da 8 a 4	Da -3 a -2	Ciottoletto fine
Da 4 a 2	Da -2 a -1	Granulo
Da 2 a 1	Da -1 a 0	Sabbia molto grossa

Tabella 2: classi granulometriche (UDDEN WENTWORTH)

Per facilitare la lettura dei diagrammi delle curve granulometriche e il trattamento statistico dei dati, KRUMBEIN W. C. e PETTILJOHN F. J. (1938) proposero l'uso della scala Φ , la quale, non è altro che la trasposizione in logaritmo in base due, della scala UDDEN WENTWORTH:

$$\Phi = - \log_2 d \quad (1)$$

Con tale scala diventa più facile e rapida la determinazione dei parametri granulometrici, e nell'interpretazione del loro significato geometrico.

Per via grafica si ricavano i parametri granulometrici tab1 :

- Φ_{50} : diametro medio dei clasti espresso nella scala Φ che rappresenta il 50% del sedimento trattenuto
- Φ_{90} : diametro medio dei clasti espresso nella scala Φ che rappresenta il 90% del sedimento trattenuto

Le letture dei due valori sopra descritti, vengono fatte sulla scala delle ordinate, in corrispondenza del 50% e del 90%. A tali valori la curva granulometrica fa corrispondere in ascissa le relative dimensioni nella scala Φ .

Dal Φ_{50} e Φ_{90} è possibile calcolare i corrispondenti valori in millimetri (d_{50} e d_{90}), attraverso la relazione (1).

Considerazioni sull'acquisizione delle immagini.

Il problema comune all'esecuzione di registrazioni in ambienti aperti è la variabilità dell'intensità luminosa che subordina il processamento delle immagini alle condizioni di luminosità del momento.

Per determinare una costante luminosità ambientale e di fatto una costante ripetibilità delle analisi, il sistema di acquisizione dovrebbe disporre di un impianto illuminotecnico.

Un possibile semplice schema di un impianto che illumina la scena oggetto del vaglio granulometrico, prevede il posizionamento di 3 lampade ad una determinata altezza e ai vertici di un ideale triangolo.

Le fonti luminose (primaria, secondaria e controluce) sono predisposte in maniera tale da evitare interferenze negative tra i vari fasci di luce, quali ad esempio effetti d'ombra, riflessioni, contrasti.

Tale disposizione oltre che a ridurre la presenza delle ombre degli oggetti illuminati produce un alone sui contorni degli stessi utile nelle fasi di discriminazione.

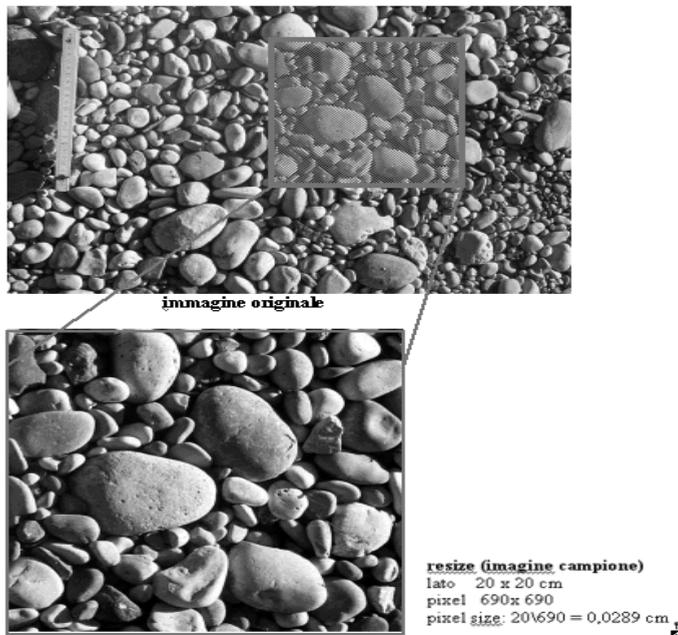


Figura 5- Acquisizione e resize dell'immagine da elaborare.

Acquisizione ed elaborazione delle immagini

In questa sperimentazione è stata utilizzata una strumentazione di tipo non "professionale" escludendo volutamente l'impiego di costose camere metriche.

La Fotocamera utilizzata è una normale Kodak dc 4800 con risoluzione 3.1 Mp, le impostazioni della camera sono state mantenute costanti ad ogni scatto.

Nella procedura di acquisizione, avvalendosi di una asta metrica per misure topografiche, si è scelto di collocare la camera ad una altezza di 1 metro in posizione perpendicolare all'area di indagine. Conoscendo l'esatta altezza del centro della focale ed i parametri della fotocamera si è potuto facilmente calcolare la dimensione del pixel delle immagini. (Fig 5)

Come ulteriore parametro di confronto, nelle aree di acquisizione è stata posta una dima metrica di riferimento. Risulta evidente che la qualità migliore delle immagini si ottiene nel momento di massima illuminazione e con il sole in posizione nadirale, questo presupposto pone però delle forti limitazioni nella programmazione delle operazioni di campagna che risulterebbero essere troppo dipendenti dalle condizioni meteorologiche. Il test di acquisizione è stato quindi eseguito in una giornata di normale insolazione ed in condizione di illuminazione naturale. Con lo scopo di valutare il funzionamento dello strumento analitico su dati derivati da operazioni di campagna reali, quindi in tempi diversi, ed in situazioni non regolarmente stabili, sono state rilevate tre tipologie di aree di studio posizionate in maniera standard, rispettivamente: aree piane in zona d'ombra, aree piane con illuminazione perpendicolare e aree collocate su superfici inclinate di circa 45°.

Le aree sono state individuate in base al rispetto di un criterio di omogeneità dal punto di vista della composizione dei materiali, e della morfologia e sono quindi state scelte zone con clasti disposti su di un letto privo di impurità erba, legni.

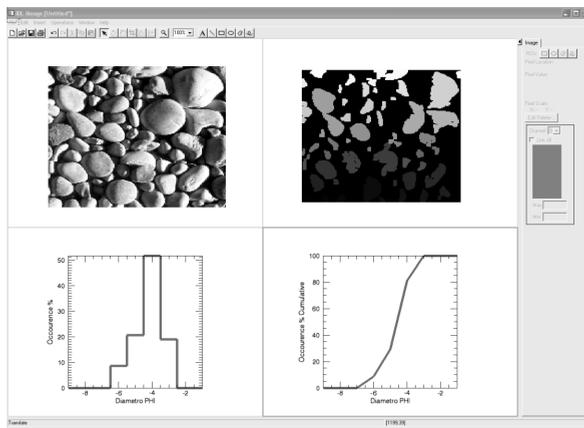


Figura 6-Software di elaborazione.

Le immagini acquisite, dopo una prima fase di elaborazione di calibratura e ridimensionamento vengono elaborate dal software. I data set risultanti sono costituiti dalle serie di istogrammi delle frequenze, le curve granulometriche e l'indicazione dei diametri minimi e massimi delle composizioni esaminate.

Le analisi di test hanno prodotto data set finali caratterizzati da parametri di buona accuratezza e precisione, sostanzialmente confrontabili con gli esami di vagliatura e calcolo manuali.

Verificata l'estrema importanza della qualità delle immagini acquisite, sono previsti ulteriori sviluppi, relativi all'implementazione dell'algoritmo di elaborazione morfologica con scale di valutazione, di controllo e modifica retroattiva dei parametri di illuminazione delle immagini

Bibliografia

- FABRIZIO R. & BIANCO G. (2002); *La ricostruzione dell'andamento granulometrico lungo un corso d'acqua nell'ambito degli studi di idraulica fluviale*. 28° Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche.
- DANA H.BALLARD C.M.BROWN (1982); *Computer vision*. Prentice-Hall dep. Of computer science University of Rochester

APPROCCI VALUTATIVI E SISTEMI INFORMATIVI PER PROMUOVERE LA SOSTENIBILITÀ URBANA E L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Domenico Enrico MASSIMO, Antonino BARBALACE, Riccardo Maria CEFALÀ

PAU-Gis, Geomatics and GIS Group, Dipartimento Patrimonio Architettonico e Urbanistico (PAU)
Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, 25 Via Melissari, 89124 Reggio Calabria
Email massimo@unirc.it; paugis@gmail.com. Tel +39.360.997513; +39.0965.385228. Fax +39.0965.385222

ATTRIBUZIONI

D. E. MASSIMO ha congegnato la ricerca e redatto il *Paper* (Paragrafi 1-9). A. BARBALACE ha coordinato la ricerca operativa e il Gruppo PAU-Gis. R. M. CEFALÀ ha sviluppato la elaborazione dei dati. Tutte le applicazioni GIS, la stima dei costi, le quantificazioni energetiche sono Copyright©1999-2008MASSIMODomenicoEnrico

Riassunto

Obiettivo generale della ricerca è l'impostazione di una strategia di Conservazione Urbana Sostenibile, a due livelli: di edificio; di città per progettare interventi sostenibili a scala di quartiere. Obiettivo specifico della ricerca è la costruzione di un prototipo di *Decision Support System* (DSS) di supporto a progetti di Conservazione Sostenibile di edifici, con l'aiuto di strumenti GIS.

Abstract

General objective of the Research is to set up a strategy of Urban Sustainable Conservation at two levels: at building level; at city level, to conceive and plan specific conservation interventions paying attention to the ecological and energy dimension at block, street, neighborhood scale. Specific objective of the Research is to build up a prototype of Decision Support System (DSS) useful to design and valuing Sustainable Conservation, supported by powerful GIS tools.

1. Conservazione Urbana Sostenibile: Ambientale ed Energetica; Culturale

Crescenti evidenze empiriche confermano che: il *Global Warming* (GW) ha raggiunto livelli allarmanti; più del 50% della popolazione mondiale è insediata in aree urbanizzate; queste sono sempre più caratterizzate dallo *sprawl* urbanistico; gli insediamenti antropici assorbono più del 30% della richiesta mondiale di energia. A ciò si aggiungono le ricorrenti crisi petrolifere e l'andamento fortemente volatile dei prezzi dei prodotti energetici, e, negli ultimi decenni, sia una crescita assoluta della domanda di energia per l'emergere di nuove potenze industriali, sia l'aumento dell'inquinamento anche acustico dovuto all'adozione generalizzata del condizionamento estivo nelle costruzioni. L'*escalation* della crisi a scala planetaria ha indirizzato la ricerca a individuare alcune importanti cause del rapido aumento del degrado ambientale e a impostare strategie, sempre più condivise, capaci di affrontare i problemi critici e avviarli a soluzione. Il coacervo di cause individuate rende desiderabile e urgente uno stimolo verso la sostenibilità architettonica (Massimo, 2008) come asserto ad Aalborg (09-11.06.2004) e ri-asserto dal Fourth Assessment Report dell'IPCC (Ipc, 2007). La sostenibilità architettonica può essere perseguita con la riqualificazione urbana, degli edifici negli insediamenti già esistenti, che presta particolare attenzione agli aspetti climatici ed energetici e che può essere definita Conservazione Urbana Sostenibile. Essa è finalizzata a: ridurre i consumi energetici degli edifici esistenti (Sostenibilità Ambientale ed Energetica); recuperare gli insediamenti esistenti e in particolare i centri storici (Sostenibilità Culturale) evitando nuove

costruzioni sparse, o *sprawl*. La sub-strategia di Sostenibilità Ambientale ed Energetica propone di affiancare alle nuove tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili alternative alle fossili (eolica; solare; idro; maree; biogas; geotermica), l'utilizzazione dell'energia più economica che esista: cioè quella che non si consuma. Ovvero il risparmio attraverso l'approccio di *Green Building*. Il fondamento di tale strategia è l'isolamento passivo sia delle architetture esistenti e sia delle nuove costruzioni. Gli interventi sono finalizzati a: dare maggiore efficienza energetica; introdurre la ventilazione naturale; ridurre il bisogno di riscaldamento; attuare la necessità di raffrescamento; diminuire il rumore da condizionatori; abbattere le emissioni inquinanti; migliorare la qualità dell'abitare. La sub-strategia di Sostenibilità Culturale mira parallelamente a intervenire in modo sostenibile nelle città e negli insediamenti storici esistenti per una loro riutilizzazione abitativa mediante mirati interventi di conservazione, rivitalizzazione, valorizzazione, educazione, formazione. Ciò al fine di ridurre lo *sprawl* e la distruzione di ulteriore suolo naturale.

2. Il prototipo di *Decision Support System* (DSS)

Tra gli obiettivi specifici della ricerca vi è il tentativo di introdurre, sperimentare e coordinare a sistema un prototipo di DSS: all'interno di una metodologia di DSS e di un ancillare *framework* GIS sono integrati diversi approcci e *software* di *mapping*, immagine, CAD, calcolo, stima, regressione, valutazione. Tra di essi vi sono più strumenti operativi tra cui quello di valutazione degli interventi di riqualificazione degli edifici sotto i due correlati aspetti energetico e dei costi edilizi. Tale strumento è di supporto alla tutela e valorizzazione dell'insediamento antropico, onde perseguire l'innalzamento della qualità della vita urbana attraverso la riqualificazione energetica degli edifici e il conseguente miglioramento della sostenibilità insediativa e architettonica. Una sperimentazione di sostenibilità architettonica dimostrerà come sia possibile risparmiare fino a oltre il 40% di energia (Massimo, Barbalace, Cefalà, 2008; Massimo et al., 2008).

3. La metodologia del DSS

Il DSS di supporto alla strategia di Conservazione Urbana Sostenibile è di seguito descritto (Figura 1).

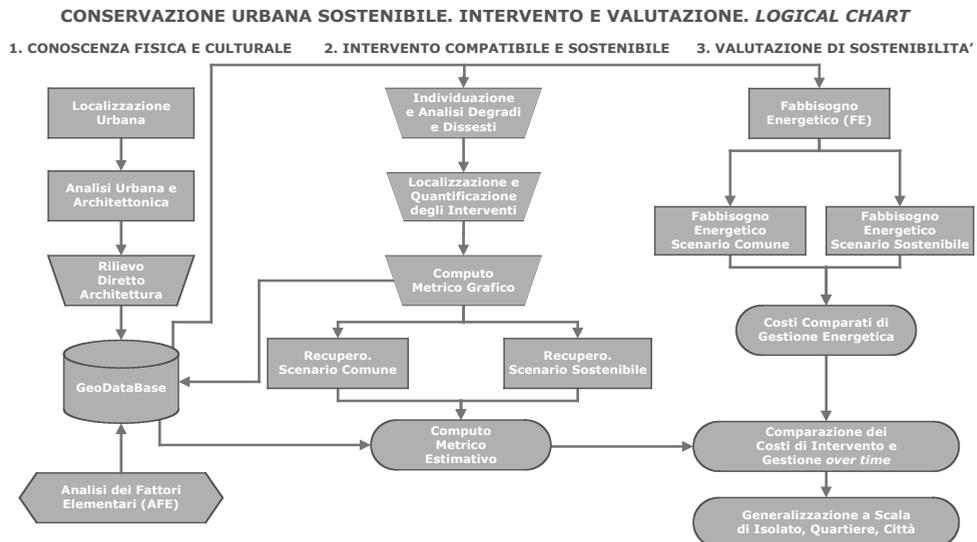


Figura 1 – Conservazione Urbana Sostenibile. Analisi, Intervento e Valutazione. Logical Chart

Il DSS è basato su una specifica metodologia operativa, più volte validata, che consente l'applicabilità della stessa a diverse situazioni reali e a differenti Casi di Studio, attraverso le seguenti fasi.

Le fasi seguite nella sperimentazione del DSS nella presente ricerca sono di seguito riportate.

1. Scelta dell'area del Caso di Studio.
2. Rilevamento diretto di un'area urbana e ricerca di documenti d'archivio.
3. Scelta di un edificio campione e analisi di degradi, dissesti e bisogni d'intervento.
4. Simulazione di differenti scenari alternativi di intervento: "comune"; "sostenibile".
5. Stima del fabbisogno e dell'efficienza energetica dell'edificio nei due scenari.
6. Stima dei costi di gestione energetica nei due scenari.
7. Stima delle risorse edilizie utilizzate per la conservazione nei due scenari.
8. Costruzione di un DataBase dei costi basato sulle Analisi dei Fattori Elementari.
9. Stima dei costi edilizi iniziali di conservazione nei due scenari.
10. Comparazione dei costi "totali" *over time*, nei due scenari.
11. Generalizzazione dei risultati a scala di isolato, quartiere, città.

4. Il Caso di Studio. Conoscenza e analisi [Fasi 1, 2, 3]

La sperimentazione del prototipo DSS ha richiesto una scelta attenta dell'area di studio. Questa è localizzata nella parte settentrionale del centro urbano di Reggio Calabria, e in particolare nella ricostruzione Liberty successiva al terremoto e maremoto del 1908. L'area è attualmente popolata, oltre che da anziani residenti, soprattutto da studenti di quattro facoltà universitarie e per questo denominata "Quartiere Latino" (Figura 2). Nel suo perimetro è stato individuato come campione l'Isolato Urbano 78 (Figura 3) e in particolare uno suoi edifici (Particella Catastale 97 del Foglio di Mappa n. 121) che è stato analizzato e su cui è stato sperimentato il prototipo di DSS.

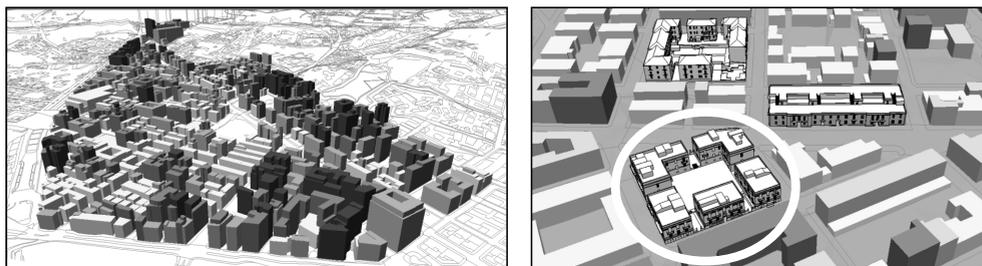


Figure 2-3 – Reggio Calabria. Quartiere Latino. Area di studio e Isolato Urbano campione n. 78

Segue la fase del rilievo diretto dell'Isolato e, a scala più dettagliata, dell'edificio campione. Sono stati acquisiti i disegni dei progetti originari. Con lo studio diretto e ortofotografico esterno si è pervenuti alla localizzazione e quantificazione dei degradi che sono risultati superficiali: distacchi di intonaco da vaste superfici; perdite dalle grondaie e dal terrazzo dovute a cattiva manutenzione dell'impermeabilizzazione. In seguito, l'analisi termofotografica ha consentito l'individuazione delle forme di futuro degrado non ancora manifeste, quali futuri distacchi di intonaco, e soprattutto la presenza di umidità e aree di dispersioni termiche particolarmente accentuate.

5. Il Caso di Studio. Progettazione di scenari alternativi di intervento [Fase 4]

I risultati dalle indagini svolte hanno fatto emergere l'esigenza di interventi che possono essere progettati con approcci alternativi: "comune"; "sostenibile" (Figura 4). Nello "scenario sostenibile": per il rifacimento degli intonaci si fa uso di materiali termocoibenti come tra l'altro, malta di calce idraulica naturale volcalitica costituita da speciali tipi di inerti come perlite e vermiculite che impediscono il passaggio del calore attraverso le murature e i solai attenuando i ponti termici; per il rinnovo delle impermeabilizzazioni dei terrazzi non ci si limita soltanto alle guaine e si introducono pannelli areanti e ventilanti costituiti da materiali naturali come il sughero rigato; per le superfici trasparenti si sostituiscono ai vetri semplici quelli doppi con intercapedini d'aria. Tali interventi

abbassano la dispersione termica verso l'esterno contribuendo all'abbattimento sia del consumo di combustibili fossili, sia delle relative emissioni di CO₂, a vantaggio del risparmio energetico, dell'economicità di gestione, del minore inquinamento dell'ambiente esterno, e del *comfort* ambientale interno. Viceversa, nello "scenario comune" è previsto, come nella corrente pratica prevalente, l'uso di materiali comunemente usati in cantieri tipo, dove si effettua il ripristino delle facciate esterne e delle terrazze. Tali materiali "correnti" hanno, da un lato, un costo iniziale più basso e una facile messa in opera ma, dall'altro, non posseggono buone caratteristiche termiche e coibenti. A questa lista appartengono: le malte a base di sabbia e cemento con un più alto valore di trasmittanza, applicate alle superfici verticali; le membrane epossidiche in sostituzione del rivestimento in asfalto naturale per l'impermeabilizzazione dei terrazzi e dei balconi; i vetri singoli per gli infissi; l'adozione di porte e finestre in metalli e leghe trasmissive.

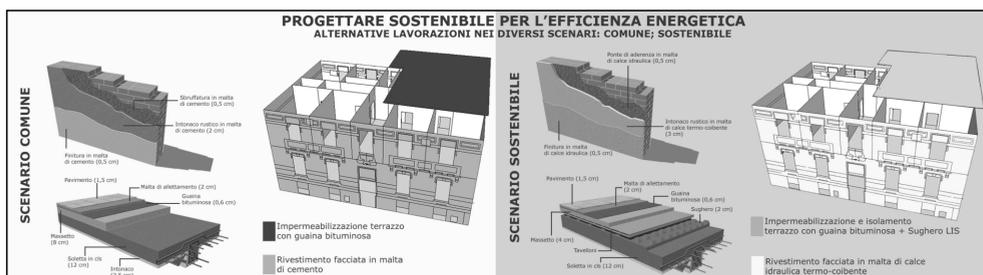


Figura 4 – Scenari di intervento: “comune” versus “sostenibile”

6. Stima delle risorse edilizie e dei costi di intervento nei due scenari [Fasi 7, 8, 9]

Con il Caso di Studio si persegue l'obiettivo di rendere sistematica ed efficiente la conoscenza sia delle risorse edilizie impiegate e sia dei costi dettagliati (fisici; monetari; energetici; ambientali) negli alternativi scenari di intervento. Ciò facilitato dall'utilizzo di sistemi informativi spaziali o GIS.

Computo Metrico Grafico (CMG)

Il rilevamento diretto produce il 3D informativo ovvero basato su potenti DataBase spaziali o GIS dell'insediamento e dell'architettura. Il 3D informativo dell'edificio rappresenta i degradi, e supporta il *design* dei possibili interventi da concretizzare con diverse Lavorazioni (ovvero unità minime di intervento edilizio), tra cui alcune particolarmente consigliabili. I sistemi GIS consentono la mappatura delle Lavorazioni e la loro misurazione. Il risultato è un nuovo strumento di contabilità e controllo spaziale sia del progetto che del cantiere, definibile Computo Metrico Grafico (CMG).

Analisi dei Fattori Elementari (AFE) nelle Lavorazioni e costruzione di un relativo DataBase

La ricerca ha avviato uno specifico sistema stabile di stima basato su analisi di produzione delle Lavorazioni all'interno di un più ampio DataBase spaziale ovvero *Cost GIS*. Le analisi microeconomiche finalizzate alla "stima dettagliata dei costi" (Simonotti, 1997) sono sviluppate per Fattori Elementari o *input*, aggregati in Lavorazioni e sono definite AFE. Consentono di contestualizzare le risorse e i costi nei mercati locali, con costruzione di Repertori datati e localizzati, per adottare materiali locali a zero-km di viaggio. I dati di base sugli *input* sono stati elicitati da numerosi contratti di reali appalti affidati a costruttori nelle regioni meridionali e centrali da soggetti pubblici e privati. Le analisi critiche comparative portano all'elaborazione delle AFE proprie del Caso di Studio.

Computo Metrico Estimativo (CME)

L'elenco dei risultati finali delle AFE delle Lavorazioni corrisponde a quanto comunemente definito "Elenco Prezzi". Le quantità delle Lavorazioni omogenee, mappate su GIS, vengono sommate creando il CMG che, moltiplicato per i costi unitari delle AFE, produce il Computo Metrico Estimativo (CME) degli alternativi interventi i cui costi risultano essere di € 59.987,50 per il "comune", e di € 69.885,20 per il "sostenibile" che implica un maggiore costo iniziale di € 9.897,70.

7. Stima del fabbisogno energetico e importi monetari nei due scenari alternativi [Fasi 5, 6]

Il punto è se l'esperimento del Caso di Studio permette di verificare un consistente risparmio energetico con lo "scenario sostenibile" rispetto allo "scenario comune", già sostituendo solo intonaci e massetti tradizionali a base cementizia con Lavorazioni sostenibili alternative. Per avviare la stima scientifica dei risparmi ottenibili con la riqualificazione climatica, nella ricerca si calcola il fabbisogno energetico del fabbricato campione corrispondente alla Particella Catastale 97, composto da quattro appartamenti, due per piano. Si utilizza un primo programma di calcolo energetico, poi verificato con un secondo. Si calcola il fabbisogno energetico del fabbricato espresso in kWh, rispetto al solo riscaldamento invernale in entrambi gli scenari alternativi. È possibile trasformare in costi monetari le quantità di energia stimate necessarie per il riscaldamento invernale. Tenendo conto che il costo di un kWh di energia dipende da diverse variabili (quantità di consumo e fascia oraria) si assume il costo medio indicativo dell'energia pari a 0,15 €/kWh. Moltiplicando il fabbisogno energetico da Dicembre a Marzo, per la superficie di ogni singola unità immobiliare, e per il costo unitario di 0,15 €/kWh, si deriva l'importo annuo in € per le spese di gestione energetica invernale (Tabella 1).

Sub	Liv	Sup Riscal -data mq	"Scenario Comune"				"Scenario Sostenibile"			
			Fabbi- sogno [Dic-Mar] kWh/ mq anno	Fabbi- sogno totale kWh anno	Costo ener- gia €/kWh	Spese gestione annua €	Fabbi- sogno [Dic-Mar] kWh/ mq anno	Fabbi- sogno totale kWh anno	Costo ener- gia €/kWh	Spese gestione annua €
1	I	66,43	78,25	5.198,94	0,15	779,84	52,67	3.499,07	0,15	524,86
2	I	66,43	69,35	4.607,19	0,15	691,08	66,94	4.826,35	0,15	667,11
3	II	71,69	124,53	8.927,55	0,15	1.339,13	58,51	4.195,23	0,15	629,28
4	II	72,09	135,17	9.788,38	0,15	1.468,26	45,54	3.025,22	0,15	492,45
Tot		276,04	407,30	28.522,06		4.278,31	223,66	15.545,87		2.313,70
			Scenario Comune		Scenario Sostenibile		Δ		Δ%	
			Spese gestione € 4.278,31		€ 2.313,70		€ 1.964,61		-45,92	

Tabella 1 – Edificio campione. Costi annui in € di gestione energetica, per scenario

Si conferma il rilevante differenziale ($\Delta\%$) di fabbisogno energetico tra scenari alternativi: "comune"; "sostenibile". A fronte di un differenziale di spesa iniziale edilizia di € 9.897,70 per la sostenibilità della conservazione fisica si otterrebbe un risparmio annuo di € 1.964,61 in termini di costi di gestione energetica per il ciclo di vita abbastanza lungo delle Lavorazioni eco-sostenibili. Tale differenziale è pari al 45,92% in meno del costo di gestione annuo dello "scenario comune".

8. Prime valutazioni integrate over time [Fase 10]

Il calcolo termico invernale, assunto come preliminare proxy di caratterizzazione energetica dell'edificio, quantifica in kWh l'effettivo vantaggio fisico acquisito con il risparmio energetico mediante termo-isolamento passivo dell'edificio. Sebbene l'intervento "comune" risulti inizialmente il più conveniente sotto l'aspetto monetario (*up-front cost*), per ottenere una diversa constatazione basta sommare ai costi edilizi iniziali quelli attualizzati di gestione per il solo riscaldamento invernale dell'intera Particella Catastale negli anni considerati. Infatti, i costi di gestione annuali, diminuendo notevolmente, comportano un risparmio monetario che a medio-lungo termine si rivela vantaggioso e che consente di recuperare, in tempi ragionevoli, quella percentuale di maggiore spesa edilizia iniziale dello "scenario sostenibile". Si accenna una stima finanziaria introduttiva. Ipotizzando un tasso del 4% sui costi di gestione cadenzati negli anni, è possibile attualizzare l'indicativo risparmio monetario nel medio e lungo periodo di durata degli interventi. In base a sistematiche osservazioni di opere realizzate, e a sperimentazioni di laboratorio, le specifiche Lavorazioni adottate nel Caso di Studio hanno una durata stimabile in oltre 40 anni, data la qualità dei materiali e l'affidabilità delle tecniche. Ad esempio, in un arco di tempo di 10 anni, indicativamente un quarto della durata minima dell'intonaco volcalitico e del sughero, a fronte di due distinti costi iniziali di recupero fisico della

Particella 97, rispettivamente di € 59.987,50 (recupero nello “scenario comune”) e di € 69.885,20 (recupero-conservazione nello “scenario sostenibile”), e di due distinti costi annuali medi di gestione energetica invernale corrispondenti di € 4.278,31 (gestione nello “scenario comune”) e di € 2.313,70 (gestione nello “scenario sostenibile”), si hanno i valori attuali di seguito riportati.

Dopo 10 anni il costo attuale dell'intervento “comune” (costo iniziale di intervento + costo di gestione energetica annuale) è di € 94.673,47. Dopo 10 anni il costo attuale dell'intervento “sostenibile” (costo iniziale di intervento + costo di gestione energetica annuale) è di € 88.643,29.

Già una preliminare stima finanziaria fornisce una prima evidenza della convenienza dello “scenario sostenibile” non solo in termini di risparmio energetico, minori emissioni, conseguente difesa dell'ambiente, migliore *indoor quality* e più alta vivibilità, ma finanche, nel medio-lungo periodo, in termini di migliore risultato monetario. Tenendo conto che il differenziale di costo edilizio iniziale è di € 9.897,70, al sesto anno il risparmio attualizzato è pari a € 10.292,40. Quindi il maggiore costo iniziale è ripagato in tempi che appaiono adeguati e più che ragionevoli (Tabella 2).

Anni	Scenario Comune	Scenario Sostenibile	Risparmio Annuale	Coeff Attualiz	Valore Attuale Comune	Valore Attuale Sostenibile	Saldo €	Saldo Risparmio €
	€	€	€	(1+i) ⁻ⁿ	Comune	Sostenibile	€	€
I	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,9615	4.113,60	2.224,62	1.888,97	1.888,97
II	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,9245	3.955,30	2.139,02	1.816,28	3.705,25
III	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,8889	3.802,99	2.056,65	1.746,34	5.451,60
IV	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,8518	3.644,26	1.970,81	1.673,45	7.125,05
V	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,8219	3.516,34	1.901,63	1.614,71	8.739,76
VI	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,7903	3.381,15	1.828,52	1.552,63	10.292,40
VII	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,7599	3.251,09	1.758,18	1.492,91	11.785,30
VIII	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,7306	3.125,73	1.690,39	1.435,34	13.220,65
IX	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,7025	3.005,51	1.625,37	1.380,14	14.600,79
X	4.278,31	2.313,70	1.964,61	0,6755	2.890,00	1.562,90	1.327,09	15.927,88
Tot					34.685,97	18.758,09		

Tabella 2 – Attualizzazione di futuri costi di gestione energetica invernale. Rate: $i=4\%$

9. Prospettive di ricerca futura. Generalizzazione a scala di isolato, quartiere, città [Fase 11]

I risultati ottenuti possono essere approfonditi in futuro per tentare di: calcolare i kWh risparmiabili in un intero quartiere in un anno, per effetto di interventi di Conservazione Urbana Sostenibile; stimare i kg di CO₂ non emessi per diretto effetto della riduzione dei consumi di energia; stimare nei due scenari alternativi i costi di manutenzione annua e il valore residuo degli edifici alla fine del ciclo economico; derivare gli impatti dell'uso di materiali bio-ecologici sul raffrescamento estivo.

References

- 4th European Conference of Sustainable Cities & Towns (2004) *Commitments*. Aalborg, Denmark
 Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) *Fourth Assessment Report*. Washington, Usa
 Massimo D. E. (2008) Sostenibilità nella conservazione urbana e strumenti GIS. Atti della 11a Conferenza Nazionale ESRI Italia. *GIS People for People*. Roma, 21-22.05.2008. ESRI Italia, Roma. CD-Rom
 Massimo D. E., Barbalace A., Cefalà R. M. (2008) GIS, essential tool to foster sustainability in urban conservation. Proceedings of the 28th ESRI International User Conference 2008. *GIS, Geography in Action*. San Diego, California, Usa, 04-08.08.2008. ESRI Press, Redlands, California, Usa. CD-Rom
 Massimo D. E., Bianco A., Barbalace A., Castagnella A. R., Giuffrè M. R., Musolino M., Vescio M. (2008) Stima del risparmio energetico derivante da interventi di conservazione sostenibile sul patrimonio edilizio. In: Asdrubali F. (ed) *Sviluppo Sostenibile, Tutela dell'Ambiente e della Salute Umana*. Atti dell'8° Congresso Nazionale CIRIAF. Morlacchi Edizioni, Perugia: pp. 213-218
 Simonotti M. (1997) *La stima immobiliare*. Utet, Torino

UN'ESPERIENZA DI RILIEVO FOTOGRAMMETRICO BASATO SU PANORAMI SFERICI

Matteo MASTROIACO (*), Gabriele FANGI(**), Carla NARDINOCCHI (*),
Alberico SONNESSA (*)

(*) Università degli Studi di Roma, DITS carla.nardinocchi@uniroma1.it, alberico.sonnessa@uniroma1.it
(**)Università Politecnica delle Marche gfangi@univpm.it

Abstract:

Il lavoro presentato è relativo ad un rilievo fotogrammetrico basato sui panorami sferici secondo la metodologia proposta da G. Fangi (*The Multi-image spherical Panoramas as a tool for Architectural Survey*, XXI International CIPA Symposium). Il vantaggio principale nell'impiego dei panorami sferici è la notevole semplificazione del problema fotogrammetrico architettonico in quanto l'immagine panoramica sostituisce numerose prese fotogrammetriche.

La restituzione 3D della Piazza S. Rufo a Rieti è stata realizzata utilizzando cinque panorami sferici orientati per mezzo di 6 punti d'appoggio. La precisione del modello 3D è stata verificata per mezzo di 30 punti di controllo.

Abstract:

The presented work is a photogrammetric survey based on the spherical panoramas according to the methodology proposed by G. Fangi (*The Multi-image Spherical Panoramas as a tool for Architectural Survey*, XXI International CIPA Symposium). The main advantage in the employment of the spherical panoramas is the remarkable simplification of the architectonic photogrammetric problem since the panoramic image replaces many photogrammetric images. The 3D evaluation of the Public square S. Rufo in Rieti has been realized using five spherical panoramas, oriented by means of 6 control points. The accuracy of the 3D model has been verified by means of 30 check points.

1. Le immagini Panoramiche Sferiche

Un'immagine panoramica è un'immagine ottenuta da una o più foto acquisite dallo stesso punto di vista con la caratteristica di avere un campo fino a 360°. Esistono diverse tecniche per realizzare i panorami. Fra questi quella più interessante è l'impiego di camere digitali dedicate alla produzione di panorami. La procedura di realizzazione del panorama è analoga a quella delle camere analogiche con rotazione della camera in cui la pellicola si muove ad una velocità sincronizzata con quella di rotazione della macchina con la sola differenza che al posto della pellicola (film) viene utilizzato un array lineare di CCD che spazzola la scena a 360°. Esse producono direttamente l'immagine panoramica e sono sempre di elevata risoluzione (immagini costituite da giga-pixel). Quest'ultimo fattore permette di avere un elevato contenuto di informazioni utili per il rilievo.

Una alternativa più economica per produrre il panorama è quella dell'immagine stitching con cui la fusione di singole immagini acquisite dallo stesso punto di presa (Szeliski, 2004). In questo caso è possibile montare la propria camera digitale su una testa rotante che garantisce la coassialità del centro di presa con l'asse dello strumento e la stabilità di tale punto durante le varie acquisizioni. La risoluzione dipende dalla camera e dalla focale che si sta utilizzando. Le dimensioni degli attuali sensori CCD mettono comunque un limite alla risoluzione di tali immagini. Le condizioni che devono essere soddisfatte per ottenere una immagine panoramica geometricamente corretta sono le seguenti: la posizione del centro di proiezione non cambi durante le varie prese; immagini adiacenti abbiano una sufficiente sovrapposizione.

Esistono vari software per la generazione delle immagini panoramiche che producono automaticamente il panorama. Fra questi ne vengono analizzati due: Autopano della Kolor e Ptgui della New House Software che permettono un'interazione nella scelta dei punti corrispondenti in fase di allineamento. Inoltre entrambi consentono l'inserimento di vincoli tipo orizzontalità o verticalità delle linee. Infine forniscono i parametri di qualità sia globale che locale, su ogni corrispondenza trovata. PTGui modella i parametri di distorsione delle lenti, fornendo i parametri dell'orientamento interno e le costanti di distorsione radiale.

Autopano (<http://www.autopano.net/>) è un software molto veloce nella generazione dell'allineamento. Si basa su un algoritmo di ultima generazione per la ricerca delle corrispondenze fra immagini, l'algoritmo SIFT (Scale Invariant Feature Transform), che ha la caratteristica di essere invariante sia alla scala che alle rotazioni delle immagini (Lowe, 2004). PTGui (Graphical User Interface per Panorama Tools) è un software sviluppato anch'esso sotto Windows che crea panorami a 360° in modalità sia automatica che manuale (<http://www.ptgui.com/>).

2. Fotogrammetria basata sui panorami sferici

Per panorama sferico s'intende quell'immagine ottenuta come rappresentazione cartografica piana della sfera su cui sono state proiettate immagini fatte a 360° dallo stesso punto di presa con una parziale sovrapposizione. L'importanza della rappresentazione sferica è che la sfera può essere mappata sul piano cartografico tramite la rappresentazione azimutale-zenitale dalla quale si possono ricavare le direzioni angolari che si misurerebbero con un teodolite il cui centro coincidesse con il centro della sfera.

Il presente lavoro è realizzato con il software SPHERA per il rilievo architettonico con panorami sferici (Fangi, 2006; Fangi, 2007). Le osservazioni immagini dai panorami sferici sono trasformate in osservazioni angolari e trattate come se fossero realizzati con un teodolite con la differenza che mentre il teodolite è facilmente orientabile con asse principale perfettamente verticale, nel caso dei panorami sferici è impossibile rendere l'asse principale verticale. E' necessario pertanto determinare le due rotazioni ai due assi orizzontali (α_x, α_y), che nel rilievo topografico sono generalmente nulle, per poter disporre delle misure angolari corrette. Attraverso le equazioni di collinearità corrette per la mancata rettifica dell'angolo di collimazione (α_x) ed inclinazione (α_y) si determinano i 6 parametri di orientamento.

Il vantaggio di questa tecnica che si basa su immagini sferiche consiste nella grande velocità, semplicità ed economicità. I limiti della tecnica, sono comuni alla fotogrammetria monoscopica, in cui la restituzione è limitata ad alcuni punti isolati, riconoscibili nelle diverse immagini.

3. Rilievo Fotogrammetrico di Piazza San Rufo a Rieti

Nel presente articolo viene sperimentata una metodologia di rilievo fotogrammetrico basata sui panorami sferici della Piazza S.Rufo a Rieti. La formazione del panorama sferico viene effettuata con due software commerciali: Autopano della Kolor e PtGui della New House Software di cui viene effettuata un'analisi di qualità sia in termini di risoluzione grafica che di qualità degli orientamenti quest'ultima valutata per mezzo di circa 30 punti di controllo disposti attorno alla piazza. Infine è stata eseguita la restituzione dei componenti principali della piazza rispettando la risoluzione dei panorami impiegati.

La camera digitale utilizzata per il rilievo è una Canon EOS-1DS con sensore CMOS di formato (36 x 24 mm) e risoluzione di 11 Megapixel. Il pixel ha dimensione di 8,85 μm . La focale scelta è stata di 14 mm. E' stata utilizzata una testa rotante che ha permesso di effettuare scatti dallo stesso centro di presa ad intervalli angolari definiti dall'utente. Nel rilievo della piazza sono state posizionate 5 stazioni fotogrammetriche in modo da avere una ridondante copertura di ogni area della piazza (Figura 4.5), mentre il rilievo topografico con cui sono stati misurati per irraggiamento i 36 punti topografici, è stato eseguito con una sola stazione per mezzo della stazione teodolite.

E' stato successivamente adottato un sistema di riferimento (figura 4.18) con la direzione 25-21, solidale con l'asse X, che materializza il lato est della piazza. (Figura

3.1 Acquisizione dei panorami

Per eseguire i panorami si sono utilizzati i due programmi: Autopano e Ptgui ed i risultati ottenuti con i 2 software sono stati messi a confronto. Con entrambi i software sono state impostati dei vincoli di verticalità rispettando le condizioni della proiezione sferica. Entrambi inoltre hanno permesso all'operatore di modificare l'allineamento fra le immagini rimuovendo corrispondenze che presentano elevati residui o aggiungendo corrispondenze dove necessario. I programmi ricalcolano per ogni nuova corrispondenza lo scarto medio di tutte le coppie (Figura 1).

E' importante sottolineare che la larghezza del panorama è dettata dalla focale della camera con cui si sono realizzate le foto. Inoltre la sfera di proiezione deve avere un raggio dell'ordine di grandezza della focale utilizzata. Quindi all'aumentare della focale aumenta la risoluzione delle immagini e di conseguenza anche quella delle immagini panoramiche. E' stato imposto un raggio pari a 14 mm che è quello utilizzato durante il rilievo. Nel nostro caso la dimensione del pixel passa da 8,5 micron delle immagini di partenza passa ai 7,2 micron delle immagini panoramiche generate da Autopano ai 8.9 micron di quelle generate con PTGui. Si ha quindi un ricampionamento rispettivamente pari a 0.85 e circa ad 1 nel caso dei due softwares.

Le immagini panoramiche hanno una variazione di scala notevole; nel caso dei cinque panorami di Piazza S. Rufo si ha una variazione da circa 1/2000-1/2500 a circa 1/500 che si traduce in una risoluzione pixel medio di circa 15 mm per AutoPano e 20mm per PTGui. La risoluzione minima arriva in entrambi i casi a pochi millimetri (3-4 mm per AutoPano e 4-5 mm per PtGui)

Sono stati riassunti i residui massimi, minimi e medi ottenuti nei 10 panorami dopo un operazione di editing dell'allineamento (Tabella 1).

Panorami	Residui					
	AutoPano			PTGui		
	Min (pixel)	Medio (pixel)	Max (pixel)	Min (pixel)	Medio (pixel)	Max (pixel)
1	0.18	4.35	7.5	0,16	4,10	11,43
2	0.18	3.03	6.78	0,18	3,96	12,13
3	0.16	3.18	7.44	0,22	3,94	13,34
4	0.15	2.92	9.98	0,13	3,40	8,82
5	0.10	2.82	4.92	0,39	3,46	10,48

Tabella 1 - Valori riassuntivi degli allineamenti realizzati con Autopano e PTGui.

Nella formazione dei panorami sono stati riscontrati degli errori grafici locali. Queste imprecisioni sono causate dal cattivo allineamento fra immagini. Tali errori sono abbastanza evidenti ma riguardano aree molto ristrette situate prevalentemente nella parte alta del panorama dove è meno vincolata la sovrapposizione delle immagini.



Figura 1. Uno dei 10 panorami utilizzati nel presente lavoro

3.2 Orientamento dei Panorami

L'orientamento dei panorami eseguiti con i software AutoPano e PTGui è stato realizzato utilizzando esclusivamente punti d'appoggio oppure punti d'appoggio e di legame, con una compensazione di blocco del tutto analoga a una compensazione a fasci proiettivi. In particolare sono stati utilizzati 6 punti d'appoggio distribuiti a giro d'orizzonte lungo la piazza. Gli orientamenti sono confrontati in termini di sqm delle 6 incognite di ogni panorama e di residui sui 30 punti di controllo.

Nella tabella 2 sono riportati i risultati dell'orientamento dei panorami di Autopano, mentre la tabella 3 è relativa ai panorami di Ptgui così come escono dal file di orientamento prodotto dal programma di compensazione a minimi quadrati dei panorami sferici. Si hanno al massimo differenze di 2-3 centimetri sulle coordinate dei centri di stazione. La grande differenza dell'angolo di orientamento κ dipende dalla direzione di partenza del panorama sferico (riferimento alle due figure con le foto dei panorami), mentre si rilevano differenze più significative (fino a 1gon) nei valori degli angoli di orientamento di collimazione ed inclinazione. Le tabelle successive riassumono gli sqm dei parametri incogniti per i 5 panorami (Tabella 4 e Tabella 5).

STAZIONE	X (m)	Y (m)	Z (m)	κ (gon)	α_x (gon)	α_y (gon)
1	102.724	107.834	9.626	70.4471	-0.4771	0.5734
2	102.350	117.019	9.361	349.5328	0.3503	0.3702
3	111.465	119.502	9.294	172.6529	0.3457	-0.0991
4	120.399	104.762	9.821	219.7846	1.0955	-0.6175
5	112.903	108.764	9.648	242.6945	0.3372	0.0432

Tabella 2 – Risultato orientamenti dei panorami seguiti con Autopano.

STAZIONE	X (m)	Y (m)	Z (m)	κ (gon)	α_x (gon)	α_y (gon)
1	102.737	107.844	9.628	323.0501	-0.4465	0.1677
2	102.324	117.026	9.382	328.6615	-0.7502	-0.5498
3	111.484	119.489	9.335	237.2924	-0.6609	-0.2186
4	120.399	104.768	9.872	195.9992	0.0406	-0.5875
5	112.912	108.755	9.670	168.0069	0.7582	-0.4078

Tabella 3 - Risultato orientamenti dei panorami eseguiti con Ptgui.

Panorama	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_z (mm)	σ_κ (gon)	σ_{α_x} (gon)	σ_{α_y} (gon)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_z (mm)	σ_κ (gon)	σ_{α_x} (gon)	σ_{α_y} (gon)
1	± 2.0	± 0.8	± 4.0	± 13.4	± 10.1	± 10.1	± 2.0	± 1.2	± 2.0	± 13.5	± 10.1	± 10.1
2	± 0.7	± 0.6	± 0.9	± 17.5	± 15.0	± 15.0	± 2.0	± 0.9	± 4.0	± 17.6	± 15.1	± 15.1
3	± 1.0	± 1.2	± 2.0	± 15.5	± 13.4	± 13.4	± 0.7	± 0.6	± 0.9	± 15.6	± 14.9	± 14.9
4	± 2.0	± 41.4	± 49.9	± 17.7	± 11.9	± 11.9	± 1.0	± 41.6	± 50.1	± 17.8	± 13.5	± 13.5
5	± 11.7	± 44.5	± 11.9	± 15.0	± 14.8	± 14.8	± 11.8	± 45.8	± 12.4	± 15.1	± 11.9	± 11.9

Tabella 4 – S.q.m. dei panorami eseguiti con Autopano e PTGui

Una ulteriore verifica della qualità dell'orientamento e del panorama realizzato viene effettuata restituendo le coordinate dei 30 punti di controllo non utilizzati e confrontando le coordinate così ottenute con quelle ricavate topograficamente. La tabella 5 contiene i residui delle 30 coordinate per i panorami realizzati con AutoPano e PTGui. Residui alti si sono avuti in corrispondenza dei punti alti del panorama che risentano dei problemi dell'allineamento. E' possibile anche che il punto responsabile dell'elevato residuo sia affetto da errore grossolano in quanto il rilievo topografico è

stato effettuato per irraggiamento e quindi è isodeterminato. In più l'intersezione effettuata dai panorami è molto sensibile alla configurazione geometrica debole. Bisogna evitare che l'angolo compreso fra le rette intersecanti sia inferiore a un valore limite (per esempio 20°). Tale problema è in comune ad entrambi i software. PtGui mostra una qualità leggermente superiore rispetto ad AutoPano.

	Differenze su 30 Punti di controllo								
	AutoPano			PTGui			PTGui (con Pt. Legame)		
	X (m)	Y(m)	Z(m)	X (m)	Y(m)	Z(m)	X (m)	Y(m)	Z(m)
Minimo	0.003	0.008	0.001	0.002	-0.002	0.001	-0,001	0,001	0,000
Medio	-0.021	0.011	0.036	-0.014	0.015	0.043	0,008	0,001	0,038
Massimo	-0.438	-0.230	0.432	-0.202	0.154	0.444	-0,138	-0,158	0,489

Tabella 5 - Residui delle 30 coordinate dei panorami realizzati con AutoPano e PTGui rispetto al rilievo topografico.

All'orientamento realizzato con PTGui sono stati aggiunti circa 70 punti di legami presenti in tutte e cinque i panorami. La ridondanza della compensazione passa da 30 (orientamento con 6 punti d'appoggio) a 420.

Le seguenti tabelle (Tabella 6 e Tabella 7) riassumono i parametri di orientamento e relativi sqm dei 5 panorami di quest'ultimo orientamento realizzato con punti di appoggio e di legame. Il risultato del calcolo dei residui sui punti d'appoggio è stato riassunto in Tabella 5 nelle ultime tre colonne.

STAZIONE	X (m)	Y (m)	Z (m)	κ (gon)	α_x (gon)	α_y (gon)
1	102,799	107,784	9,632	322,8531	-0,5613	0,1199
2	102,388	117,046	9,363	328,7849	-0,6972	-0,7166
3	111,564	119,505	3,379	237,3517	-0,4781	-0,4655
4	120,395	104,763	9,858	195,9971	-0,1323	-0,4591
5	112,910	108,737	9,678	167,9527	0,7633	-0,3911

Tabella 6 - Parametri di orientamento.

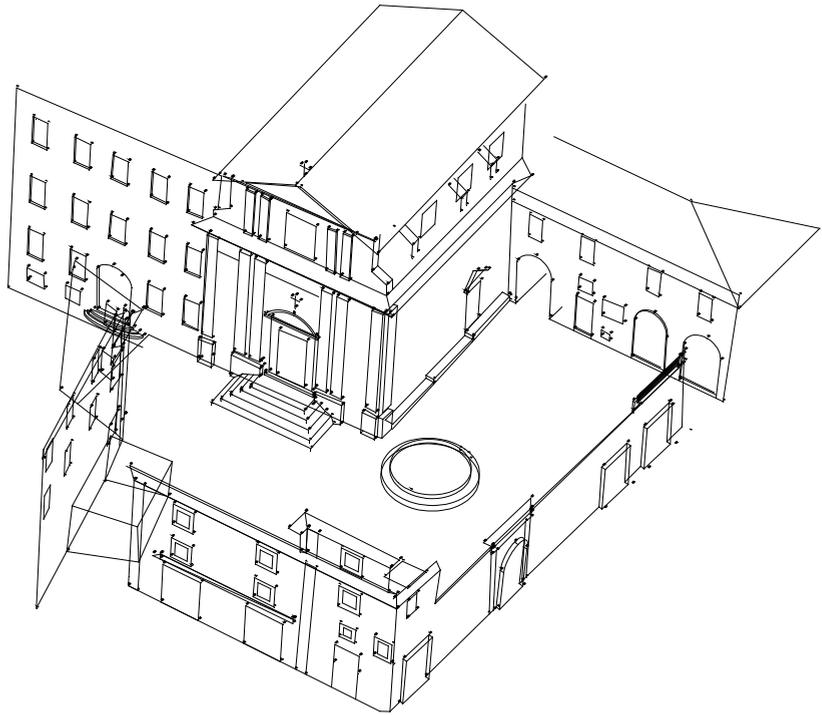
STAZIONE	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_z (mm)	σ_κ (cc)	σ_{α_x} (cc)	σ_{α_y} (cc)
1	± 0,45	± 0,28	± 0,42	± 41,3	± 39,0	± 39,0
2	± 0,45	± 0,30	± 0,68	± 39,2	± 38,2	± 38,2
3	± 0,34	± 0,23	± 0,34	± 32,2	± 30,1	± 30,1
4	± 0,31	± 4,33	± 4,93	± 28,6	± 25,6	± 25,6
5	± 2,84	± 5,94	± 2,43	± 33,0	± 27,4	± 27,4

Tabella 7 - sqm dei parametri di orientamento

4 Restituzione del modello 3D

In Figura 2 è mostrata la restituzione della piazza. La restituzione ha avuto come limite la risoluzione delle immagini di partenza di 8,5 micron in quanto con una camera di focale maggiore si sarebbe aumentata la risoluzione delle immagini e di conseguenza anche delle immagini panoramiche a vantaggio della restituzione di ogni minimo particolare.

Un altro problema è legato alla ridotta qualità dei panorami e quindi riguardante la fase di formazione dei mosaici. La precisione di restituzione è limitata dalla non perfetta realizzazione dei fotomosaici sferici. La tecnica si presta bene per rilievi a breve distanza, quando la tessitura dell'immagine è tale da consentire una buona realizzazione del panorama.



5. Conclusioni

La restituzione ha avuto come limite la risoluzione delle immagini di partenza di 8,5 micron in quanto con una camera di focale maggiore si sarebbe aumentata la risoluzione delle immagini e di conseguenza anche delle immagini panoramiche a vantaggio della restituzione di ogni minimo particolare. La precisione di restituzione è limitata dalla non perfetta realizzazione dei fotomosaici sferici. La tecnica si presta bene per rilievi a breve distanza, quando la tessitura dell'immagine è tale da consentire una buona realizzazione del panorama.

Bibliografia

- Lowe, D. (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, 60(2):91–110, November 2004.
- Fangi, G. (2006) - *Investigation On The Suitability Of The Spherical Panoramas By Realviz Stitcher For Metric Purposes*, ISPRS Archive vol. XXXVI Part 5, Dresden 25-27 september 2006
- Fangi, G. (2007) – *The Multi-image spherical Panoramas as a tool for Architectural Survey- XXI International CIPA Symposium, Atene, ISPRS International Archive – vol XXXVI-5/C53 – ISSN 1682-1750 – CIPA Archives vol. XXI-2007 ISSN 0256-1840 - pg.311-316*

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

<http://www.autopano.net/>

Szeliski, R., 2004. Image alignment and stitching: A tutorial. Technical Report MSR-TR-2004-92, Microsoft Research, December 2004.

RETE NAZIONALE GNSS SMARTNET ITALPOS

Ing. Francesco MATTEUZZI (*), Dott. Marco MOZZON (**)

(* Leica Geosystems S.p.A Via delle Bartoline 41, Calenzano (Fi), 0558869555,
francesco.matteuzzi@leica-geosystems.it

(**) Leica Geosystems S.p.A. Via Codognino 12, Corneigliano Laudese (Lo), 037169731,
marco.mozzon@leica-geosystems.it

Riassunto

L'obiettivo della rete di stazioni permanenti Leica SmartNet ItalPoS è di distribuire dati GNSS, sotto forma di correzioni in tempo reale (RTK in formato RTCM 2.x e 3.x) e file per la post elaborazione in formato RINEX; oltre a fornire numerosi servizi a valore aggiunto. Il progetto Leica SmartNet ItalPoS è sviluppato grazie alla collaborazione di università, enti pubblici e imprese private, che hanno collaborato alla realizzazione e alla divulgazione della rete. La struttura di Leica SmartNet ItalPoS è costituita da numerose stazioni di riferimento GNSS di elevata qualità, alcune delle quali fanno parte della rete R.I.N.G. dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. L'elevata qualità dei dati distribuiti dalla rete Leica SmartNet ItalPoS è validata da G3 "Gruppo di Geodesia e Geomatica", Associazione scientifica fra: Politecnico di Milano, Politecnico di Torino e Sapienza Università di Roma, che esegue il monitoraggio delle stazioni permanenti costituenti la rete, analizzandone i dati al fine di garantirne la qualità e di mantenere il sistema di riferimento sulla cui base vengono generati i prodotti per il posizionamento in tempo reale. Inoltre G3 esegue la validazione sull'ottimalità delle procedure di erogazione dei prodotti destinati al posizionamento in tempo reale. Tramite Leica SmartNet ItalPoS, con un solo ricevitore (Rover) e con una semplice connessione, di tipo GSM o GPRS (Internet) l'utente può accedere ai servizi erogati e ridurre tempi e costi del proprio lavoro.

Abstract

The aim of this reference stations network is to distribute GNSS data, like real time corrections (RTK in RTCM 2 and 3 format) and file for post processing in RINEX format, beside to provide more value added services. The project Leica SmartNet is a collaboration of universities, public authorities and private companies. The infrastructure of Leica SmartNet ItalPoS is made by a great number of high quality GNSS reference stations, some of them are of the R.I.N.G. network of the National Institute of Geophysics and Vulcanology. The high quality of the data provided by Leica SmartNet ItalPoS is guaranteed by G3 "Geodetics and Geomatics Group", scientific association between: Politechnic of Milan, Politechnic of Turin, and Sapienza University of Rome, that execute the monitoring of the reference stations of the network, analyzing the data to guarantee the quality and to keep the reference systems whereon is based the real time products generation. Besides G3 execute the validation of the procedures of real time products distribution. Using Leica SmartNet ItalPoS, with one receiver (Rover) and a simple GSM on GPRS (internet) connection, a user have access to the services to reduce time and costs of his/her own work.

La Struttura della rete e il suo sviluppo

Leica SmartNet ItalPoS è nata per soddisfare la crescente domanda da parte del mercato, di correzioni GNSS *real-time* e servizi correlati, rappresentando attualmente la prima e più estesa rete a copertura nazionale.

La struttura attualmente utilizzata è il risultato di una evoluzione che ha interessato tutte le principali componenti quali la connettività, le stazioni di riferimento e l'infrastruttura.

Il processo evolutivo che il progetto ha subito ha permesso di evidenziare quelli che sono stati i "punti deboli" e di attuare le necessarie azioni correttive.

La denominazione "rete gps o GNSS" spesso utilizzata per definire il progetto ben identifica con la parola rete, la vera natura del progetto stesso, più vicina ad una soluzione di *networking* che alle tradizionali soluzioni legate al mondo GPS alle quali siamo abituati, per definizione degli obiettivi e gestione delle problematiche.

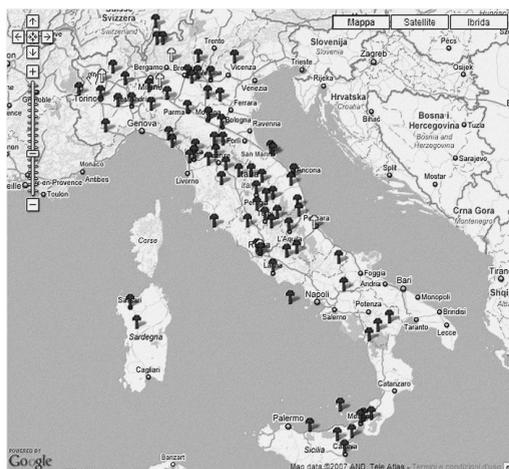


Figura 1 - ItalPoS 2007



Figura 2 - ItalPoS 2008

Il progetto ha previsto nella sua fase iniziale l'utilizzo di stazioni di riferimento presenti sul territorio e solo successivamente è stata introdotta una campagna di raffittimento tuttora in essere. Questa strategia ha permesso un rapido sviluppo della rete a svantaggio, nelle sue fasi iniziali, di una uniformità nella tipologia delle stazioni di riferimento e loro distribuzione sul territorio.

Tale situazione apparentemente svantaggiosa ha permesso di valutare le potenzialità del software Leica GNSS Spider in condizioni non standard, ottenendo ottimi e inaspettati risultati in condizioni estreme, consentendo di operare con scarsa densità di stazioni di riferimento e interdistanza oltre i limiti progettuali.

La struttura della rete attualmente in essere, e continuamente in evoluzione, è rappresentata quindi da una varietà di soluzioni hardware e di connettività. Alcune stazioni di riferimento facenti parte della rete SmartNet ItalPoS fanno parte della rete R.I.N.G. (Rete Integrata Nazionale GPS) costituita da sensori gnss, sismometri e accelerometri collegati in tempo reale a tre centri di acquisizione dati. La R.I.N.G., meglio descritta al sito <http://ring.gm.ingv.it> è composta da oltre 100 ricevitori GNSS geodetici.

Le stazioni permanenti GNSS

L'installazione e l'inserimento di una nuova stazione di riferimento GNSS all'interno della rete Leica SmartNet ItalPoS, viene eseguita seguendo un rigido protocollo che prevede una fase

preliminare di verifica di fattibilità dal punto di vista dell'accessibilità al tetto, dell'assenza di ostacoli e della presenza della connettività.

A seguito di tale sopralluogo da eseguirsi da parte di personale qualificato o tramite la valutazione di materiale fotografico e planimetrie dell'edificio, viene eseguito il test sulla linea di connettività con il centro di controllo per quello che riguarda la configurabilità delle componenti la struttura di rete ospitante, il tutto tramite una procedura standardizzata. Qualora la realizzazione di una nuova stazione di riferimento preveda anche la realizzazione della connettività verso il centro di controllo, vengono utilizzati *provider* con caratteristiche di qualità riconosciuta e componenti hardware standardizzate al fine di mantenere un livello qualitativo e tecnologico elevato.



Figura 2 - Esempio stazione di riferimento ItalPoS

Successivamente al completamento della fase sopra descritta viene eseguito un test di compatibilità elettromagnetica sulle misure gps, registrando almeno 24h di dati e successiva analisi con software dedicati, al termine della quale viene definita la fattibilità dell'installazione. Quest'ultima fase viene eseguita posizionando l'antenna il più vicino possibile alla collocazione definitiva.

Per la parte di monumentazione viene utilizzata mano d'opera altamente specializzata nella realizzazione e installazione di questo tipo di manufatti e di tutte le componenti la stazione di riferimento, dall'antenna al cavo all'alloggiamento del sensore.

Una volta terminate queste fasi viene connessa la stazione al server e monitorato lo stato della connessione in termini di tempi di latenza e stabilità della connessione stessa nel tempo. Contemporaneamente vengono calcolate le coordinate, che una volta determinate, portano alla fase di inserimento della stazione nel software e di configurazione dei parametri identificativi della stazione stessa, caricate le foto ove presenti e resa quindi disponibile per l'accesso ai dati RINEX e per le correzioni in real-time.

L'infrastruttura informatica

Il progetto prevede un alto grado di affidabilità e sicurezza dei dati, per questo motivo tutta l'infrastruttura informatica è ospitata presso una webfarm. Tale soluzione è stata identificata come la migliore per soddisfare le esigenze progettuali, ed è originata da un lungo percorso evolutivo che ha permesso di identificare e risolvere alcune problematiche che impedivano il corretto funzionamento e sviluppo del progetto stesso.

La struttura utilizzata è al momento in Italia una tra le più sicure e performanti ed è dotata delle migliori soluzioni di *backup – security* disponibili.

Le caratteristiche principali, sono le seguenti:

Connessione alla Big Internet tramite connessioni multiple con diversi fornitori, utilizzando le migliori tecnologie disponibili. Connessioni con differenti punti di ingresso nell'edificio ed un percorso geografico diverso rispetto alle altre.

Stazione di trasformazione proprietaria da 5 Megawatt connessa ad Enel tramite linee ad alta tensione, connessa al Power Center interno dove sono presenti 4 UPS da 500Kva in parallelo ridondato, due generatori diesel con tempo di intervento di 60 secondi.

Sala server presidiata 24h su 24h, 365 giorni l'anno.

Server Dedicati, ospitati in appositi armadi. La connettività Internet è assicurata da una LAN dedicata ed interamente indipendente, i server sono monitorati costantemente e vengono segnalate anomalie entro 15 minuti 24h su 24h, 365 giorni l'anno.

Dati distribuiti all'utenza

La rete Leica SmartNet ItalPoS è progettata per distribuire all'utenza correzioni real-time GNSS di singola stazione, correzioni GNSS di area e file grezzi in formato RINEX. Tramite una semplice interfaccia web accessibile dal portale www.italpos.it, è inoltre disponibile il servizio di processamento automatico di baseline statiche, di generazione di Smart RINEX (rinex virtuali) e strumenti di analisi dati. L'utente, facendo accesso al sito www.italpos.it tramite una semplice procedura guidata, può selezionare la stazione di riferimento tra quelle disponibili, sia da una lista che da una mappa interattiva e l'intervallo di tempo per il quale desidera i RINEX, e ottenere quindi la disponibilità dei dati richiesti.

Quanto descritto è realizzato dal software Leica GNSS Spider e Leica Spider Web.

Le correzioni real-time vengono rese disponibili tramite connessione TCP/IP – NTRIP e modem GSM al fine di mantenere la massima compatibilità con gli standard internazionali al momento in vigore e consentire la necessaria espandibilità per quelli futuri.

Il formato dati utilizzato è lo standard RTCM 2.x e RTCM 3.x MAC. L'utilizzo di tali formati per la trasmissione delle correzioni *real-time* all'utenza è stato uno dei punti di progetto della rete Leica SmartNet ItalPoS con il fine di dover garantire all'utenza una piattaforma compatibile e svincolata dalla tipologia e marca dei sensori utilizzati in campagna.

I servizi distribuiti dalla rete Leica SmartNet ItalPoS sono completati da un'assistenza telefonica, dedicata al supporto tecnico degli utenti in campagna, che ha il compito di effettuare una prima diagnosi del problema riscontrato sul campo dall'utente e svolgere opportune azioni per trovare la soluzione. L'assistenza telefonica garantisce una pronta risposta alle necessità dell'utente in campo, in termini di controllo della configurazione dello strumento e di verifica dello stato di funzionalità della rete. Attualmente circa 800 utenti si affidano alla rete ItalPoS per effettuare rilievi topografici.

Il partner scientifico

L'associazione G3 "Gruppo di Geodesia e Geomatica", Associazione scientifica fra: Politecnico di Milano, Politecnico di Torino e Sapienza Università di Roma valida le coordinate emesse dalla rete SmartNet ItalPoS sia per la fase di inserimento di una o più nuove stazioni di riferimento, sia per l'inquadramento generale della rete. Il monitoraggio della rete viene effettuato periodicamente da G3 utilizzando il sistema di riferimento IGS05, tale monitoraggio permette di validare le stazioni permanenti, di osservare eventuali spostamenti significativi delle antenne o della monumentazione impedendo la distribuzione di dati errati all'utenza.

G3 esegue inoltre delle procedure atte al calcolo delle coordinate della rete ItalPoS nel sistema di riferimento IGM95, attualmente utilizzato per generare le correzioni in tempo reale di tutta la rete.

METODI DI RIVELAZIONE DI MATERIALI IN IMMAGINI IPERSPETTRALI RELATIVE A SCENARI COMPLESSI

Stefania MATTEOLI, Marco DIANI, Giovanni CORSINI

(*) Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Pisa, Via Caruso 16, Pisa
Tel. +39 050 2217579 - Fax. +39 050 2217522
{stefania.matteoli, m.diani, g.corsini}@iet.unipi.it

Sommario

Questo lavoro analizza il problema dell'applicazione di metodi di *Matching Spettrale* ad immagini iperspettrali telerilevate relative a scenari complessi, caratterizzati da sfondo vario e fortemente disomogeneo. In tali situazioni, l'applicazione di metodi statistici, quali ad esempio l'*Adaptive Matched Filter* (AMF) e il *Fully Adaptive Detector* (FAD), tipicamente applicati utilizzando un Modello Gaussiano Locale (MGL), subisce una significativa degradazione delle prestazioni, dovuta all'inadeguatezza del MGL a modellare sfondi disomogenei, e all'effetto di contaminazione dovuto alla presenza di oggetti da rivelare molto vicini tra loro. Per operare in tali scenari, si ritiene più robusta la metodologia *Cluster Based* (CB), basata su una segmentazione dell'immagine e rivelazione effettuata entro ciascun *cluster*. Viene analizzata anche l'applicazione linea a linea dell'algoritmo deterministico *Constrained Energy Minimization* (CEM). In particolare, si intende valutare l'impatto sulle prestazioni della dimensione dei blocchi per il calcolo della matrice di correlazione. I metodi citati sono stati applicati ad un dato iperspettrale caratterizzato da forte disomogeneità, anche locale. Si è riscontrato che l'approccio CB non risente della degradazione delle prestazioni che invece affligge l'impiego del MGL. Per quanto riguarda il CEM, in tale scenario le migliori prestazioni sono ottenute stimando la matrice di correlazione su singola linea, o su blocchi di dimensione ridotta.

Abstract

This work presents an experimental analysis of *Spectral Matching* (SM) methods performed on a remotely sensed hyperspectral image of a very complex scenario, characterised by a strong local non-homogeneity in the background. In such a situation, the typical local applications of SM methods, such as the *Adaptive Matched Filter* (AMF) and the *Fully Adaptive Detector* (FAD), which relies upon a *Local Normal Model* (LNM), yields poor performance, due to the inadequateness of the LNM to represent local non-homogeneity. Moreover, the local application is also affected by contamination due to the presence of multiple objects to be detected in close proximity. In such scenarios, the *Cluster Based* (CB) methods seem to be more suitable, since they perform a cluster-conditioned detection, after having segmented the image. This allows us to avoid both the problems of local non-homogeneity and object contamination. The deterministic *Constrained Energy Minimisation* (CEM) algorithm is analysed as well. In its classical line by line implementation, the effect on the performance due to blocks size for correlation matrix estimation is investigated. Experimental results confirm the strength of CB approach to local non-homogeneity, compared to the performance degradation undergone by the LNM employment. As regards the CEM, a small blocks size, like a single line, provides the best performance.

Introduzione

L'elaborazione di immagini telerilevate permette di ottenere informazioni relative al territorio e all'ambiente, e trova dunque largo impiego in numerose applicazioni, quali, ad esempio, il monitoraggio del rischio ambientale, la rivelazione di materiali potenzialmente pericolosi e l'analisi della qualità delle acque superficiali. In particolare, negli ultimi anni, le ricadute applicative sono

divenute sempre più numerose, grazie allo sviluppo di sensori di ultima generazione, i *Sensori Iperspettrali* (SI). Tali sensori misurano il segnale ricevuto dalla scena osservata in centinaia di canali spettrali contigui, con una risoluzione spettrale elevatissima, anche dell'ordine del nanometro. Ciò conferisce all'analisi delle immagini da essi acquisite una potenziale estrema capacità di discriminare i differenti materiali presenti nella scena, sulla base della loro *firma spettrale* (FS), che caratterizza in modo univoco un dato materiale. In particolare, riferendosi alla porzione "riflettiva" dello spettro elettromagnetico (0.4-2.5 μm), per FS si intende la *Riflettanza Spettrale* (RS). L'enorme potenzialità del telerilevamento iperspettrale ha contribuito allo sviluppo della ricerca nell'ambito della rivelazione di materiali ed oggetti all'interno di una scena osservata, sulla base, appunto, di proprietà spettrali, piuttosto che spaziali. Ci riferiamo alle cosiddette tecniche di *Matching Spettrale* (MS), che si basano sulla conoscenza della FS del materiale di interesse per ricercare, entro l'immagine, quei *pixel* che presentano un elevato grado di correlazione con tale FS (Manolakis D., 2002, Manolakis D., 2005).

Poiché nelle applicazioni di MS tipicamente si ricercano oggetti *rari* (costituenti una minima frazione dello sfondo in cui sono immersi, come ad esempio un tetto di amianto in una vasta zona rurale), da un punto di vista statistico il problema è stato formulato in letteratura come un *test* ad ipotesi binaria, risolvibile come *Test a Rapporto di Verosimiglianza Generalizzato* (TRVG) (Kay S. M., 1998). I fattori chiave che permettono di classificare i vari algoritmi di MS sono essenzialmente il tipo di modello utilizzato per caratterizzare la variabilità spettrale (dello sfondo e dell'oggetto ricercato), la composizione del *pixel* in esame (detto *full-pixel* se puro, e *sub-pixel* se misto), ed il modello impiegato per descrivere i *pixel* misti (Manolakis D., 2002, Manolakis D., 2005). Poiché un esame esaustivo dei vari algoritmi esula dagli scopi di questo lavoro, in tale sede considereremo l'Adaptive Matched Filter (AMF) (Robey F.C. et al., 1992) ed il Fully Adaptive Detector (FAD) (Acito N. et al., 2005).

Nonostante l'approccio a TRVG sia il contesto naturale per la derivazione di algoritmi di MS, per completezza occorre precisare che alcuni algoritmi possono essere derivati seguendo un approccio di ottimizzazione (Manolakis D., 2002). Questo è, per esempio, il caso del *Constrained Energy Minimization* (CEM) (Chang C-I. et al., 2001).

L'obiettivo di questo lavoro è valutare l'impatto che uno scenario complesso fortemente disomogeneo ha sulle prestazioni di tali algoritmi, e quali siano le modalità più adatte di applicazione di tali metodi in situazioni di questo tipo.

Il presente lavoro è articolato come segue: verranno presentati brevemente gli algoritmi considerati, successivamente sarà esposta la problematica derivante dal loro impiego in scenari complessi e fortemente disomogenei, e verrà proposta una metodologia per la loro applicazione; di seguito, dopo una breve descrizione del dato iperspettrale utilizzato, verranno discussi i risultati sperimentali e le conclusioni.

Metodi di *Matching Spettrale* considerati

L'AMF è un algoritmo di rivelazione di oggetti *sub-pixel* che si basa su un modello dello sfondo di tipo non strutturato (Manolakis D., 2002, Manolakis D., 2005).

Di seguito si riportano le due ipotesi e la formula del rivelatore, rimandando per ulteriori dettagli alla letteratura (Robey F.C. et al., 1992, Manolakis D., 2002, Manolakis D., 2005):

$$\begin{cases} \underline{X} | H_0 \in N(\underline{\eta}, \underline{C}) \\ \underline{X} | H_1 \in N(\underline{a} \cdot \underline{s} + \underline{\eta}, \underline{C}) \end{cases} \Rightarrow \text{AMF}(\underline{x}) = \frac{\left[(\underline{s} - \hat{\underline{\eta}})^t \cdot \hat{\underline{C}}^{-1} \cdot (\underline{x} - \hat{\underline{\eta}}) \right]^2}{(\underline{s} - \hat{\underline{\eta}})^t \cdot \hat{\underline{C}}^{-1} \cdot (\underline{s} - \hat{\underline{\eta}})} \underset{H_0}{>} \underset{H_0}{<} \lambda \quad [1]$$

In [1], $\underline{x} = [x_1, x_2, \dots, x_L]^T$ rappresenta il vettore aleatorio multidimensionale usato per modellare il *pixel* in esame, relativo ad un'immagine iperspettrale ad L bande; la sua realizzazione è indicata con $\underline{x} = [x_1, x_2, \dots, x_L]^T$. La FS dell'oggetto ricercato è indicata con $\underline{s} = [s_1, s_2, \dots, s_L]^T$. Con \underline{C} e $\underline{\eta}$ si indicano la matrice di covarianza e il vettore medio dello sfondo e con $\hat{\underline{C}}$ e $\hat{\underline{\eta}}$ le rispettive stime a massima verosimiglianza, delle quali si discuterà in maggior dettaglio nella sezione successiva.

Il FAD è stato derivato invece nel caso *full-pixel* utilizzando un modello a sostituzione dello sfondo per le due ipotesi (Acito N. et al., 2005). Se ne riportano ipotesi e formula, secondo la medesima notazione:

$$\left\{ \begin{array}{l} \underline{X} | H_0 \in N(\underline{\eta}, \underline{C}) \\ \underline{X} | H_1 \in N(\underline{s}, \underline{C}) \end{array} \right\} \Rightarrow \text{FAD}(\underline{x}) = \frac{(\underline{s} - \underline{\hat{\eta}})^t \cdot \underline{\hat{C}}^{-1} \cdot (\underline{x} - \underline{\hat{\eta}}) > \lambda}{\sqrt{(\underline{s} - \underline{\hat{\eta}})^t \cdot \underline{\hat{C}}^{-1} \cdot (\underline{s} - \underline{\hat{\eta}})}} \lambda \quad [2]$$

Per quanto riguarda il CEM, questo è stato ottenuto realizzando il filtro *Finite Impulse Response* (FIR) \underline{h} che minimizza l'energia in uscita al filtro stesso, con il vincolo di ottenere una risposta unitaria alla FS di interesse (Chang C-I. et al., 2001). La derivazione del CEM è sintetizzata di seguito:

$$\left\{ \begin{array}{l} \min_{\underline{h}} \{ \underline{h}^t \cdot \underline{\hat{R}}_{\underline{x}} \cdot \underline{h} \} \\ \underline{h}^t \cdot \underline{s} = 1 \end{array} \right\} \Rightarrow \text{CEM}(\underline{x}) = \frac{\underline{s}^t \cdot \underline{\hat{R}}_{\underline{x}}^{-1} \cdot \underline{x} > \lambda}{\underline{s}^t \cdot \underline{\hat{R}}_{\underline{x}}^{-1} \cdot \underline{s} < \lambda} \lambda \quad [3]$$

dove con $\underline{\hat{R}}_{\underline{x}}$ si è indicata la matrice di correlazione di \underline{X} stimata a massima verosimiglianza.

Problematica e metodologia

Da un punto di vista pratico, per realizzare gli algoritmi enunciati nella sezione precedente, occorre determinare le stime a massima verosimiglianza del vettore medio $\underline{\hat{\eta}}$ e della matrice di covarianza $\underline{\hat{C}}$ dello sfondo, e della matrice di correlazione $\underline{\hat{R}}_{\underline{x}}$, utilizzando parte dei *pixel* dell'immagine. Per quanto riguarda $\underline{\hat{\eta}}$ e $\underline{\hat{C}}$, il loro calcolo differisce a seconda di come si intende modellare lo sfondo. Uno degli approcci più diffusi è quello di assumere un *Modello Gaussiano Locale* (MGL), ampiamente utilizzato per la sua trattabilità matematica. Tale assunzione può essere ragionevolmente intrapresa nell'ambito di un modello *non stazionario*: l'immagine iperspettrale può essere cioè modellata come un processo Gaussiano non stazionario con un vettore medio rapidamente variabile spazialmente ed una matrice di covarianza meno rapidamente variabile (Hunt B. R., Cannon T. M., 1976). Ciò significa che $\underline{\hat{\eta}}$ e $\underline{\hat{C}}$ possono essere stimati ragionevolmente mediante l'impiego di una finestra mobile (Margalit A. et al., 1985, Chen J. Y., Reed I. S., 1987) che scorre lungo l'immagine. Da un punto di vista pratico, per evitare stime polarizzate a causa della possibile presenza dell'oggetto di interesse nei *pixel* intorno a quello in esame, occorre utilizzare una finestra di guardia (Acito N. et al., 2005) che escluda tali *pixel*. Inoltre, la dimensione della finestra per la stima di $\underline{\hat{C}}$ deve essere adeguatamente ampia per consentire una stima accurata di $\underline{\hat{C}}$ (almeno $10 \cdot L$, (Richards J. A., Jia X., 1993)), ma adeguatamente ridotta per catturare sfondo di tipo omogeneo.

Tuttavia, il MGL non riesce a modellare adeguatamente lo sfondo in presenza di scenari complessi, nei quali si ha disomogeneità locale causata dalla presenza di vari oggetti/materiali nell'immediata vicinanza del *pixel* in esame. Inoltre, in certi scenari, è possibile che gli oggetti di interesse si trovino molto vicini l'uno all'altro, determinando una "contaminazione" nelle stime anche utilizzando la finestra di guardia. In tali casi, per evitare una significativa degradazione delle prestazioni del rivelatore impiegato, occorre adottare un modello più adeguato per la rappresentazione dello sfondo, che non sia affetto dalla disomogeneità locale intrinseca all'immagine analizzata. Il *Modello a Mistura di Gaussiane* (MMG) modella lo sfondo come costituito da più classi spettralmente omogenee, per ciascuna delle quali può essere assunta la gaussianità (condizionatamente alla classe). L'approccio tipico in questo caso è quello cosiddetto *Cluster Based* (CB), comunemente adottato per la rivelazione di anomalie spettrali (Ashton E. A., 1998, Carlotto M. J., 2005), nel quale l'immagine viene segmentata tramite l'impiego di un classificatore non supervisionato, come ad esempio lo *Stochastic Expectation Maximization* (SEM), e la rivelazione viene eseguita condizionatamente al *cluster* di appartenenza del *pixel* in esame.

Ovviamente occorre che i *cluster* formati consistano di un numero di campioni sufficiente per stimare le statistiche sul *cluster* ed invertire \hat{C} . Inoltre, non si deve sovrastimare il numero di *cluster*, in modo da evitare che gli oggetti da rivelare formino *cluster* a sé stanti. Ci si aspetta che l'approccio CB riesca ad evitare la degradazione delle prestazioni subita impiegando il MGL nel caso di scenari complessi con disomogeneità a livello locale.

Per quanto riguarda il CEM, ci si attiene alla formulazione classica (Chang C-I. et al., 2001), con implementazione in tempo reale elaborando l'immagine linea a linea. Relativamente alla stima di \hat{R}_x , questa viene aggiornata linea dopo linea. In particolare, tale stima può essere effettuata *ex-novo* per ogni linea acquisita, non tenendo memoria delle stime effettuate alle linee precedenti, oppure può essere determinata aggiornando la stima calcolata alle linee precedenti. Si può poi introdurre un cosiddetto *forgetting-factor*, che permette di non tenere in memoria le stime effettuate in corrispondenza di linee ormai lontane. Variando tale fattore, si varia di fatto la dimensione del blocco di linee che si utilizza per la stima di \hat{R}_x , che può variare da essere una linea sola, fino ad arrivare all'intera dimensione dell'immagine. Chiaramente, la dimensione del blocco utilizzato ha un impatto sulle prestazioni del rivelatore, in dipendenza anche dal tipo di scenario (disomogeneità, ecc.). Utilizzando infatti per la stima, linea dopo linea, sempre più campioni, aumenta il rango della matrice, ma si catturano porzioni sempre più vaste di sfondo, col rischio di incorrere in disomogeneità. In presenza di scenari fortemente disomogenei, ci si aspettano migliori prestazioni con una stima effettuata su singola linea, o al limite su blocchi di dimensioni ridotte.

Descrizione dei dati utilizzati

L'immagine iperspettrale utilizzata in questa sede è stata acquisita da un sensore iperspettrale operante nell'intervallo spettrale 0.4-2.5 μm con 126 bande e risoluzione spettrale dell'ordine dei 16 nm. L'immagine consta di 280x800 *pixel*. La scena acquisita è relativa ad uno scenario rurale piuttosto complesso, comprendente un villaggio, e dunque edifici e veicoli, oltre a vegetazione, erba, strade ed un fiume. La scena è riportata in Figura 1 (a). Nella scena sono stati posti dei teli di diverso materiale, colorazione, e dimensione, le cui caratteristiche sono riassunte in Tabella 1. La maschera di verità a terra relativa a tali oggetti è rappresentata in Figura 1 (b).

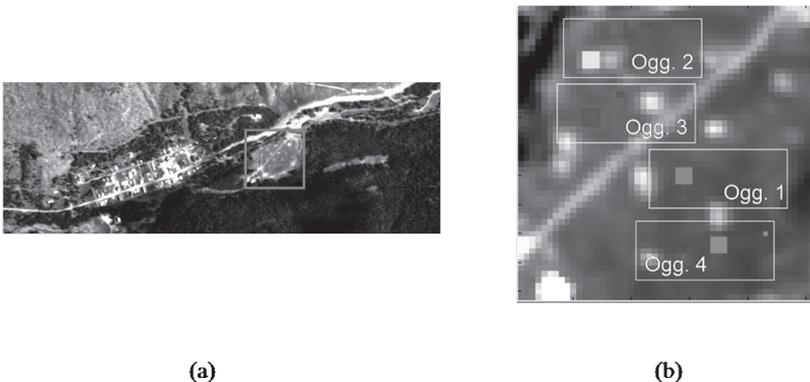


Figura 1. (a) Rappresentazione della scena acquisita; (b) Mappa di verità a terra relativa agli oggetti da rivelare.

Nome	Colorazione	Unità	Dimensioni
Ogg.1	Rosso	1	3m x 3m
Ogg.2	Giallo	1	3m x 3m
Ogg.3	Blu	2	2m x 2m, 1m x 1m
Ogg.4	Rosso	2	2m x 2m, 1m x 1m

Tabella 1. Caratteristiche degli oggetti da rivelare

L'intervallo di campionamento spaziale a terra è dell'ordine dei $3m$, dunque, come si evince dalla Tabella 1, ci si trova in una situazione prevalentemente *sub-pixel* (al più un *pixel* pieno nei casi migliori). Dalle figure 1 (a) e (b) è evidente come lo sfondo sia fortemente disomogeneo, anche localmente in prossimità degli oggetti di interesse; inoltre, si nota la presenza di oggetti, anche piuttosto estesi, con colorazione simile a quella dei teli da rivelare. È inoltre evidente come, la vicinanza dei teli uno all'altro renda effettivamente complesso l'utilizzo di una finestra mobile per la stima dei parametri dello sfondo.

Risultati sperimentali e discussione

In questa sezione sono riportati i risultati sperimentali ottenuti applicando gli algoritmi enunciati con la metodologia proposta nella sezione precedente.

Poiché gli oggetti da rivelare constano di un numero esiguo di *pixel*, le prestazioni saranno comparate, oggetto a oggetto, in termini del numero di falsi allarmi (#FA) ottenuti per rivelare almeno un *pixel* dell'oggetto stesso.

Per l'applicazione di AMF e FAD in locale, la dimensione della finestra mobile è stata presa 15×15 e 9×9 , ritenuto un buon compromesso per evitare il più possibile (ma non totalmente) la contaminazione da oggetti vicini e catturare un numero sufficiente di campioni per la stima delle statistiche dello sfondo. Per l'approccio CB, è stato effettuato un *clustering* dell'immagine su 10 *cluster*. La Figura 2 (a) riporta in grafico il #FA ottenuto nei vari casi per la rivelazione dei differenti oggetti. È evidente come la degradazione delle prestazioni chiaramente osservabile nell'applicazione locale venga completamente superata dai metodi CB, per i quali si ottiene una rivelazione senza falsi allarmi per tre su quattro oggetti.

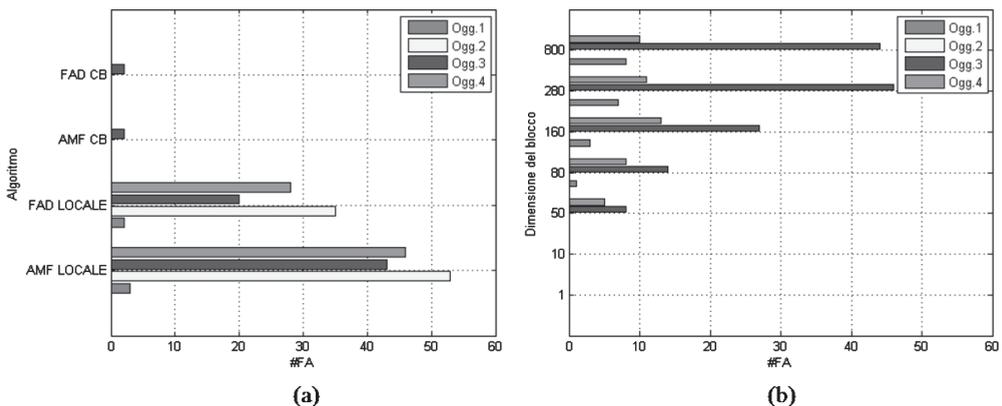


Figura 2. Numero di falsi allarmi (#FA) ottenuti sui quattro tipi di oggetto: (a) applicazione locale e CB di AMF e FAD; (b) applicazione del CEM al variare della dimensione del blocco.

Per quanto riguarda il CEM, si è fatta variare la dimensione del blocco di linee secondo i valori $\{1, 10, 50, 80, 160, 280, 800\}$. Dall'analisi della Figura 2 (b), si riscontra che il #FA ha un andamento

che tende a diminuire man mano che diminuisce la dimensione del blocco. Tale andamento è riscontrabile nella rivelazione dei differenti oggetti. In particolare, si ottiene che per blocchi di 10 linee e di una singola linea tutti gli oggetti vengono rivelati senza falsi allarmi.

Conclusioni

In questo lavoro è stata analizzata l'applicazione di algoritmi di MS a scenari complessi con sfondo fortemente disomogeneo. Sono stati considerati AMF e FAD nell'ambito degli algoritmi "TRVG-derivati", e il CEM per quanto riguarda i metodi deterministici. Per AMF e FAD si è riscontrato che l'approccio CB è più robusto, rispetto al MGL, alla disomogeneità dello sfondo. Inoltre, l'approccio CB è applicabile anche in presenza di oggetti da rivelare molto vicini tra loro, e dunque non risente di problemi di contaminazione. Sono state successivamente analizzate le prestazioni ottenute col CEM variando la dimensione dei blocchi per la stima della matrice di correlazione. Nello scenario analizzato, fortemente vario e disomogeneo, una stima su singola linea, o su blocchi di dimensioni ridotte, produce le migliori prestazioni.

Ringraziamenti

Si ringrazia Dr. J. Kerekes (Rochester Institute of Technology) per aver fornito i dati utilizzati in questa analisi.

Bibliografia

- Acito N. et al. (2005), "Adaptive Detection algorithm for full-pixel targets in hyperspectral images", *IEE Proceedings-Vision, Image, and Signal Processing*, 152(6): 731-740.
- Ashton E. A. (1998), "Detection of Subpixel Anomalies in Multispectral Infrared Imagery Using an Adaptive Bayesian Classifier", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(2): 506-517.
- Carlotto M. J. (2005), "A Cluster-Based Approach for Detecting Man-Made Objects and Changes in Imagery", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(2): 374-387.
- Chang C-I. et al. (2001), "Real-Time Processing Algorithms for Target Detection and Classification in Hyperspectral Imagery", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(4): 760-768.
- Chen J. Y., Reed I. S. (1987), "A Detection Algorithm for Optical targets in Clutter", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 23(1) 46-59.
- Hunt B. R., Cannon T. M. (1976), "Nonstationary Assumptions of Gaussian Models of Images", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 6(6), 876-882.
- Kay S. M. (1998), *Fundamentals of statistical signal processing: Detection Theory*, Prentice Hall, New Jersey.
- Manolakis D. (2005), "Taxonomy of detection algorithms for hyperspectral imaging applications", *Optical Engineering*, 44(6), 1-11.
- Manolakis D., Shaw G. (2002), "Detection Algorithms for Hyperspectral Imaging Applications", *IEEE Signal Processing Magazine*, 29-43.
- Margalit A. et al. (1985), "Adaptive Optical Target Detection Using Correlated Images", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 21(3): 394-405.
- Richards J. A., Jia X., *Remote Sensing Digital Image Processing*, Springer-Verlag, Germany.
- Robey F. C. et al. (1992), "A CFAR adaptive matched filter detector", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 28(1): 208-216.

STIMA DELLA DISPONIBILITÀ POTENZIALE DI RESIDUI AGRICOLI MEDIANTE L'UTILIZZO DI IMMAGINI SATELLITARI A MEDIA RISOLUZIONE SPAZIALE (ASTER): UNO STUDIO GEOGRAFICO IN SERBIA

G. MAURO (*), A. BON (**)

(*) Dipartimento di Scienze Geografiche e Storiche, Università di Trieste, gmauro@units.it

(**) CETA (Centro per l'Ecologia Teorica ed Applicata), Gorizia, alessandro.bon@ceta.ts.it

Riassunto

L'utilizzo di residui agricoli come fonte energetica rinnovabile per l'alimentazione di caldaie a cogenerazione rappresenta una delle nuove potenzialità del comparto agricolo. Il presente studio è stato sviluppato nell'ambito di un progetto Interreg, svolto in sinergia con la vicina Repubblica di Serbia. L'obiettivo specifico di questa parte del progetto è stato quello di valutare la disponibilità potenziale delle biomasse agricole lignocellulosiche (residui di potatura dei frutteti e dei vigneti) ed erbacee (paglie nel caso del frumento; stocchi, tutoli e brattee nel caso del mais) per l'alimentazione di caldaie a supporto di reti di teleriscaldamento. Le aree di studio sono tre municipalità serbe Sombor, Palilula e Negotin. Per definire la copertura del suolo di questi territori sono state prese in esame alcune immagini satellitari a media risoluzione spaziale (ASTER), che sono state inizialmente classificate in alcune macroclassi (aree urbane, aree agricole, foreste e idrografia), mediante classificazione di tipo *Machine Learning*. Successivamente è stata estratta la macroclasse relativa alle superfici coltivate, allo scopo di discriminare tra aree cerealicole e aree con superfici a frutteti e/o a vigneti (per definire puntualmente le potenzialità delle diverse tipologie di biomassa agricola derivabile). Questa differenziazione dell'uso del suolo agricolo è stata realizzata mediante la classificazione di un indice vegetazionale (NDVI), elaborato sui dati telerilevati ASTER precedentemente selezionati. I dati relativi all'estensione delle diverse classi di superficie agricola sono stati confrontati con le informazioni acquisite dall'Ufficio di Statistica della Repubblica di Serbia, nonché con fonti cartografiche non omogenee fornite dalla *partnership* serba. Una volta verificata l'accuratezza della classificazione, sono stati applicati dei parametri di produttività per stimare le biomasse potenzialmente retraibili dai territori allo studio.

Abstract

This paper put in evidence some results of an Interreg Project, named BIOM-ADRIA ("Biomass as a primary source of energy in the Adriatic Basin countries"), developed from a partnership between the Emilia Romagna Region and Serbian Energetic Agency. As suggest the name, the main issues of this project is to perform and improve the use of non-fossil sources (in this case mainly agricultural residues) as energetic fuel for production of electric and thermal energy. In order to estimate the agricultural residual biomass deriving from cereals or from orchards and vineyards, we used several satellite images, acquired from ASTER sensor. We classified the land cover in some macroclasses (urban areas, agricultural areas, forests and hidrography) with the Machine Learning procedures in three different municipalities (Sombor, Paljlula and Negotin). Then we identified permanent cultures (orchards and vineyards), classifying a NDVI vegetation index computed only on the agricultural areas. Finally, we applied several different markers productivity to estimate and to locate biomass in the three study areas.

Introduzione

Nell'epoca del caro petrolio diventa sempre più pressante rivolgere la propria attenzione verso fonti energetiche di origine non fossile. Il presente lavoro espone alcuni dei risultati ottenuti nell'ambito del progetto BIOM-ADRIA ("Biomassa come risorsa primaria di energia nell'ambito dei Paesi del Bacino Adriatico), che nasce da una collaborazione tra il Servizio Politiche Energetiche della Regione Emilia Romagna e l'Agenzia dell'Energia della Repubblica di Serbia. Il progetto ha visto inoltre il coinvolgimento di diversi partners, tra gli altri: l'Iniziativa Centro Europea (In.CE), l'Institute for Nuclear Sciences Vinca (VINCA), il consorzio scienza tecnologia impresa ASTER, CENTURIA RIT (Romagna Innovazione Tecnologia), SONOSAN e il CETA (Centro per l'Ecologia Teorica ed Applicata).

La biomassa agricola indagata è costituita da residui agricoli lignocellulosici ed erbacei, ossia materiale di scarto potenzialmente utilizzabile (dopo essere state opportunamente condizionate, cioè stoccate, essiccate e cippate) in impianti di piccola-media taglia per generare energia termica e/o elettrica. Costi di raccolta e bassa densità per unità di superficie sono fattori che ne limitano le possibilità di impiego (Jodice e Tomasinsig, 2006) per cui diventa molto rilevante una corretta pianificazione per ottimizzare l'utilizzo della risorsa.

Gli obiettivi che tale progetto si propone sono molteplici: la stima della biomassa agricola residua potenziale; la valutazione della localizzazione per nuovi impianti di produzione di energia da biomasse agricole; un'analisi degli aspetti logistici dell'impiantistica; un'analisi dettagliata delle specifiche tecniche dell'impianto prototipo di 3-5MW (dalla caratterizzazione chimica-fisica del combustibile all'analisi della diffusione degli inquinanti; dagli aspetti tecnologici dell'impianto prototipo ad una dettagliata analisi dei costi dell'intero sistema). Nel caso specifico si presentano i risultati relativi all'utilizzo di immagini satellitari a media risoluzione per la stima e la localizzazione della biomassa agricola residuale potenzialmente utilizzabile a scopi energetici.

Inquadramento geografico delle tre aree studio

La Serbia è una giovane repubblica facente parte della Repubblica federale di Jugoslavia, Stato solo recentemente costituitosi (1992), come risposta alla disgregazione della Jugoslavia. Il Paese, che gode di una collocazione geopolitica e geoeconomica centrale nella penisola balcanica e che potenzialmente costituisce un crocevia di scambi commerciali per tutta l'area (Bianchini e Dassù, 1998), riconosce da sempre un'importanza centrale all'agricoltura (Cori e Gasperoni, 1987). In Serbia il costo politico (molto accessibile) della energia elettrica rende questo tipo di fonte la principale risposta alla comune domanda di approvvigionamento energetico, per cui essa viene normalmente utilizzata sia per le attività quotidiane, ma anche per il riscaldamento domestico durante la stagione invernale. È intenzione delle autorità locali cambiare questa situazione in tempi compatibili, rivolgendosi fra l'altro urgentemente verso fonti di tipo rinnovabile.

L'analisi che si propone è stata svolta in tre municipalità (Sombor, Paljlula e Negotin) dislocate in tre diverse zone della Serbia, allo scopo di rappresentare in modo efficace l'intera situazione di questo paese.

Sombor è una piccola cittadina localizzata a Nord-Ovest, al confine con la Croazia e l'Ungheria, posta nel Distretto di Bačka occidentale, nella regione pianiziale della Vojvodina (regione definita "il regno dei cereali"; Cori e Gasperoni, cit.). La municipalità ha una popolazione complessiva poco inferiore alle 100.000 unità, di cui oltre il 60% di etnia serba. L'economia dell'area è prevalentemente agricola, con oltre 90.000 ettari di superficie investita nel settore primario (circa il 76% del territorio, coltivato prevalentemente a cereali), e occupa oltre il 20% dei lavoratori. Tuttavia anche il settore industriale, sostenuto anche da un soddisfacente sistema infrastrutturale, ha conosciuto un buon sviluppo (settore edilizio, fabbricazione della carta, tessile e alimentare), anche se in calo negli ultimi anni.

Paljlula è uno dei 17 sobborghi urbani di Belgrado. Questa località è posizionata a nord della capitale serba in una pianura di origine alluvionale dei fiumi Danubio e Tamiš, solo recentemente bonificata (a partire dal 1945), ma ancora con ampie superfici paludose. La popolazione, in gran

parte di etnia serba (oltre l'86%), conta oltre 155.000 abitanti ed è in fase di crescita. Anche in quest'area suburbana, l'agricoltura gioca un ruolo importante per l'economia locale: oltre il 60% della superficie (circa 26.000 ettari) è investito nella produzione alimentare (prevalentemente cereali, ma anche frutticoltura, orticoltura, etc.), in strutture agricole anche di tipo statale. La presenza, lungo il Danubio, di banchine portuali giustifica l'elevata densità dell'insediamento industriale, che trova in quest'area una delle zone più prospere del Paese.

L'ultima area presa in esame è quella di Negotin, piccola cittadina posta in un'area collinare situata nel Distretto di Bor, nel Nord-Est della Serbia centrale, al confine con la Romania e la Bulgaria. La popolazione, che conta oltre 40.000 persone (prevalentemente serbi), è sottoposta a forte emigrazione (specie verso l'Europa Occidentale). L'economia è prevalentemente agricola, anche se non sempre in grado di garantire un sufficiente livello di qualità della vita. Data l'orografia di questo territorio, la vocazione agricola è di tipo vitivinicolo, anche se la presenza di cereali rimane comunque prevalente nel settore primario. Notevole è la presenza di foreste, prati e foraggi. Industria e commercio non sono molto sviluppati.

Dati e Metodi

Nel corso del presente studio sono stati presi in esame dati non omogenei, ossia dati statistici e cartografici. Sono stati analizzati, infatti, i dati sull'agricoltura relativi a due macroaree serbe (Vojvodina e Serbia Centrale), disponibili sul sito del Ufficio statistico Serbo (www.webrzs.statserb.sr.gov.yu) per il periodo 1947-2007. Inoltre, per acquisire dati con maggiore risoluzione spaziale, è stato esaminato il Censimento sulle Municipalità, svolto nel 2006 dall'Ufficio Statistico della Repubblica di Serbia (Statistical Office Of Republic Of Serbia, 2006).

Per quanto riguarda i dati cartografici, sono state utilizzate cartografie sia di tipo vettoriale¹, che una serie di immagini satellitari acquisite dal sensore ASTER, satellite Terra. In particolare, si è scelto di utilizzare il prodotto L1B AST14OTH² (immagini ortorettificate nel sistema di riferimento WGS84 UTM-34N, in formato informatico "Geotiff") e delle seguenti cinque immagini: 1) per l'area di Sombor due immagini, acquisite il 21 settembre 2003, ore 9:50 circa; 2) per l'area di Palilula (PKB) un'immagine del 30 gennaio 2002, ore 9:40 circa; 3) per l'area di Negotin due immagini del 5 agosto 2002, ore 9:28 circa.

Relativamente alla metodologia, nella prima fase le immagini satellitari ASTER (opportunitamente mosaicate³ e mascherate per le sole unità amministrative di interesse) sono state classificate in modalità supervisionata, tramite l'utilizzo di tecniche cosiddette *Machine Learning*. In quattro macroclassi di copertura del suolo (aree urbane, aree agricole, foreste e idrografia). Si indicano come *Machine Learning* (ML) alcune procedure automatiche di elaborazione dei dati in formato digitale basate su operazioni logiche o binarie in grado di "imparare" dei compiti in seguito a input esterni (ossia tramite raffinamenti successivi nel processo di classificazione) (Favretto, 2006). Il software adottato è *Feature Analyst* (FA) della società *Visual Learning System*. Gli algoritmi utilizzati sono *Artificial Neural Network* (ANN) e *K-Nearest Neighbour* (Visual Learning System, 2002). La classificazione gerarchica realizzata secondo questi parametri ha permesso di analizzare sia la risposta spettrale del singolo pixel (attraverso l'indicazione di un'area *training*), sia il contesto

¹ In particolare sono stati presi in esame i layer tematici relativi a confini delle unità amministrative a differente scala (stato, regione e distretto), all'idrografia (fiumi e laghi) e alle infrastrutture viarie (strade e ferrovie) e alle aree urbane. I dati sono stati in parte forniti dalla *partnership* serba (VINCA) e in parte acquisiti da un database on-line costantemente aggiornato, messo a disposizione dalla Berkeley University per studi a carattere ecologico-geografico (biogeo.berkeley.edu/bgm/gdata.php).

² Tra i prodotti disponibili dal sito della NASA LP DAAC, è possibile acquisire immagini satellitari ortorettificate, sulla base di un altro prodotto standard AST14DEM, ossia il modello di elevazione digitale prodotto a partire dalle immagini ASTER. L'immagine ortorettificata comprende le bande nel visibile e nel vicino infrarosso (VNIR), nell'infrarosso medio (SWIR) e nell'infrarosso termico (TIR) con una risoluzione spaziale rispettivamente di 15, 30 e 90 metri. Sul distributore LP DAAC, la disponibilità di questo tipo di prodotto è possibile a partire da Maggio 2006 (Abrams, 2007).

³ Le immagini in questione, relative alle aree studio di Sombor e Negotin, sono state acquisite dal sensore sequenzialmente per cui non si è resa necessaria l'applicazione di alcun algoritmo correttivo nella fase di mosaicatura.

posizionale del pixel stesso nelle immagine. Il software richiede la definizione di un *training set* (costituito da alcune *training area*, ossia poligoni di pixel omogenei da ritenersi campioni rappresentativi delle macroclassi considerate) e la determinazione di alcuni parametri (bande utili alla classificazione, geometria spaziale di riferimento per la classificazione contestuale o *input representation*, tipo di risultato vector o raster) per il processo di estrazione delle macroclassi di cui sopra. Nel caso specifico si sono state utilizzate le prime 9 bande del prodotto L1B AST140TH di ogni immagine, data la loro migliore risoluzione spaziale. L'*input representation* prescelto è il *Manhattan* (ampiezza 5), utile per l'identificazione di oggetti rettangolari o lineari. In un secondo momento, per differenziare puntualmente i terreni occupati da colture non permanenti da quelli a frutteti e/o vigneti⁴, è stato applicato l'indice di vegetazione NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) sulla macroclasse "aree coltivate"⁵. Essendo le immagini satellitari acquisite in date (e stagioni) differenti, i valori per la classificazione dell'indice di vegetazione non sono risultati omogenei⁶.

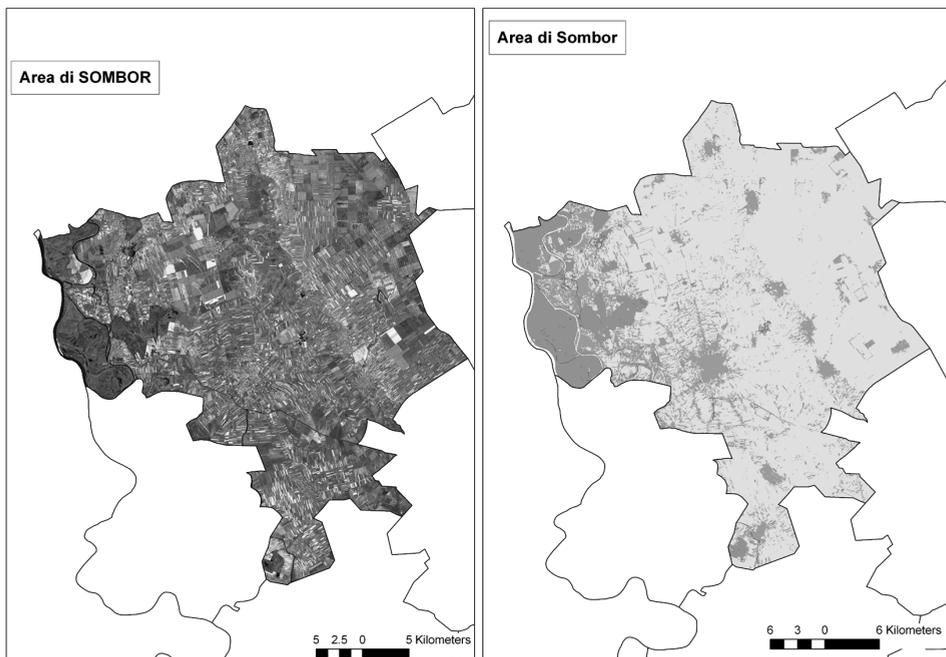


Figura 1: Classificazione in macroclassi della municipalità di Sombor. A sinistra l'immagine ASTER mascherata, a destra il risultato della classificazione (verde: foreste latifoglie; rosso: aree urbane; blu: idrografia; marrone chiaro: aree agricole).

La bontà dei risultati è stata valutata procedendo sia attraverso la sovrapposizione dei *layer* tematici acquisiti dal database on-line della Berkeley University e da VINCA (vedasi nota 1), che mediante

⁴ Infatti nella fase di classificazione ML è stata riscontrata una difficoltà nella discriminazione tra aree forestate e colture permanenti come i frutteti.

⁵ Come fatto precedentemente per le tre municipalità, anche in questo caso i pixel afferenti alla classe "aree coltivate" sono stati selezionati mediante mascheramento dell'immagine originale.

⁶ Nello specifico, per discriminare le colture permanenti dalle altre colture si sono registrati valori più elevati di NDVI per le immagini acquisite durante il periodo estivo (rispettivamente 0,42 per Sombor e 0,38 per Negotin) e decisamente più ridotti per le immagini acquisite nel periodo invernale (0,18 per la municipalità di Palilula).

utilizzo di aree test rilevate a terra. Per la verifica della qualità della classificazione è stata prodotta una *Confusion Matrix*, al fine di calcolare l'accuratezza globale (*Overall Accuracy*) e il *Coefficiente K*.

L'estensione delle aree coltivate a colture non permanenti (prevalentemente cerealicole e industriali) e permanenti è stata, inoltre, confrontata con i dati del Censimento sulle Municipalità del 2006. Visto che si tratta di dati temporalmente non coincidenti (le immagini satellitari sono state acquisite nel 2002 e 2003, mentre i dati statistici nel 2006), è stato valutato anche il trend di lungo periodo (1947-2007) delle superfici investite nelle principali coltivazioni cerealicole e industriali per macroarea di riferimento (Vojvodina, in cui ricade Sombor; Serbia Centrale in cui ricadono Palilula e Negotin). Lo scopo era comprendere il grado di coerenza dei risultati ottenuti.

L'analisi dei dati storici ha fornito, inoltre, altre importanti indicazioni, come ad esempio la ripartizione percentuale delle principali categorie di coltivazione cerealicole per macroarea, informazione non contenuta nel Censimento sulle Municipalità. Questo dato risulta essenziale per l'applicazione successiva dei corretti parametri di produttività (q/ha) delle biomasse (Jodice e Tomasinsig, 2006), allo scopo di valutare la produttività potenziale di biomassa cerealicola residuale dei tre bacini presi in considerazione.

Risultati e Conclusioni

L'applicazione della metodologia di cui sopra ha permesso di definire le carte dell'uso del suolo per le tre aree studio prese in esame. I risultati migliori della classificazione⁷ si sono ottenuti per l'area di Sombor, probabilmente spiegabili con la data di acquisizione dell'immagine e la morfologia planiziale dell'area. Maggiori problemi si sono verificati nell'area di Negotin, dove la bassa qualità dell'immagine iniziale (copertura nuvolosa del 5%), nonché anomalie nella trasparenza dell'atmosfera hanno parzialmente invalidato la classificazione.

Applicando i parametri percentuali della classe cereali calcolati sui dati del Censimento (rispettivamente 64% nel caso di Sombor, 47% nel caso di Palilula e 59% nel caso di Negotin) alle estensioni stimate da satellite per la classe "colture non permanenti" si ottengono risultati differenti. Infatti essi sovrastimano le superfici investite a cereali nella municipalità di Sombor (59.300 ettari contro i 58.724 ettari stimati nel Censimento) e sottostimano quelle relative alle due altre municipalità (Palilula: 11.500 ettari da satellite contro i 12.420 ettari stimati dal Censimento; Negotin: 20.500 ettari da satellite contro i 22.689 ettari stimati dal Censimento). Queste differenze sono abbastanza coerenti anche con il calo alla superficie investita a cereali, che interessa in particolare la Serbia Centrale e che viene in parte compensato (almeno in Vojvodina) dal costante incremento delle colture industriali⁸.

L'applicazione dei parametri di produttività sulle differenti superfici stimate essere coltivate a cereali vernini autunno-invernali (frumento e orzo) e estivi (mais)⁹ o a colture permanenti ha evidenziato l'elevata disponibilità di biomassa residuale in tutte e tre le realtà (fig.2). A tal proposito si riporta il caso della progettazione impiantistica prevista dal progetto BIOM-ADRIA per la municipalità di Palilula. In una prima fase si prospettava la costruzione di una centrale termica a biomassa di 1,5 MW per il riscaldamento di circa 1 ettaro di serre nell'area del Poljoprivredna Korporacija "Beograd" (PKB), una grossa azienda statale che opera nell'area prossima alla capitale. Questo impianto prevedeva la richiesta minimale di circa 20.000 t di biomassa cerealicola; la stima

⁷ I valori di accuratezza globale (*Overall Accuracy*, OA) e del Coefficiente K per le tre aree sono rispettivamente i seguenti: Sombor: OA 86,1%, Coeff. K 0,78; Palilula: OA 78,7%, Coeff. K 0,65; Negotin OA 75,1%, Coeff. K 0,63.

⁸ Un'analisi più dettagliata delle colture cerealicole mette tuttavia in evidenza che, mentre l'andamento per il frumento è di calo in entrambe le macroaree serbe, le superfici investite a mais in Vojvodina hanno conosciuto negli ultimi 60 anni un costante aumento.

⁹ In Vojvodina negli ultimi anni (2000-2007) la percentuale di cereali investita a mais è di circa il 61% mentre quella a frumento e orzo di circa il 37%. In Serbia centrale si registrano valori più ridotti per il mais (28%) e simili per i cereali autunno vernini (38/ %). Applicando queste percentuali si è stimata la superficie investita nei diversi cereali nelle tre aree studio.

eseguita anche con l'ausilio delle immagini satellitari valuta valori circa tre volte superiori in un'area come quella di Palilula dotata di una buona rete infrastrutturale. L'elevata disponibilità della materia prima ha spinto i tecnici ad analisi utili per la realizzazione un impianto a biomasse di maggiori potenza e di tipo cogenerativo.

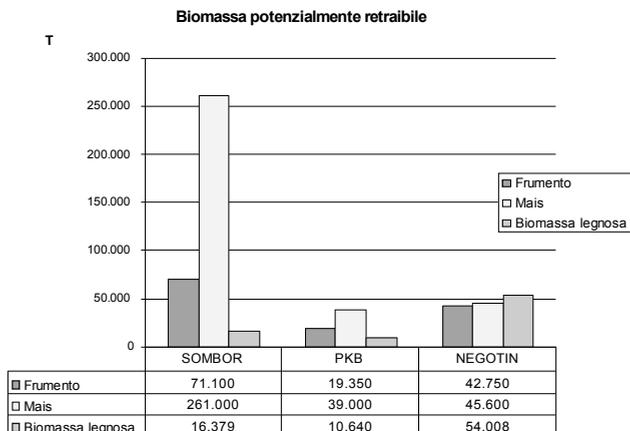


Figura 2: Biomassa residuale (T) potenzialmente retraibile nelle tre aree studio.

La classificazione della copertura del suolo nelle tre aree studio e l'applicazione di parametri di produttività di biomassa residuale da cereali ha evidenziato una buona disponibilità di risorsa, nonché una distribuzione centrata sulle realtà rurali più rilevanti. L'analisi della disponibilità della risorsa energetica non fossile trova perciò nell'utilizzo delle immagini satellitari una strategia di pianificazione efficace in grado di fornire molte indicazioni utili ai processi decisionali.

Bibliografia

- Abrams M. (2007), "The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) on NASA's Terra platform", *Rivista italiana di Telerilevamento*, 39.
- Bianchini S., Dassù M. (a cura di) (1998), *Guida ai paesi dell'Europa Centrale, Orientale e Balcanica*, Annuario politico-economico, Guerini e Associati, Milano.
- Cori B., Gasperoni R. (1987), *Le grandi unità regionali dell'Europa*, Franco Angeli, Milano.
- Favretto A. (2006), *Strumenti per l'analisi geografica, GIS e Telerilevamento*, Patron Editore, Bologna.
- Jodice R., Tomasinsig E. (a cura di) (2006), *Energia dalle biomasse, Le tecnologie, i vantaggi per i processi produttivi, i valori economici e ambientali*, AREA SciencePark – Progetto Novimpresa, Trieste.
- Statistical Office Of Republic Of Serbia (2006), *Municipalities of Serbia*. (www.webrzs.statserb.sr.gov.yu)
- Visual Learning System (2002), *User Manual – Feature analyst for ERDAS IMAGINE 8.X*, Visual Learning System, Missoula.

Nota: il presente contributo è stato realizzato in piena collaborazione tra gli Autori. Tuttavia a fini concorsuali si precisa che a Giovanni Mauro si devono i paragrafi Inquadramento geografico delle tre aree studio, Dati e Metodi, mentre ad Alessandro Bon Introduzione, Risultati e Conclusioni.

GLI ALGORITMI DI *COST-DISTANCE* COME STRUMENTO DI SUPPORTO PER LA PIANIFICAZIONE ALLA SCALA PROVINCIALE DELLE RETI ECOLOGICHE

G. MELIS (*), G. PUDDU (**)

(*) Università degli Studi di Sassari, Facoltà di Architettura, Dipartimento di Architettura e Pianificazione.
Palazzo del Pou Salit - Piazza Duomo 6 07041 Alghero (SS). e-mail: gianluamelis@uniss.it
(**) Università della Tuscia (VT), Dipartimento D.A.F. Via San Camillo de Lellis snc Viterbo 01100 (VT).
e-mail: puddu@unitus.it

Abstract

In this article will be proposed a new method based on GIS analysis (especially the cost-distance algorithm) at the regional scale, able to find the connectivity areas needed to implement an ecological network in a fragmented landscape.

Connectivity areas are characterized as least-cost paths in a matrix modeled as a bio-impedance surface studying the infrastructural fragmentation level, by a new specific index, and the land uses' characteristics.

The new method presented here for landscape continuity analysis offers a quantitative tool to compare alternative land use plans in order to maintain maximum landscape continuity of open areas. This kind of analysis will be applied, as case study, on the new Regional Landscape Plan of Sardinia Region particularly in Olbia-Tempio area (Sardinia, Italy).

Abstract italiano

Il presente studio illustra un metodo, basato su analisi GIS alla scala provinciale, utilizzabile per l'individuazione delle aree di connettività necessarie all'implementazione di una rete ecologica in un territorio frammentato.

Le fasce di connettività sono individuate come percorsi di costo minimo in una matrice territoriale intesa come una superficie di bio-impedenza, e modellizzata attraverso le caratteristiche delle coperture vegetali e il livello di frammentazione infrastrutturale, calcolato mediante un nuovo indice opportunamente strutturato. L'insieme di questi indicatori consente, mediante analisi *raster* su base GIS centrate su algoritmi di *cost-distance* di identificare nei percorsi di "costo minimo" le fasce di connettività preferenziali sul territorio.

Il caso di studio è la Provincia di Olbia-Tempio (Sardegna), e il metodo presentato viene usato, oltre che per delineare una proposta di rete ecologica alla scala provinciale, per verificare la rispondenza agli obiettivi della conservazione della connettività territoriale del Piano Paesaggistico Regionale di recente adozione.

Inquadramento metodologico e disciplinare

Il contesto disciplinare

La ricerca di opportuni modelli e strumenti di pianificazione del territorio ovvero, in termini più generali, la ricerca di metodi operativi per il raggiungimento dell'eco-sostenibilità dell'insediamento e delle forme d'uso del territorio, costituisce lo sfondo del presente tema di ricerca. Lo scopo primario è quello di strutturare un metodo capace di fungere da strumento di

supporto alla decisione per l'implementazione di una rete ecologica in un territorio frammentato, seguendo un modello reticolare semplificato fondato su nodi (*core areas*) interconnessi da corridoi (*ecological corridors*). Il dibattito scientifico ha individuato come principale causa antropica della perdita di biodiversità il processo di frammentazione, che produce l'erosione progressiva degli ambienti naturali e l'aumento costante del loro grado di isolamento (APAT, 2003). Le misure di protezione dagli effetti descritti si sono storicamente concretizzate attraverso politiche volte all'istituzione di aree protette, ma già negli anni '70 si evidenziarono i pericoli di una gestione "ad isole" del territorio, e dai primi anni '80, il modello di organizzazione spaziale proposto è evoluto verso la "rete ecologica", la cui fondamentale innovazione prende le mosse dai concetti propri della *landscape ecology*, e consiste nell'importanza riconosciuta al collegamento ecologico-funzionale tra le aree di maggior pregio ambientale. Tale modello si fonda sulla considerazione che il processo di frammentazione ha come risultato la creazione di "ecomosaici", in cui si possono distinguere una matrice antropizzata più o meno ostile, e frammenti di ambiente naturale (*patches*). Questi, per poter conservare il loro valore ambientale, devono essere connessi attraverso fasce di territorio ad alta naturalità (*ecological corridors*) che garantiscano la possibilità di reciproci flussi di scambio.

Il metodo

I nodi della Rete Ecologica Regionale della Regione Sardegna (R.E.S.), vengono presi come *input* iniziale, la matrice che li contiene è quindi rappresentata dal resto del territorio. La valutazione delle caratteristiche di connettività della matrice, fondante per la ricerca delle fasce di connessione, prende le mosse dal concetto di biopermeabilità (Romano, 2000) che verrà reso operativo ragionando sul concetto complementare di bio-impedenza, e associando ad ogni porzione del territorio esterno ai nodi della R.E.S., una sua valutazione quantitativa.

Il metodo proposto si articola in tre fasi:

- > Generazione di un modello dell'ecomosaico mediante la scelta di adeguate unità ambientali derivate da opportune aggregazioni delle classi della Carta di Uso del Suolo della Regione Sardegna (scala 1:25000);
- > Generazione di un modello di dispersione sul territorio in funzione della valutazione del livello di bio-impedenza territoriale come somma di bassa qualità naturale e alto livello di frammentazione infrastrutturale;
- > Individuazione, mediante algoritmi di *cost-distance*, delle fasce di connettività come aree di minimo impedimento per gli spostamenti attraverso la matrice territoriale.

Le tre fasi sono state ripetute per due distinti modelli di territoriali, producendo due ipotesi di strutture connettive tra i nodi della Rete Ecologica Regionale.

Un metodo per l'individuazione delle aree di connettività alla scala territoriale

Il modello dell'ecomosaico

Le strutture dell'ecomosaico implementate sono due, e ciascuna propone una valutazione del livello di naturalità che sarà funzionale a quantificare la bio-impedenza della matrice territoriale. La prima, proposta dal Piano Paesaggistico Regionale della Regione Sardegna (PPR), articola il territorio secondo una classificazione paesaggistico-ambientale valutando il livello di intervento antropico sul territorio, quindi il livello di conservazione della naturalità, mediante una suddivisione in otto classi. La seconda, proposta dall'Osservatorio Città Sostenibili (OCS) del Dipartimento Interateneo Territorio del Politecnico e dell'Università di Torino (Socco, 2001), è invece funzionale alla definizione di un indicatore del grado di naturalità per la pianificazione e la gestione territoriale, che opportunamente adattato alla particolare situazione ecologica dell'Isola, ha prodotto un modello territoriale articolato in undici classi. Alle due articolazioni dell'ecomosaico prodotte sono stati applicati tre indici molto diffusi, in combinazione tra loro, per valutare la bontà dell'articolazione territoriale prodotta in confronto all'informazione contenuta nella Carta di Uso del Suolo. L'indice

di Shannon e l'indice di Simpson, sono stati applicati al territorio in studio *ex-ante* ed *ex-post* la riorganizzazione delle classi di uso del suolo secondo i due criteri citati, mentre l'indice ILC (Pizzolotto e Brandmayr, 1996) è stato applicato solo *ex-post*.

In particolare, la classificazione che sta alla base del PPR della Sardegna, produce un indice di Shannon inferiore a quello derivante dalla classificazione secondo l'OCS e ciò è avvalorato dall'indice di Simpson che riporta per il PPR un'aggregazione maggiore rispetto all'alternativa. Un ulteriore confronto tra i due sistemi è stato realizzato con l'applicazione dell'indice ILC. Anche in questo caso l'indice numerico è più basso per la classificazione che sta alla base del PPR, rispetto a quella del sistema dell'OCS.

Si può concludere che l'articolazione dell'ecomosaico in sole otto classi, così come proposto dalla Regione Sardegna, risulta troppo sintetica sia in relazione all'informazione originaria contenuta nella lettura territoriale derivante dalla Carta di Uso del Suolo sia se confrontata con la classificazione alternativa organizzata invece in undici categorie.

La valutazione del livello di frammentazione infrastrutturale

La frammentazione dovuta alla rete viaria è, in genere, misurata tramite l'indice IFI (indice di frammentazione infrastrutturale (Romano, 2000)) che tiene conto della lunghezza dell'infrastruttura e del suo potere frammentante in funzione della tipologia ed in relazione all'area dell'unità ambientale scelta. Ma ulteriori caratteristiche dell'indice, necessarie ad una corretta modellizzazione del fenomeno, sono soprattutto: la capacità di tener conto del valore dell'unità ambientale attraversata e del tipo di partizione imposto dalla rete della viabilità stradale.

Se il primo risultato è di facile raggiungimento mediante la valutazione del livello di naturalità attraverso opportuni coefficienti, il secondo implica che si debba tener conto dei diversi effetti del tipo di partizione dell'area partendo dall'assunto che, date due possibili partizioni che delimitino lo stesso numero di aree, la suddivisione in parti di simili dimensioni è peggiore di una partizione che produca un'area sensibilmente maggiore delle altre.

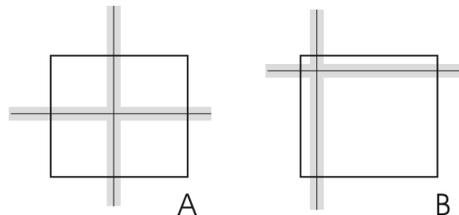


Figura 1 – Esempio diagrammatico di frammentazione: il valore dell'IFI nel caso A deve essere più alto che nel caso B, nonostante il numero di parti e la lunghezza delle infrastrutture frammentanti sia uguale.

Inoltre per i fini del presente studio, è necessaria una differente lettura del significato del suddetto indice, sia per quanto concerne l'idea di base sia l'utilizzo: l'indice IFI non può qui usato in "accezione negativa" per determinare semplicemente un livello di pressione antropica, ma piuttosto deve essere sfruttato come "rivelatore di opportunità" con lo scopo dichiarato di evidenziare le potenzialità connettive del territorio. Nei limiti di questo studio, è ritenuto di poter incorporare le suddette caratteristiche in una nuova struttura dell'indice di frammentazione infrastrutturale:

$$IFI_k = \frac{IP_k}{A_k} \cdot \sum_{j=\text{tipolo. viaria}} L_{k,j} (P_{k,j} + IN_k^2) \quad [1]$$

con IP_k , indice di partizione:

$$IP_k = \left(1 - \frac{A_{\max,k}}{A_k}\right) \cdot N_k^{\left(1 - \frac{A_{\max,k}}{A_k}\right)} \quad [2]$$

dove A_k = area del k-esima unità ambientale; $A_{\max,k}$ = area della partizione più grande individuata dalla porzione dell'infrastruttura lineare di categoria j sulla k-esima unità ambientale; $L_{k,j}$ = lunghezza dell'infrastruttura di categoria j ; $P_{k,j}$ = potere frammentante dell'infrastruttura; IN_k^2 = indice di naturalità al quadrato; N_k = numero di partizioni in cui il unità ambientale è suddiviso.

La differenza principale è costituita dall'elaborazione dalla struttura dell'indice di partizione IP_k , questo si basa sulla differenza percentuale tra l'area totale e la partizione di area massima che la frammentazione infrastrutturale crea sul unità ambientale. All'aumentare di A_{\max} deve diminuire la misura della frammentazione imposta, dato che una partizione è sensibilmente più grande delle altre, inoltre tanto più è grande la partizione di area massima tanto meno importante diventa il numero delle parti in cui la rete infrastrutturale suddivide il unità ambientale, di ciò tiene conto l'elevazione a potenza di N , di contro, se A_{\max} tende all'area del unità ambientale A_k , l'indice di partizione tende a zero portando a zero anche l'IFI.

La frammentazione da infrastrutture lineari è stata calcolata separatamente per ciascuna unità ambientale di ciascuna classe di entrambi i modelli territoriali citati, permettendo così di associare in modo quantitativo, oltre ad un valore di naturalità, un livello di frammentazione.

Il calcolo della bio-impedenza territoriale

Dopo aver definito su ciascuna unità ambientale il valore naturale e lo stato di frammentazione, si può procedere con la valutazione della bio-impedenza, intesa come la difficoltà di attraversamento che ciascuna unità ambientale oppone ad eventuali flussi migratori, di ognuna e quindi dell'intera matrice.

Il metodo utilizzato per queste analisi si basa su tecniche GIS avanzate, che vertono sull'utilizzo di specifiche funzioni di *cost-distance*, è da intendersi come "un onere di transito" cioè come un dispendio energetico tanto maggiore quanto più ostile è il territorio da attraversare. Il procedimento sovrappone al territorio una maglia di celle quadrate di 25m di lato e a ciascuna viene associato un valore della bio-impedenza, non più in funzione dei confini delle unità ambientali, ma valutando ciò che ogni cella contiene. Ma, per come è stata definita finora, questa rappresenta un concetto "statico" associato ad una parte del territorio, mentre per gli intenti dichiarati si deve lavorare in modo "dinamico": l'impedimento al moto non è dato solo dalla cella in cui il moto sta avvenendo ma anche dalla "fatica" compiuta ad attraversare tutte le celle precedenti.

Gli algoritmi di *cost-distance* implementati nei sistemi GIS consentono questo passo concettuale fondante producendo, a partire dalla bio-impedenza per cella, una superficie di costo cumulativo calcolato da ogni cella verso un insieme di celle sorgente. L'insieme delle celle esterne alle sorgenti, è modellizzato dal software come una rete in cui i nodi sono i centri geometrici delle celle, e i collegamenti sono segmenti che collegano i nodi secondo otto possibili direzioni. La bio-impedenza è trattata come il costo di attraversamento per metro della cella cui appartiene (nelle direzioni diagonali rispetto ai lati delle celle il fattore sarà 1,41): il costo di attraversamento è dato dalla lunghezza della cella per la sua bio-impedenza.

Su questa matrice è possibile basare il calcolo che produce come risultato il percorso di minor costo tra sorgente e destinazione: l'insieme di celle che, se attraversate in successione, determina il minor "sforzo di attraversamento", in funzione delle caratteristiche di bio-impedenza del territorio.

Conclusioni

Il metodo ha prodotto i risultati attesi, consentendo mediante l'imposizione di una soglia di costo massimo (pari al 0,5% dell'intervallo di costo), la delimitazione delle porzioni di territorio più idonee, secondo i criteri esposti, a recepire le istanze connettive territoriali e ad essere destinate come corridoi ecologici tra i nodi della Rete Regionale. Com'era lecito aspettarsi la forma delle fasce di connessione dipende fortemente dalla struttura dell'ecomosaico scelta per descrivere il territorio, tra i due assetti analizzati per correttezza e attitudini operative alla discesa di scala necessaria ad un progetto reale di rete ecologica, il risultato peggiore è stato quello della classificazione del PPR, che per il basso numero di classi, e per la sovrapposizione tra temi ambientali e puramente paesaggistici risulta scarsamente in grado di fornire spunti operativi.

L'elevata diversità degli orizzonti ambientali presenti nell'area di studio fornisce lo spunto per ulteriori considerazioni: il modello mostra un ottimo funzionamento in aree fortemente frammentate, mentre perde correttamente di significato e di efficacia operative nel caso opposto.

Le potenzialità sono molteplici infatti il metodo proposto può sia funzionare "in positivo" per generare proposte ma può altresì essere utilizzato come efficiente strumento di valutazione *ex-ante* o per un monitoraggio costante dei progetti di rete ecologica implementati sul territorio.

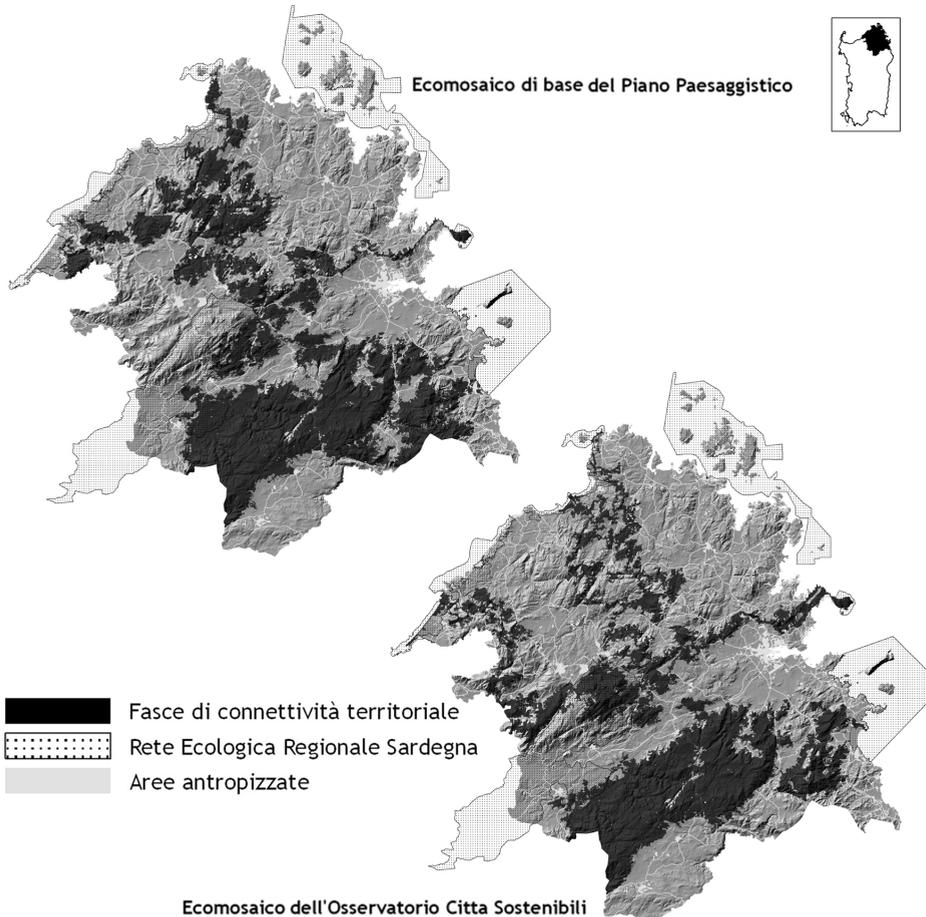


Figura 2 – Comparazione dei risultati finali ottenuti per ciascun ecomosaico utilizzato

Bibliografia

- Termorshuizen J. W., Opdam P., van den Brink A. (2007), "Incorporating ecological sustainability into landscape planning", *Landscape And Urban Planning* 79: 374-384
- Marull J., Mallarach J. M., (2005), "A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan Area", *Landscape And Urban Planning* 71: 243-262
- Adriaensen F. et alii. (2003), "The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model", *Landscape And Urban Planning* 64: 233-247
- Battisti C, et alii (2003), *Gestione delle aree di collegamento ecologico-funzionale*, APAT, Manuali e linee guida 26/2003, Roma, 45-68
- Osservatorio Città Sostenibili (2002), "Indice del grado di naturalità del territorio", *OCS Doc. 2/2002*, Dipartimento Interateneo Territorio del Politecnico e dell'Università di Torino
- Romano B. (2000), *Continuità ambientale, pianificare per il riassetto ecologico del territorio*, Andromeda Edizioni, Teramo, 25-28
- Pizzolotto R., Brandmayr P. (1996), "An index to evaluate landscape conservation state based on land-use pattern analysis and Geographic Information System techniques", *Coenoses* 1: 37-44

ANALISI E VALUTAZIONE DEI GEOPORTALI REGIONALI ITALIANI

V. MERCADANTE (**), M. SALVEMINI (**), P. DI DONATO (**),
L. BERARDI (**)

(**) Università Sapienza di Roma – Dipartimento CAVEA - LABSITA, Piazza Borghese 9 - 00186 Roma,
Tel. 0649918830, Fax 0649918873, e-mail: valeria.mercadante@uniroma1.it, mauro.salvemini@uniroma1.it,
pasquale.didonato@uniroma1.it, laura.berardi@uniroma1.it

Riassunto

Questa *paper* presenta il lavoro di ricerca condotto all'interno del LABSITA sul tema dei geoportali regionali Italiani nell'anno 2008. Il lavoro condotto nell'ultimo anno, considerando l'importanza della Direttiva Europea INSPIRE di recente approvazione e il rilevante impatto sull'Infrastruttura di Dati Territoriali, intende indagare sullo stato dell'arte dell'offerta dell'informazione geografica delle regioni, che svolgono un ruolo chiave nel governo del territorio e devono raccogliere e gestire una grande quantità di dati geografici. I geoportali rappresentano lo strumento tramite il quale le istituzioni realizzano il diritto/dovere di comunicazione verso i cittadini, basandosi su principi di trasparenza e facilitazione all'accesso delle informazioni, in un ottica di snellimento e semplificazione dell'attività amministrativa. I siti istituzionali sono stati analizzati in base ad una metodologia derivata dallo studio della letteratura italiana ed internazionale su indicatori e parametri qualitativi e quantitativi. Al termine di questa ricerca sono stati selezionati degli indicatori che rispondessero ai requisiti richiesti e fossero in grado di descrivere appieno lo stato e l'usabilità degli strumenti on-line. I dati sono stati raccolti tramite l'accesso e analisi su internet dei siti web regionali ufficiali, con particolare attenzione riguardo all'aspetto dell'interfaccia, degli strumenti utilizzati, dei metadati e dei dati.

Abstract

This paper presents the research carried out by LABSITA on the theme of the geoportals of Italian regions in the year 2008.

This research conducted in last year, considering the importance of the impact of INSPIRE Directive recently approved and the high impact on National Spatial Data Infrastructure, intends to investigate the actual conditions of the 20 regions, that play a central role in the territory management and have to collect and maintain a large amount of geographic data. Geoportals represent the mean that institution use to realize the right/duty of communication toward citizens, based on transparency and ease access to information principles, with a view to streamline and simplification of administration activities. Institutional web-sites have been therefore analysed on the base of a methodology which derived from the study of parameters and indicators, both qualitative and quantitative, described in national and international literature. At the end of the research, only parameters that fit to the requirements and were suitable to describe the state and usability of on-line instruments were chosen.

Data have been collected through an on-line of the official regional web sites, with particular attention paid to the interface presented on the web, tools used, metadata and the quality of data.

Introduzione

La direttiva INSPIRE è stata pubblicata nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea il 25 Aprile 2007 ed è entrata in vigore il 15 Maggio 2007. La direttiva istituisce una Infrastruttura per l'Informazione Territoriale nella Comunità Europea, al fine di superare i problemi dovuti alla *“disponibilità, alla qualità, all'organizzazione, all'accessibilità e alla condivisione delle informazioni territoriali”* che *“si riscontrano a vari livelli dell'amministrazione pubblica”*. A tale scopo stabilisce *“misure in materia di scambio, condivisione, accesso e utilizzo dei dati territoriali e dei servizi relativi ai dati territoriali interoperabili tra i vari livelli dell'amministrazione pubblica e tra i vari settori.”*

La direttiva enumera dunque tra i suoi principali obiettivi quello di facilitare l'accessibilità ai dati geografici; questo obiettivo si traduce nel rendere *“disponibili i dati territoriali a condizione che non ne limitino indebitamente l'uso più ampio”* e nel *“far sì che sia possibile ricercare facilmente i dati territoriali disponibili, valutarne agevolmente l'idoneità allo scopo e ottenere informazioni sulle loro condizioni di utilizzo”*.

L'accesso ai dati è dunque agevolato dai servizi di rete, che *“sono indispensabili per condividere i dati territoriali tra i vari livelli di amministrazione pubblica della Comunità”*.

Dato che questa normativa si rivolge in special modo alle autorità pubbliche che possiedono ed utilizzano i dati territoriali nelle loro funzioni pubbliche, si fa strada l'esigenza di monitorare in che modo le suddette autorità pubbliche si pongono nei confronti della direttiva e il livello di attuazione delle indicazioni che riguardano l'Infrastruttura di Dati Territoriali.

Ad un anno e mezzo dalla sua approvazione e a pochi mesi dalla prima scadenza di adozione che riguarda in particolare i metadati, è necessario quindi valutare qual è l'andamento della sua applicazione e recepimento tra le pubbliche amministrazioni.

Obiettivi della ricerca

Il LABSITA, già attivo nel settore da tempo essendo stato il primo laboratorio di ricerca italiano a diffondere le istanze della direttiva in Italia, ha avviato un'attività tesa ad analizzare l'attuazione della Direttiva nella forma dei geoportali, che costituiscono il punto di accesso delle informazioni territoriali.

In particolare, la ricerca si focalizza sui geoportali regionali, che nell'ottica dell'infrastruttura dell'informazione territoriale hanno un ruolo centrale di interfaccia tra la pubblica amministrazione e i cittadini, ma anche per la comunicazione all'interno dei pubblici uffici.

Attualmente alle regioni, in conseguenza della tendenza decentralizzante in corso da qualche decennio in Italia, sono attribuite competenze su molte materie, dal settore ambientale al settore dei trasporti, dai servizi quali scuola e sanità alla cultura; conseguenza di questa scelta è l'enorme mole di dati che le Regioni devono gestire. Non è casuale la scelta delle amministrazioni a livello regionale di affidarsi a sistemi informativi che facilitino l'uso dei dati digitali e il conseguente sviluppo negli ultimi anni di moltissimi sistemi WEB-GIS per la consultazione delle cartografie.

Il tema della valutazione è di fondamentale importanza e molto attuale oggi, ma di per sé il processo comparativo rappresenta un compito arduo da portare a termine in quanto è difficile confrontare geoportali che normalmente hanno strutture profondamente diverse l'uno dall'altro. Alcuni principi desunti dalla direttiva e trasformati in sistemi di osservazione e misura della attività di ricerca posta in essere hanno rappresentato l'elemento unificatore per compiere le analisi del caso.

In particolare l'approccio di questa analisi intende basarsi sul punto di vista dell'utente finale e della sua necessità di avere un accesso agevolato all'informazione geografica che sia rilevante, armonizzata e di qualità.

“Nel continuo processo di trasformazione e modernizzazione delle amministrazioni pubbliche, hanno assunto particolare importanza il tema della qualità dei servizi pubblici e il ruolo centrale del cittadino, non solo come destinatario di servizi, ma anche quale risorsa strategica da coinvolgere per valutare la rispondenza dei servizi erogati ai bisogni reali” (Direttiva n. 243/2005)

Metodologia della ricerca

Il World Wide Web rappresenta una strada efficace verso la distribuzione dei dati digitali in generale, ed è *“uno strumento comunicativo in grado di modificare i flussi informativi all'interno di una organizzazione e tra essa e l'esterno”*.

Nel caso di questa analisi è stato anche il principale bacino da cui attingere le informazioni riguardo i siti di interesse.

La metodologia dell'analisi dei geoportali regionali ha previsto lo studio dei siti cartografici ufficiali delle amministrazioni regionali. I siti in Italia sono 21, uno in più rispetto alle 20 regioni italiane, in quanto la Regione Trentino-Alto Adige, dotata di statuto speciale, delega la materia alle competenze delle due Province Autonome (Trento e di Bolzano).

L'analisi è stata focalizzata sulle componenti principali della infrastruttura dell'informazione territoriale, così come definita dall'articolo 3 della Direttiva INSPIRE: *“i metadati, i set di informazioni territoriali e i servizi relativi ai dati territoriali; i servizi e le tecnologie di rete; gli accordi in materia di condivisione, accesso e utilizzo dei dati e i meccanismi, i processi e le procedure di coordinamento e di monitoraggio stabilite, attuate o rese disponibili”*.

In particolare si è soffermata su quelle componenti di maggiore interesse per un utente “comune”, dunque metadati, dati e servizi, ma soprattutto sugli aspetti legati all'usabilità degli strumenti forniti on-line. I siti-web presi in considerazione sono dunque quelli con accesso libero, che non necessitano registrazione o password per l'accesso.

L'usabilità, come definito nella norma ISO 9241-11 *“Ergonomics of human-system interaction - Guidance on usability”* l'usabilità è definita come il grado in cui un prodotto può essere usato da specifici utenti per raggiungere specifici obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in uno specifico contesto d'uso.

Lo studio della vastissima letteratura in materia di parametri ed indicatori ha portato alla loro selezione seguendo una progressiva definizione, utilizzando il metodo descrittivo C-I-M: Criteri-Indicatori- Misure. Nella scelta vengono dunque valutati progressivamente il criterio, l'indicatore e il metodo di misurazione dell'indicatore.

Inoltre, gli indicatori sono stati scelti in base alla rispondenza a cinque caratteristiche definite “S-M-A-R-T”:

- Simple : Semplicità, facilità di interpretazione;
- Measurable: Misurabilità, verificabilità e riproducibilità statistica;
- Attainable. Accessibilità, monitor abilità regolare;
- Realistic: Realismo e rilevanza
- Time bound: Circoscrivibilità temporale.

Alcuni parametri prescelti dunque toccano aspetti fondamentali dell'approccio utente-geoportale, e in particolare fanno riferimento al dominio dell'usabilità e fruibilità del geoportale; questi aspetti sono: la visibilità, l'accessibilità, la congruenza, l'accessibilità dell'interfaccia.

Altri parametri definiscono le caratteristiche tecniche del geoportale; queste caratteristiche sono: presenza di metadati/cataloghi di ricerca nel geoportale, presenza di view services nel geoportale, caratteristiche dei servizi di visualizzazione, presenza di download services ed altri tipi di servizi.

Per fare ciò è stato condotto un'analisi sui siti regionali, tramite la quale sono stati raccolti e successivamente confrontati i dati.

Definizione dei criteri e dei parametri scelti

Visibilità- La visibilità è stata definita come la capacità di un geoportale di essere facilmente trovabile, senza l'ausilio di altri strumenti tecnici quali motori di ricerca, all'interno della *home page* del sito regionale. La possibilità di accedere in maniera semplice ai dati territoriali è una caratteristica molto importante, nonché la fondamentale condizione per consentire l'accessibilità. Inoltre questo criterio ha varie implicazioni: dal punto di vista pratico è utile per capire effettivamente la facilità nel trovare l'informazione che cerchiamo, perché un'informazione difficile da trovare è un'informazione anche difficile da ottenere; dal punto di vista teorico, ci fa capire la considerazione che una regione ha riguardo l'informazione geografica. La visibilità può essere misurata in base ai link su cui bisogna cliccare dalla home page per arrivare alle pagine dedicate alla cartografia regionale; in base a questo, è stata fatta una classificazione che ne misura l'entità:

- alta visibilità: quando la homepage regionale ha un link diretto al geoportale;
- bassa visibilità: quando la homepage non ha un link diretto al geoportale, ma bisogna navigare per più pagine prima di trovare il percorso corretto per arrivare alla *homepage*.

Accessibilità- L'accessibilità fa riferimento alla capacità dei contenuti del portale di essere facilmente compresi (non fa espressamente riferimento alle norme sull'accessibilità da parte di persone disabili); in particolare in questo contesto parliamo di accessibilità di linguaggio, e cioè riguardo all'uso della lingua italiana negli strumenti dell'interfaccia per la visualizzazione dei dati.

"L'accessibilità dei servizi è uno degli elementi più qualificanti dell'orientamento al cittadino: Internet, per la sua intrinseca proprietà di interazione tempestiva e flessibile, rappresenta il canale più idoneo ad estenderne la fruibilità." (Direttiva 27 luglio 2005). In questo senso è stato valutato l'uso della lingua italiana e/o straniera (in genere inglese) per l'interfaccia grafico e per gli strumenti presenti sul geoportale

Congruenza- La congruenza è riferita alla terminologia usata per il nome del navigatore o visualizzatore di dati. Questo indicatore intende verificare se c'è una nomenclatura condivisa tra le regioni italiane.

Funzionalità dell'interfaccia- Con questo parametro qualitativo vengono confrontate le funzionalità dei geoportali regionali con le funzionalità minime dei servizi di consultazione stabilite nell'art.11 della Direttiva INSPIRE, che consentono almeno di eseguire le seguenti operazioni: *"visualizzazione, navigazione, variazione della scala variazione della scala di visualizzazione (zoom in e zoom out), variazione della porzione di territorio inquadrata (pan), sovrapposizione dei set di dati territoriali consultabili e visualizzazione delle informazioni contenute nelle legende e qualsivoglia contenuto pertinente dei metadati"*.

Presenza di metadati- In questo caso è stata censita la presenza di metadati associati ai dati territoriali, la loro conformità agli standard (ISO; OGC) e la loro completezza.

Presenza di cataloghi- Riguarda la possibilità di utilizzare il servizio di ricerca di set di dati in base al contenuto dei metadati.

Presenza di download services- Viene rilevata la possibilità di scaricare i dati e il tipo di formato scaricabile.

Risultati

Alla fine dell'analisi i dati raccolti entro la fine di Aprile 2008 consentono di elaborare dei risultati statistici sui geoportali regionali e fare alcune riflessioni.

Il risultato per quanto riguarda la visibilità è che i geoportali non sono facilmente visibili: solo nel 20% dei casi i geoportali sono direttamente collegati alle home page dei rispettivi siti amministrativi.

Per quanto riguarda l'accessibilità, solo nel 50% dei casi circa si è riscontrato l'esclusivo uso della lingua italiana: in molti altri casi si nota l'uso misto di termini italiani e inglesi, mentre in due casi non viene utilizzata la funzione dei *tooltips*, quindi alcuni strumenti dell'interfaccia non hanno

traduzione in alcuna lingua. E' rarissima la presenza di guide per l'utilizzo e la consultazione delle mappe.

Per quanto riguarda la congruenza della terminologia, il risultato sorprendente è l'uso di termini diversi riferiti al servizio di visualizzazione dei dati quasi in ogni regione d'Italia: solo 4 regioni su 21 sono concordi nell'usare il termine *web-gis*, mentre tre utilizzano il termine SIT; tutte le altre regioni utilizzano termini diversi, che rendono in alcuni casi difficile l'individuazione del servizio.

Nome del navigatore	Totale
Sistema Informativo Territoriale	4
WebGis	3
Portale cartografico	2
WebSit	1
Catalogo dati ambientali e territoriali	1
Servizio cartografico	1
Visualizzatore dati geografici	1
Web server cartografico	1
Cartografia Interregionale – Interfaccia cartografica	1
Navigatore Cartografico	1
CTR on WEB	1
Carta dell'uso del suolo	1
Informazione geografica- Geoscopio	1
Cartoweb	1
- Browser	1

Fig. 1 – Elenco dei nomi dei navigatori delle regioni Italiane

La ricerca riguardo le funzionalità dell'interfaccia ha rivelato che, se in alcuni casi siamo di fronte a *web-gis* dalle caratteristiche estremamente avanzate, con funzionalità pari a quelle di un *desktop GIS*, dall'altro alcuni *web-gis* non rispettano le caratteristiche base richieste dalla direttiva europea INSPIRE: non è possibile consultare legende, metadati, sovrapporre le cartografie, ecc. In media sono presenti 12 strumenti per la consultazione della mappa, tra i più comuni ci sono: zoom in, zoom out, zoom estensione massima, zoom box, pan, back, overview map, query, print, help. I servizi WMS/WFS sono stati implementati in sole cinque regioni.

Per quanto riguarda i metadati, che rappresentano la richiesta di adeguamento più urgente in merito alla Direttiva INSPIRE, solo poche regioni (12 regioni su 21) sono in grado di offrire la possibilità di consultare i metadati, mentre ancora più ridotto è il numero di regioni i cui metadati sono conformi alle normative internazionali (standard ISO-OGC). Inoltre, una sola regione per ora ha applicato le linee guida pubblicate dal CNIPA nel 2006 per l'applicazione dello standard ISO 19115. Ne consegue che il servizio di ricerca dei metadati è stato implementato solo in una minima percentuale delle regioni.

Anche la possibilità di scaricare i dati è una prerogativa che solo un terzo delle regioni italiane, offrono per dati sia raster che vettoriali, in formato shp, dxf, dwg. Non è stato considerato valido ai fini dell'analisi il download dei file il formato .pdf. Raramente è concesso di vedere l'anteprima dei dati scaricabili; nella maggior parte dei casi il processo per il download dei dati avviene nella stessa pagina del visualizzatore.

Attività future

Il LABSITA (www.labsita.org) sta continuando ad operare nella ricerca ed intende continuare in concerto con lo sviluppo delle attività di trasposizione e di "monitoring and reporting" di INSPIRE. I risultati delle attività sinora svolte sono state oggetto di conferimento anche alla rete tematica

“ESDINet+” (<http://www.esdinetplus.eu/>) proprio per la individuazione a livello europeo delle “best practices” delle infrastrutture di dati territoriali.

Bibliografia

- Circ. 13 marzo 2001, n. 3/2001, “Linee guida per l'organizzazione, l'usabilità e l'accessibilità dei siti web delle pubbliche amministrazioni”.
- CNIPA, Repertorio nazionale dei dati territoriali, Linee guida per l'applicazione dello Standard ISO 19115 Geographic Information Metadata, 25 Settembre 2006.
- Craglia, 2008. Study of the Socio-Economic Impact of the Spatial Data Infrastructure in the Region of Catalunya: Executive summary.
- Crompvoets, J. Bregt, AK. Wachowicz, M. Jan Hofstede, G. Vereijken, P. De Man, E Exploring worldwide the impact of society on the success of national spatial data clearinghouse, 2002
- Crompvoets, J. Bregt, AK. Bree, F de. Oort, P van, Loenen, B. van, Rajabifard, A, & Williamson, IP (2005). Worldwide (status, development and) impact assessment of geoportals. In A Abdelaal, Al Khalifa, A Shaker, MM Radwan, S Elghazaly & Y Abdel-Aziz (Eds.), Proceedings of the FIG Working Week 2005 and 8th International Conference on the Global Spatial Data Infrastructure (GSDI-8) 'From Pharaohs to Geoinformatics' (pp. 1-6). Cairo, Egypt April 16-21, 2005 Frederiksberg.
- Compvoets J., Stuiiver J., Worldwide impact assessment of geoportals, 2005, Wageningen University, Centre for Geo-Information Wageningen, The Netherlands, AGILE 2005
- Decreto Legislativo 7 marzo 2005, n. 82/2005 "Codice dell'amministrazione digitale"
- Decreto Ministeriale 8 luglio 2005, n. 183/2005 “Requisiti tecnici e i diversi livelli per l'accessibilità agli strumenti informatici”.
- Delgado Fernández, T., Lance, K.T. and ... [et al.] (2005) Assessing an SDI readiness index. In: FIG 2005 and GSDI-8 : proceedings of the FIG working week 2005 and 8th international conference on the global spatial data infrastructure (GSDI-8), Cairo, Egypt , 16-21 April 2005.
- de Man E., W. H., Understanding SDI: complexity and istitutionalization. Taylor and Francis Ltd International Journal of Geographical Information Science, Volume 20, Number 3, Number 3, pp. 329-343(15), March 2006.
- Di Donato P., Salvemini M., Informazione Geografica, PSI (Public Sector Information) ed e-Government. - Un'analisi sulle Province Italiane , VI Conferenza Asita, Perugia 5-8 novembre 2002. Direttiva 27 luglio 2005, n. 243/2005 “Direttiva per la qualità dei servizi on line e la misurazione della soddisfazione degli utenti”
- EC, 2007. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)
- Grus, L. Crompvoets, J. Bregt, AK. (2007). Multi-view SDI Assessment Framework in the International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 2007, Vol. 2, 33-53.
- JRC, INSPIRE State of Play 2006
- JRC, Report of International Workshop on Spatial Data Infrastructures' Cost-Benefit / Return on Investment, Workshop “Assessing the impacts of SDI”, Ispra, Italy, 12-13 Gennaio 2006.
- Mercadante V., Salvemini M., Geoportals evaluation. Italian Regions: A case study, 11th AGILE Conference, Girona, 5-8 Maggio 2008
- Vandenbroucke D., Beusen P., Spatial Data Infrastructures in Italy: State of Play Autumn 2006. K.U Leuven (SADL + ICRI) + Margaret Hall Consultant (Hall). 2006

CLASSIFICAZIONE E CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO EDILIZIO: INTEGRAZIONE E CONSULTAZIONE DI BANCHE DATI TRAMITE TECNOLOGIE GIS

Andrea MINGHETTI (*), Paola AFRICANI (*), Elena FERRARI (*),
Luca LORENZINI (*), Elisa PASELLI (*)

(*) SIT – Comune di Bologna, Piazza Liber Paradisus 10 – Bologna, tel. 051/2194019,
fax 051/2194027 – sitadmin@comune.bologna.it

Riassunto

La Regione Emilia-Romagna con la Legge 20 del 2000 “Disciplina generale sulla tutela ed uso del territorio” ha introdotto una serie di nuovi strumenti urbanistici di pianificazione per il governo delle trasformazioni territoriali: il PSC (Piano Strutturale Comunale), il RUE (Regolamento Urbanistico Edilizio) ed il POC (Piano Operativo Comunale).

Il PSC del Comune di Bologna ha già terminato l'iter di approvazione, mentre il POC e il RUE sono ancora in fase di realizzazione. Quest'ultimo è lo strumento che detterà le norme sulle trasformazioni che si potranno realizzare su un edificio, siano esse restauri, ristrutturazioni, ampliamenti, ecc.

A supporto delle esigenze dei tecnici comunali, il cui compito è di regolamentare il territorio secondo le azioni previste dai piani, il SIT del Comune di Bologna ha predisposto, attraverso l'uso di tecnologie GIS, un metodo di classificazione degli edifici di importanza storico-architettonico e documentale. Il metodo di classificazione si basa su informazioni reperibili attraverso cartografie storiche, foto aeree, banca dati dei precedenti edilizi associati allo stesso edificio e su *Pictometry*®, il sistema di archiviazione e visualizzazione di foto aeree distribuito in Italia dalla CGR (Compagnia Generale RipreseAeree), che fornisce immagini oblique e viste georeferenziate dell'ambiente urbano.

L'esperienza condotta dal SIT del Comune di Bologna evidenzia come un appropriato utilizzo delle diverse tecnologie presenti sul mercato, unito al vasto patrimonio storico/documentale, recuperato e reso agilmente consultabile, consente un attento monitoraggio del territorio anche evitando costosi ed impegnativi sopralluoghi.

Il dato di riferimento per il lavoro svolto è il Catasto Urbanistico 1949, costituito da una serie di mappe su base catastale in scala 1:2000 (per ogni singolo isolato del territorio comunale) e da schede statistiche associate che contengono informazioni di tipo storico, condizioni edilizie ed igieniche di ogni singolo edificio.

La metodologia utilizzata prevede le seguenti fasi di lavoro: georeferenziazione delle mappe del Catasto Urbanistico, interpretazione e comparazione degli archivi storici fotogrammetrici e cartografici, consultazione delle pratiche inerenti gli interventi edilizi succeduti ed un esame dello stato attuale.

Il risultato di queste operazioni è una classificazione degli edifici di interesse storico-architettonico e documentale per i quali il RUE fornirà specifiche indicazioni normative.

Abstract

The Emilia-Romagna Region, with the LR 20/2000 law, has introduced a series of new urban planning instruments for the territory transformations management: the PSC, the RUE and the POC.

The Bologna Municipality has already approved the PSC, while the POC and the RUE are still being processed. RUE will set the rules for building transformations, i.e. restaurations, restructurings, enlargements, etc.

In order to help the municipal technicians in charge of territory control according to the plans, the SIT of the Bologna Municipality has developed a method of buildings' classification by GIS technologies.

The SIT of Bologna Municipality has acquired good experience while proving that the use of information technology, together with an easily accessible historical/documentary heritage (historical cartographies, aerial photos, database of previous associated building permits and *Pictometry*® Library), allowed close monitoring of the territory without expensive and demanding inspections.

The reference data for the work were the 1949 Catasto Urbanistico, a series of maps (scale 1:2000) and many cards with statistical information.

The methodology used has been a sequence of different phases of work: georeferencing of the maps, interpretation and comparison of the historical photogrammetric and cartographic archives, consultation of the building practices and examination of the actual state. All these operations led to a historical-architectural and documental classification of the buildings.

Introduzione

Il Comune di Bologna, con delibera del Consiglio Comunale del 14 luglio 2008, ha approvato il Piano Strutturale Comunale (PSC), strumento di pianificazione urbanistica previsto dalla Legge Regionale n° 20 del 2000 "Disciplina generale sulla tutela ed uso del territorio" per delineare le scelte strategiche di assetto e sviluppo e per tutelare l'integrità fisica ed ambientale e l'identità culturale del territorio.

Conclusa questa fase di pianificazione, il passo successivo prevede la redazione del RUE (Regolamento Urbanistico Edilizio), lo strumento che definisce criteri e metodi per la disciplina di interventi diretti sugli immobili.

Il RUE regola l'attività edilizia: raccoglie le norme relative agli elementi costitutivi degli edifici esistenti e focalizza la sua attenzione sugli edifici d'interesse storico-architettonico, individuati da PSC, e sugli edifici d'interesse documentale, identificati tra quelli presenti sul territorio nel 1949 e tuttora riconoscibili. La scelta di tale anno è motivata dalla disponibilità di un documento su base catastale, che rappresenta la situazione di Bologna pochi anni dopo la seconda guerra mondiale.

Nel presente lavoro si ripercorrono in dettaglio le fasi di un procedimento ideato per la realizzazione di una banca dati del patrimonio immobiliare presente sul territorio comunale al 1949, costituito dagli edifici di valore documentale che rappresentano una rilevante testimonianza del passato.

Procedimento per la creazione della banca dati

- Georeferenziazione del Catasto Urbanistico 1949

Per poter creare una base cartografica che contenga tutto il patrimonio immobiliare presente negli anni immediatamente successivi al periodo bellico, si è reso necessario convertire in formato digitale il Catasto Urbanistico del 1949, documentazione realizzata per pianificare gli interventi di ricostruzione e in seguito utilizzata per la successiva redazione del primo Piano Regolatore Generale di Bologna del 1955.

Il censimento divide il territorio comunale in 14 zone statistiche, a sua volta suddivise in diversi isolati. Per ogni isolato si ha una scheda statistica, composta da un estratto cartografico su base catastale in scala 1:1000 o 1:2000 e da un insieme di dati alfanumerici.

Nella cartografia sono contenute una serie di informazioni sui singoli edifici: numero civico, numero di piani e stato di conservazione dell'edificio (distrutto, gravemente danneggiato, lievemente danneggiato, intatto).

La scheda risulta completata da una tabella che fornisce numerose informazioni relative alle condizioni edilizie degli immobili (valutazioni dello stato fisico delle strutture e delle finiture edilizie), alle condizioni igieniche, alle destinazioni d'uso, al numero delle unità immobiliari presenti ed alla loro eventuale produzione di rumori, odori e rifiuti nel caso di attività industriali.



Figura 1 – Scheda Statistica del Catasto Urbanistico 1949

Le schede statistiche sono state recuperate mediante scansione ad alta risoluzione al fine di assicurare un'ottima lettura delle annotazioni a matita. Le parti cartografiche sono state poi georeferenziate mediante l'utilizzo del software ArcView della ESRI.

La georeferenziazione non sempre si è rivelata un'operazione semplice, per la difficoltà di individuare punti di controllo uniformemente distribuiti sia sulla cartografia del Catasto Urbanistico che sulla Carta Tecnica Comunale (CTC) a scala 1:2.000.

- Consultazione del repertorio fotogrammetrico-cartografico

La consultazione del repertorio fotogrammetrico e delle cartografie storiche viene effettuata attraverso gli strumenti di sovrapposizione, tipici degli applicativi GIS.

Il repertorio (in formato ecw) comprende una serie di ortofoto disponibili a partire dagli anni 30 con cadenza quasi decennale, e una serie di cartografie storiche, che partono da metà dell'Ottocento,

anch'esse georeferenziate. Tutto il materiale è consultabile sul sito Internet del SIT alla voce "Consultazione comparata repertorio storico fotopiani e mappe".

Attraverso la funzione di sovrapposizione di più layer georeferenziate offerta dai GIS, è possibile determinare quali edifici esistenti all'anno 1949 siano tuttora presenti sul territorio comunale.

La consultazione di tutto il repertorio cartografico ed aereo a disposizione spesso non consente al tecnico di stabilire se l'attuale edificio, oggetto di analisi, è effettivamente lo stesso rappresentato sul Catasto Urbanistico del 1949; è quindi necessario ricorrere all'esame di altre banche dati comunali quali le librerie di immagini *Pictometry*® e il gestore dell'archivio delle pratiche edilizie in uso presso l'amministrazione comunale ProcEdi, prodotto della CORE Soluzioni Informatiche.

- Librerie di immagini *Pictometry*®

Il lavoro di analisi e classificazione degli oggetti edilizi è stato notevolmente agevolato in seguito all'acquisto da parte del Comune di Bologna dell'innovativo prodotto *Pictometry*® del Gruppo Blom ASA, distribuito in Italia dalla CGR – Compagnia Generale Riprese aeree Spa di Parma.

Si tratta di una rivoluzionaria tecnica digitale di acquisizione di immagini aeree ad alta risoluzione, ortogonali ed oblique.

Le immagini vengono acquisite sia con un'angolazione della camera di 40°, fornendo viste prospettiche ad alta definizione, sia perpendicolarmente al terreno, fornendo immagini ortogonali, che hanno risoluzioni elevatissime e che presentano grosse aree di sovrapposizione.

Electronic Field Study (EFS) è il software che consente all'utente di esplorare, partendo da un qualsiasi punto di una cartografia o di un'ortofoto georeferenziate, la molteplicità delle immagini *Pictometry*® disponibili.

Attraverso i comuni tool di navigazione è possibile esplorare le immagini in ogni minimo dettaglio, spingendosi fino a piccoli elementi, come tombini o pali della luce. Dal momento che ogni oggetto nelle immagini risulta georiferito, l'utente ha la possibilità di effettuare comodamente dalla propria postazione misure di altezze, distanze e aree, così come individuare le coordinate dei punti.

L'alta risoluzione delle immagini ed il gran numero di tool disponibili nel software EFS, fanno di *Pictometry*® uno strumento indispensabile nel monitoraggio del territorio, poiché riduce notevolmente tempi e costi di operazioni impegnative come quelle dei sopralluoghi, offrendo un notevole vantaggio economico ad un comune di certe dimensioni.

Il sistema è inoltre dotato di strumenti di ricerca avanzata che, integrati con la banca dati del SIT (in particolare con il database dei riferimenti territoriali) consentono di effettuare interrogazioni per via e numero civico, dimezzando ulteriormente i tempi di consultazione.

L'insieme di questi vantaggi motiva l'acquisto di aggiornamenti annuali delle librerie di *Pictometry*® da parte del Settore Territorio ed Urbanistica.

- ProcEdi: Gestore Pratiche Edilizie

ProcEdi è un innovativo gestore di pratiche edilizie che consente sia la consultazione che l'aggiornamento dei dati.

Il compito del SIT non si conclude nel continuo e costante aggiornamento dei dati di propria competenza, ma si completa con il coordinamento e con lo sviluppo di tutto il sistema, portando tutti i flussi informativi afferenti al territorio a convogliare in un unico database.

Il primo livello di aggiornamento, indubbiamente il più importante, è l'aggiornamento della CTC, in particolare per la parte dei riferimenti territoriali (fabbricati, civici e archi strada) e degli identificativi catastali.

Su una base cartografica in costante aggiornamento intervengono le strutture tecniche urbanistiche preposte dall'amministrazione alla gestione dei dati tecnici e descrittivi legati al rilascio di autorizzazioni nell'ambito di interventi edilizi diretti o mediante piani particolareggiati e programmi integrati.

L'obiettivo del sistema è quello di allineare i vari flussi, inserendo per ogni oggetto tutte le relative pratiche edilizie. Si possono quindi trovare informazioni su possibili interventi di nuova costruzione su lotto libero, di ampliamento, di ristrutturazione, di demolizione, di demolizione con ricostruzione o di denunce d'inizio attività.

L'aggiornamento viene quindi effettuato a seguito di ogni titolo abitativo rilasciato mediante DIA o permesso di costruire, il SIT però nella gestione conserva tutto lo storico in modo da poter avere in ogni momento una scheda completa dell'oggetto edilizio.

Le schede contengono informazioni degli oggetti edilizi tra cui lo storico della numerazione civica, che consente un confronto tra la città del 1949 (le mappe del Catasto Urbanistico) e la città attuale (la CTC).

L'utente accede alla complessa banca dati con semplici e svariate chiavi di accesso, che vanno dal tipico civico al codice di riferimento del fabbricato, agli estremi catastali, al numero della pratica edilizia che ha interessato una qualsiasi trasformazione dell'oggetto edilizio. Quest'ultima chiave è risultata particolarmente utile, poiché spesso la cartografia del Catasto Urbanistico presenta degli appunti, con indicati il numero e l'anno dell'intervento edilizio.



Figura 2 – Consultazione banca dati per un oggetto edilizio (tra cui immagini Terraltaly TM by Pictometry) - ©Compagnia Generale Ripresearee S.p.A. – Parma)

La banca dati del patrimonio immobiliare

Il SIT lavora alla predisposizione di un database che entrerà ad esser parte del RUE, in particolare della cartografia ad esso associata.

Dalla consultazione ed analisi del vasto repertorio, cartografico ed alfanumerico, vengono individuati sul territorio comunale gli edifici presenti nel Catasto Urbanistico del 1949.

L'obiettivo del lavoro è di classificare esclusivamente gli edifici originali tuttora esistenti, cioè tutti quelli che pur avendo subito delle trasformazioni nel tempo, risultano materialmente invariati; si escludono quindi gli oggetti demoliti e fedelmente ricostruiti.

Ovviamente le trasformazioni del territorio bolognese e del suo patrimonio sono state numerose in questi sessant'anni, sono quindi diversi i casi che si presentano nell'analisi del patrimonio immobiliare: edifici invariati rispetto al 1949, edifici ampliati con sopraelevazione e/o con variazione di sagoma ed edifici ridotti a semplici ruderi.

Tutte le casistiche confluiscono in un unico database, che sarà in seguito reso facilmente consultabile in modo da consentire ai soggetti competenti una selezione degli edifici classificati, individuando solo quelli che hanno effettivamente un interesse storico-architettonico e documentale da tutelare.

Conclusioni

Il lavoro descritto in questo articolo evidenzia quanto sia importante il recupero del passato per una migliore comprensione del presente: analizzare, attraverso serie documentali storiche, la struttura del patrimonio immobiliare del territorio comunale è un percorso obbligatorio per poter definire norme che tutelino e salvaguardino la città nella sua interezza.

Un esame così complesso e dettagliato dei singoli oggetti edilizi ha consentito di strutturare e di realizzare una banca dati degli immobili storici selezionando con attenzione gli oggetti presenti sul territorio, comprendendo quei casi che potrebbero non risultare di interesse storico da un semplice sopralluogo o dalla consultazione di un numero limitato di ortofoto.

L'esperienza condotta sottolinea l'importanza delle tecnologie presenti sul mercato e la necessaria presenza di un soggetto qualificato (SIT) che ne utilizzi a pieno le potenzialità, per ottenere un'analisi significativa dell'evoluzione territoriale, coordinando le banche dati disponibili in un sistema a rete in modo da governare i flussi informativi in una visione sempre più aderente alle logiche di governance della pubblica amministrazione.

Riferimenti bibliografici

Prati D. (2007), *Analisi delle variazioni a scala urbana mediante recupero in ambiente GIS di cartografia storica* - Tesi di Laurea in Ingegneria Civile, DISTART, Bologna.

Minghetti A., Civitella G., Milani M., Poggiali M. (2002), "La città di vetro – Consultazione interattiva di mappe e fotopiani storici digitalizzati del Comune di Bologna ", Atti VI Conferenza nazionale ASITA, Perugia.

<http://urp.comune.bologna.it/PortaleSIT/portalesit.nsf>

<http://www.comune.bologna.it/psc/>

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

<http://www.blomasa.com/cgr/it>

<http://support.esri.com/>

ANALISI DELL'INFLUENZA DELLA RISOLUZIONE DEL DEM E DELL'AREA DI SOGLIA SULLA RISPOSTA IDROLOGICA A SCALA DI BACINO

C. MIRABELLA, L.V. NOTO, G. LA LOGGIA

Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali; Università di Palermo, viale delle Scienze,
90128 PALERMO, tel. 091-6657711 – fax 091-6657749
e-mail: claudiamirabella@alice.it, valerio@idra.unipa.it, glal@idra.unipa.it

SOMMARIO

Il comportamento idrologico di un bacino è influenzato dalle sue caratteristiche geomorfologiche, le quali hanno conseguenze dirette sulla dinamica della formazione delle piene fluviali. In questo lavoro sono stati presi in esame sette bacini siciliani, di dimensioni comprese tra i 30 km² e i 1800 km², per valutare l'influenza della dimensione di maglia del DEM e dell'area di soglia sulla risposta idrologica a scala di bacino, determinata sia con un modello geomorfologico (GIUH) che con uno topologico (TIUH). I risultati ottenuti evidenziano che le portate al colmo ricavate dal GIUH presentano maggiore variabilità rispetto a quelle ricavate dal TIUH a causa della differente sensibilità all'area di soglia e alla dimensione di maglia del DEM dei parametri da cui i due modelli dipendono.

ABSTRACT

It is recognized that catchment geomorphology relationships can be used as predictors of catchment flood properties. In this paper, seven catchment, with area ranging from 30 km² to 1800 km², have been analyzed in order evaluate the influence of DEM size and the threshold area on the hydrological response at the catchment scale using the geomorphologic instantaneous unit hydrograph approach (GIUH and TIUH). The results show that the maximum peak discharges obtained using GIUH exhibit a variability greater than discharge obtained by means of TIUH. This is due to the different sensitivity of the parameters of GIUH and TIUH to the threshold area and the DEM size.

1 INTRODUZIONE

Il comportamento idrologico di un bacino è influenzato dalle sue caratteristiche topografiche e geomorfologiche, le quali hanno conseguenze dirette sulla dinamica della formazione dei deflussi. In particolare, la geometria del bacino influenza le modalità di aggregazione e i tempi di trasferimento delle particelle d'acqua, la pendenza dei canali e dei versanti incide sulla direzione e sulla velocità delle particelle, la lunghezza media dei canali è uno dei fattori caratterizzanti il tempo di picco dell'idrogramma. Dalla conoscenza delle caratteristiche morfometriche della rete è quindi possibile valutare i parametri della risposta del bacino idrografico potendo così operare anche nei bacini privi di registrazioni.

Negli ultimi anni sono state sviluppate numerose procedure di tipo automatico per la derivazione dei parametri morfometrici che caratterizzano un bacino idrografico e la sua rete idrografica a partire dai DEM (*Digital Elevation Model*). L'approccio tradizionale si basa sull'algoritmo del flusso monodirezionale (*single-flow*) secondo cui ciascuna cella drena sulla cella limitrofa che si trova a quota più bassa (Jenson e Domingue, 1988); il reticolo idrografico viene individuato dall'insieme delle celle che hanno un valore di area di drenaggio superiore ad un fissato valore di soglia chiamato area di soglia (*Asgl*).

In letteratura sono presenti diversi studi che affrontano il problema sulla scelta del valore più appropriato dell'area di soglia: in genere si utilizza arbitrariamente un valore di area di soglia costante in tutto il bacino (Tarboton et al., 1991; O'Callaghan e Mark, 1994), ma alcuni autori sono concordi nell'utilizzo di un'area di soglia costante solo per bacini piccoli e omogenei, mentre per bacini medio-grandi e di maggiore complessità morfologica indicano come più adeguata la scelta di un'area di soglia variabile con la pendenza (Montgomery e Dietrich, 1988; Montgomery e Fofoula Georgiou, 1993); altri infine ritengono necessario l'utilizzo di un'area di soglia variabile con la pendenza in tutti i bacini (Gandolfi e Bischetti, 1995).

Riguardo all'influenza della dimensione caratteristica del DEM, alcuni autori hanno analizzato l'effetto della dimensione di maglia del DEM (*DEMsize*) sulla rappresentazione del territorio constatando che le caratteristiche topografiche derivate dal DEM subiscono in qualche modo l'influenza della *DEMsize* (Hutchinson e Dowling, 1991; Jenson, 1991). La scelta di questo parametro deve quindi nascere da un compromesso tra la necessità di informazioni ad alta risoluzione e la necessità di dover gestire una mole contenuta di dati (Quinn et al., 1991; Zhang e Montgomery, 1994; Wolock e Price, 1994); inoltre l'utilizzo di valori di *DEMsize* non troppo piccoli, oltre a ridurre i tempi di interpolazione per la generazione del DEM, minimizza le zone di singolarità (Agnese et al., 1996).

In questo studio si è analizzata l'influenza della risoluzione del DEM e dell'area di soglia sulla risposta idrologica di sette bacini siciliani. In particolare, una volta estratti automaticamente i reticoli idrografici per diversi valori di *Asgl* e di *DEMsize* e determinati alcuni parametri geomorfologici necessari per la derivazione della risposta idrologica impulsiva, unitaria e istantanea (IUH) (Rodriguez-Iturbe e Valdes, 1979) sia di tipo geomorfologico (GIUH) che di tipo topologico (TIUH), si è analizzata l'influenza dell'area di soglia e della dimensione di maglia del DEM sulle portate al colmo.

2 DATI E BACINI

L'analisi è stata effettuata su sette bacini siciliani (Fig.1, Fig.2), con dimensioni comprese tra i 30 km² e i 1800 km².

<i>ID</i>	<i>Bacino</i>	<i>Area (Km²)</i>
B01	Tellaro a Castelluccio	106,7
B02	Alcantara ad Alcantara	564,7
B03	Timeto a Murmari	47,3
B04	Freddo ad Alcamo Scalo	270,6
B05	Belice a Belice	813,9
B06	Imera a Drasi	1792,6
B07	Imera settentrionale a Petralia	29,4

Figura 1 - Elenco dei bacini idrografici analizzati

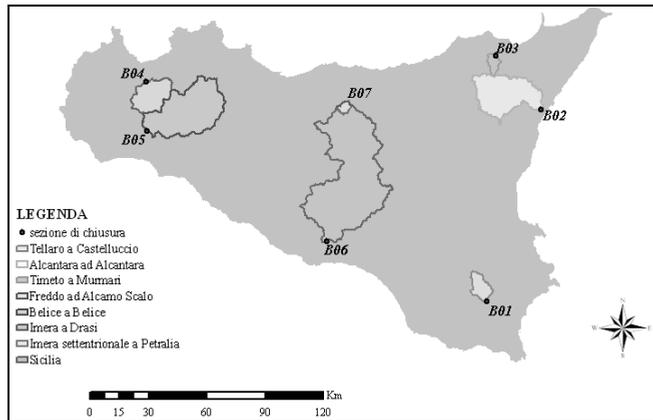


Figura 2 - Ubicazione dei bacini idrografici analizzati

I reticoli idrografici sono stati estratti a partire da un DEM con dimensione di maglia pari a 20 m prodotto dall'Assessorato BB.CC.AA della Regione Siciliana. Dal DEM originario sono stati ottenuti DEM a risoluzione minore (*DEMsize* maggiore) pari a 50, 100 e 200 m, utilizzando come algoritmo di ricampionamento l'interpolazione bilineare.

Per poter estrarre il reticolo è stato necessario fissare un valore di *Asgl* che separa il reticolo ($A_c \geq A_{sgl}$) dai versanti ($A_c < A_{sgl}$). Sono stati fissati più valori di *Asgl*, costanti per tutto il bacino, per poter poi analizzare gli effetti causati da una scelta arbitraria dell'*Asgl* sulla determinazione della risposta idrologica del bacino.

I valori di *Asgl*, in termini di superficie, scelti nel presente studio sono: 120, 80, 40, 20, 12, 8 e 4 ha. Per ciascun valore di *DEMsize* sono stati utilizzati i valori di *Asgl*, in termini di numero di pixel, riassunti in Fig.3; dalla stessa tabella si evince che per ciascun bacino sono stati estratti 28 reticoli idrografici (7 aree di soglia per 4 dimensioni di maglia) per un totale di 196 reticoli idrografici.

<i>Asgl</i> (ha)	<i>Asgl</i> (pixel)			
	<i>DEM 20</i>	<i>DEM 50</i>	<i>DEM 100</i>	<i>DEM 200</i>
120	3000	480	120	30
80	2000	320	80	20
40	1000	160	40	10
20	500	80	20	5
12	300	48	12	3
8	200	32	8	2
4	100	16	4	1

Figura 3 - Valori di *Asgl* in numero di pixel

3 METODOLOGIE

Per ciascuno dei sette bacini in studio, una volta fissata la dimensione di maglia del DEM e l'area di soglia, è stata adottata la stessa procedura: correzione del DEM, estrazione del reticolo idrografico, determinazione di alcuni parametri geomorfologici, derivazione dell'IUH utilizzando sia un modello di tipo geomorfologico (GIUH) che di tipo topologico (TIUH) e infine determinazione dell'idrogramma di piena conseguente ad un evento meteorico sintetico.

L'estrazione automatica del reticolo e del bacino idrografico è stata effettuata mediante il sistema ArcGIS 8.1 e con l'ausilio dei softwares *TauDEM* (Tarboton, 2004) ed *ArcHydro*, a partire dal DEM, sono stati ricavati: le direzioni di flusso utilizzando l'algoritmo *sfd Single-Flow Direction* (Jenson e Domingue, 1988), le aree contribuenti, il reticolo ed il bacino idrografico. I reticoli

idrografici così estratti sono stati gerarchizzati utilizzando gli schemi di ordinamento di Horton-Strahler (Horton, 1945; Strahler, 1957) e di Shreve (1966, 1967).

Si riportano, a titolo di esempio, in Fig.4, i reticoli ordinati ricavati con *DEMsize* maggiore e minore (pari a 20 e 200 m) e *Asgl* minore e maggiore (pari a 4 e 120 ha) relativi al bacino del Belice a Belice.

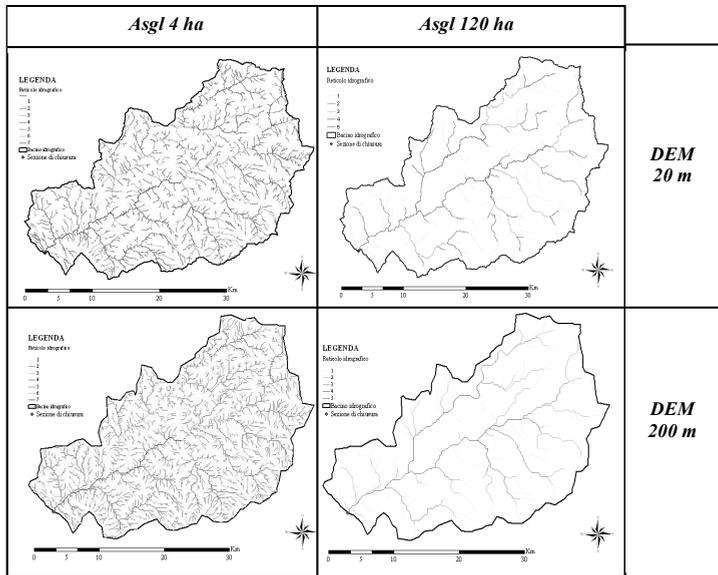


Figura 4 - Reticoli gerarchizzati ricavati con *DEMsize* pari a 20 e 200m e *Asgl* pari a 4 e 120ha

3.1 Derivazione di indici geomorfologici

La risposta idrologica dei bacini analizzati è stata ricavata in funzione di alcuni parametri geomorfologici, utilizzando, come detto, sia un modello geomorfologico (GIUH) che topologico (TIUH): il primo dipende dai rapporti di Horton (R_b , R_l , R_a) e dalla lunghezza del ramo assorbente (L_ω); il secondo dipende dalla magnitudine (μ), dal diametro topologico (λ) e dalla lunghezza media dei rami interni (l).

I rapporti di Horton in genere vengono determinati nella forma classica dovuta a Horton:

$$\frac{N_\omega}{N_{\omega+1}} = R_b \quad [1a] \qquad \frac{\overline{L}_{\omega+1}}{\overline{L}_\omega} = R_l \quad [1b] \qquad \frac{\overline{A}_{\omega+1}}{\overline{A}_\omega} = R_a \quad [1c]$$

dove N_ω è il numero di *stream* di ordine ω , valutate secondo lo schema di Horton-Strahler e R_b è definito rapporto di biforcazione; \overline{L}_ω è la media delle lunghezze degli *stream* di ordine ω e R_l è definito rapporto delle lunghezze; \overline{A}_ω è il valore medio dell'area drenata da uno *stream* di ordine ω e R_a viene definito rapporto delle aree.

La *lunghezza del ramo assorbente* (L_ω) è un parametro fondamentale per la derivazione della risposta idrologica del bacino con un modello geomorfologico ed è definita come la lunghezza del canale di ordine maggiore. I suddetti parametri morfometrici sono stati determinati per ciascuno dei 196 reticoli estratti automaticamente dai vari DEM.

3.2 Derivazione dell'IUH utilizzando un modello geomorfologico (GIUH) e uno topologico (TIUH)

La risposta unitaria e istantanea (IUH) di un bacino idrografico può essere determinata o fissandone la struttura sulla base di considerazioni teoriche e stimandone i parametri o per taratura, utilizzando dati sperimentali contemporanei di afflussi sul bacino e deflussi nella sezione di chiusura, o sulla base di caratteristiche geomorfologiche del bacino, approccio seguito in questo lavoro.

Nel presente studio sono stati utilizzati lo IUH geomorfologico (GIUH), il quale è una derivazione dello IUH basato sul sistema ordinativo di Horton-Strahler, e lo IUH topologico (TIUH) basato sul sistema ordinativo di Shreve.

Il GIUH è stato derivato utilizzando la forma descritta da Rosso (1983), il quale ha dimostrato come la struttura del GIUH sia meglio rappresentata adottando una funzione densità di probabilità di tipo gamma a due parametri:

$$h(t) = \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} \cdot \frac{\ell^{-\frac{t}{k}}}{k\Gamma(n)} \quad [2]$$

I parametri n e k sono stati determinati con le seguenti espressioni in funzione della velocità v :

$$n = 3,29 \left(\frac{R_b}{R_v}\right)^{0,78} R_l^{0,07} \quad [3a] \quad k = 0,70 \left(\frac{R_a}{R_b R_l}\right)^{0,48} \frac{L_\Omega}{v} \quad [3b]$$

Per la determinazione del TIUH è stata utilizzata la forma descritta da Troutman e Karlinger (1985), i quali hanno dimostrato che, per una rete idrografica in cui il valore della magnitudine μ e del diametro λ siano sufficientemente grandi, il TIUH tende asintoticamente ad una funzione densità di probabilità di Rayleigh, ossia:

$$h(t) = \frac{2t}{\sigma^2} \exp\left[-\left(\frac{t}{\sigma}\right)^2\right] \quad [4]$$

dove il parametro σ di tale funzione è stato valutato in funzione della magnitudine μ , della lunghezza media dei rami interni della rete idrografica l_i , e della celerità di propagazione della piena lungo i rami interni della rete c_i , secondo la formula:

$$\sigma = \frac{2l_i \sqrt{\mu}}{c_i} \quad [5]$$

In Fig.5 si riportano a titolo di esempio gli IUH determinati sia con il modello geomorfologico che con quello topologico per il bacino Belice a Belice al variare dell'Asgl per fissata DEMsize pari a 100 m.

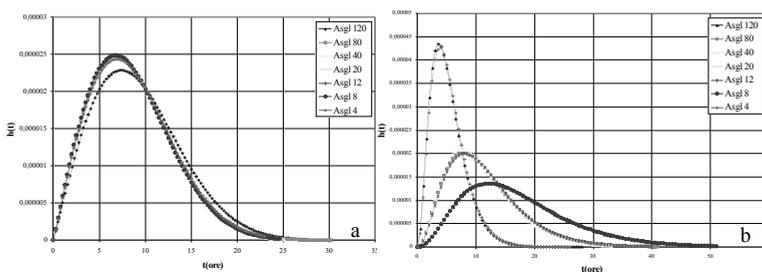


Figura 5 - Effetti dell'Asgl sul TIUH (a) e sul GIUH (b) per DEMsize 100 m per il bacino di Belice a Belice

3.3 Determinazione dell'idrogramma di piena conseguente ad un evento sintetico

Nell'ipotesi di bacino di area A completamente impermeabile, a partire dall'IUH $h(t)$ e da una "forzante meteorica" costituita da un idetogramma sintetico $p(t)$ con durata di 38 ore e altezza di pioggia complessiva di 68,4 mm, è stato determinato, per ciascuno dei 196 scenari individuati,

l'idrogramma di piena attraverso il seguente integrale di convoluzione:

$$Q(t) = A \int_0^t p(\tau) h(t-\tau) d\tau \quad [6]$$

4 ANALISI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

L'effetto dell'area di soglia e della dimensione di maglia del DEM sulla risposta idrologica a scala di bacino è stata analizzata valutando la variabilità delle caratteristiche geomorfologiche e delle portate al colmo su tutti i bacini esaminati.

Come già osservato da Helminger et al. (1993) e da Yang et al. (2001), i rapporti di Horton, comunemente ritenuti scala-invarianti, subiscono invece elevate variazioni al variare dell'*Asgl*.

Confrontando i risultati ottenuti dalle due variabili in esame è stata verificata una maggiore variabilità dei rapporti di Horton al variare dell'*Asgl* rispetto alla *DEMsize*. Tale variabilità è risultata essere maggiore soprattutto nei bacini di piccole dimensioni.

Dall'analisi dei parametri ricavati con l'ordinamento di Shreve è emerso che: la magnitudine μ e il diametro topologico λ della rete presentano la stessa variabilità; in particolare sono invarianti con la *DEMsize* mentre decrescono iperbolicamente con l'*Asgl*; la lunghezza media dei rami interni l_i presenta invece un comportamento opposto ai precedenti, infatti cresce all'aumentare dell'*Asgl* ed è invariante con la *DEMsize* per bassi valori di *Asgl*.

La risposta dei bacini, in termini di portata al colmo conseguente ad una pioggia sintetica, varia con l'*Asgl* e la *DEMsize* in modo differente da un caso a un altro. In Fig.6 sono riportati, per ogni bacino, i valori di minimo, massimo, media, *range* e coefficiente di variazione *CV* delle portate al colmo, ricavate utilizzando sia il GIUH che il TIUH. Nella cella sottostante quella che riporta i valori minimi e massimi sono riportati valori di *Asgl* e *DEMsize* con i quali sono stati ricavati i massimi e i minimi.

BACINO	GIUH					TIUH				
	MIN	MEDIA	MAX	RANGE	CV	MIN	MEDIA	MAX	RANGE	CV
ID 01	111,7	146,7	282,3	170,6	0,28	158,1	176,3	192,7	34,6	0,05
	20m 8ha		200m 20ha			20m 12ha		100m 12ha		
ID 02	337,4	510,7	698,5	361,0	0,29	489,5	533,1	598,7	109,2	0,04
	20m 8ha		200m 120ha			20m 120ha		20m 8ha		
ID 03	78,7	96,2	100,3	21,6	0,07	86,9	93,2	98,2	11,2	0,03
	20m 12ha		20m 4ha			50m 40ha		200m 120ha		
ID 04	295,5	422,6	509,6	214,1	0,17	311,6	342,8	370,4	58,8	0,04
	20m 12ha		100m 20ha			20m 40ha		200m 80ha		
ID 05	477,0	680,3	1.053,8	576,7	0,27	868,4	968,3	1.033,2	164,7	0,05
	100m 8ha		100m 120ha			20m 120ha		200m 12ha		
ID 06	664,9	828,2	1.168,8	503,8	0,10	1.159,3	1207,4	1.275,5	116,2	0,03
	50m 12ha		200m 12ha			20m 40ha		200m 12ha		
ID 07	53,8	68,4	80,8	26,9	0,13	57,4	60,6	63,3	5,8	0,03
	20m 40ha		100m 20ha			20m 8ha		200m 80ha		

Figura 6 - Valori di minimo, media, massimo, range, CV delle portate al colmo, determinate sia con il GIUH che con il TIUH, relativi a ciascun bacino.

Dalla Fig.6 emerge che i valori minimi di portate al colmo si hanno, in genere, per *DEMsize* e *Asgl* bassi; al contrario i valori di portate massime si hanno, in genere, in corrispondenza di *DEMsize* e *Asgl* elevati. Inoltre il confronto tra i valori di range e di CV, relativi al GIUH e al TIUH, mettono in evidenza la minor variabilità delle portate al colmo ottenute con il TIUH rispetto a quelle ottenute con il GIUH.

In Fig.7 è infine schematizzata la variabilità dell'altezza di picco h_p e della portata al colmo Q_p (in termini di coefficiente di variazione CV) intorno alla media al variare dell'*Asgl* e della *DEMsize*.

	% CV	
	<i>Asgl</i>	<i>DEMsize</i>
h_p (GIUH)	50	70
h_p (TIUH)	20	20
Q_p (GIUH-sint.)	15	30
Q_p (TIUH-sint.)	7	7

Figura 7 Valori massimi del CV (in %) al variare dell'*Asgl* e della *DEMsize*

La variabilità relativa alle altezze di picco dell'IUH è maggiore rispetto a quella relativa alle portate massime conseguenti ad una pioggia sintetica; questo è dovuto alla diversa discretizzazione temporale usata nel caso della pioggia impulsiva ($\Delta t=10$ min) e nel caso delle pioggia sintetica ($\Delta t=1$ ora). E' importante osservare che le portate al colmo determinate dal GIUH presentano maggiore variabilità al variare della *DEMsize*; invece quelle determinate con il TIUH presentano la stessa variabilità sia con l'*Asgl* che con la *DEMsize*. La variabilità relativa alle portate, ricavate dal GIUH, è molto più elevata rispetto a quella relativa alle portate ricavate dal TIUH. Tale differenza dipende dalla variabilità dei parametri da cui dipendono il TIUH e il GIUH: la magnitudine e lunghezza media dei rami interni da cui dipende il TIUH, entrambe invarianti con la *DEMsize* e variabili con una relazione potenza con l'*Asgl*, la prima con esponente negativo, la seconda con esponente positivo, si combinano tra di loro bilanciando i reciproci effetti di scala. Il GIUH, invece, dipende dai rapporti di Horton e dalla lunghezza del ramo assorbente L_{Ω} , ma nonostante i primi siano pressoché scala-invarianti, la lunghezza del ramo assorbente varia irregolarmente sia con l'*Asgl* che con la *DEMsize*, soprattutto in corrispondenza della variazione dell'ordine massimo Ω del bacino, aumentando di molto la variabilità della risposta idrologica derivata col GIUH.

In conclusione la valutazione della portata al colmo che si ottiene da un modello geomorfologico (GIUH) risente di una forte influenza sia dell'area di soglia che della dimensione caratteristica del DEM a causa della forte variabilità della lunghezza dello stato assorbente. Più stabili si sono invece rivelati, per la stima di eventi di piena, i risultati ottenuti con il TIUH che si sembra dunque preferibile al GIUH soprattutto nell'applicazione a bacini non strumentati.

BIBLIOGRAFIA

- Agnese C., Criminisi A., La Loggia G., Noto L. (1996), "Influenza della dimensione di maglia e dell'area di soglia nell'estrazione del reticolo idrografico da DEM", *XXV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, I, 353-363.
- Gandolfi C., Bischetti G.B. (1995), "Il valore dell'area di supporto nella generazione automatica della rete di drenaggio dai DEM", *Idrotecnica*, 3, 157-174.
- Helming K.R., Kumar P., Fofoula-Georgiou E. (1993), "On use of digital elevation model data for Hortonian and fractal analyses of channel networks", *Water Res. Research*, 29, 2599-2613.
- Horton, R.E., (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 56: 275-370.
- Resources Research*, 32, 389-399.
- Jenson S.K., Domingue J.O. (1988), "Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis", *Photogrammetry Engineering and Remote Sensing*, 54, 11, 1593-1600.
- Jenson S.K., (1991), "Applications of hydrologic information automatically extracted from digitals elevation models", *Hydrol. Process.*, 5(1), 31-94.

- Montgomery D.R., Dietrich W. E. (1988), "Where do channels begin?", *Nature*, 336, 232-234.
- Montgomery D.R., Foufoula-Georgiou E. (1993), "Channel network source representation using digital elevation models", *Water Resources Research*, 29, 25-3934.
- O'Challagan J.F., Mark D.M. (1984), "The extraction of drainage network from digital elevation data", *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 28, 323-344.
- Quinn P.K., Beven P., Chevallier, Planchon O. (1991), "The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models", *Hydrolog. Processes*, 5(1), 59-79.
- Rodriguez-Iturbe I., Valdes J.B. (1979), "The morphology structure of hydrologic response", *Water Resources Research*, 15, 1409-1420.
- Rosso R. (1984), "Nash model relation to Horton order ratios", *Water Resources Research*, 20, 914-920.
- Shreve R.L. (1966), "Statistical law of stream numbers", *Journal of Geology*, 74, 17-37.
- Shreve R.L. (1967), "Infinite topologically random channel networks", *Journal of Geology*, 75, 178-186.
- Strahler A.N. (1957), "Quantitative analysis of watershed geomorphology", *EOS Trans. AGU* 38, 912-920.
- Tarboton D.G. (2004), "<http://www.engineering.usu.edu/cee/faculty/dtarb/>", *sito internet*.
- Tarboton D.G., Bras R.L., Rodriguez-Iturbe I. (1991), "On the extraction of channel networks from digital elevation data", *Hydrological Processes*, 81-100.
- Yang D., Herath S., Musiak K. (2001), "Spatial resolution sensitivity, of catchment geomorphologic properties and the effect on hydrological simulation", *Hydrolog. Processes*, 15, 2085-2099.
- Wolock D.M., Price V. (1994), "Effect of digital elevation model map scale and data resolution on a topography-based watershed model", *Water Resources Research*, 30, 3041-3052.
- Zhang W., Montgomery R. (1994), "Digital elevation model grid size, landscape representation, and hydrologic simulations", *Water Resources Research*, 30, 1019-1028.

VARIABILI FISICHE ED UMANE NELL'EVOLUZIONE DEL RISCHIO D'INNESCO IN UN'AREA URBANA-FORESTALE

Sirio MODUGNO, Pere SERRA, Anna BADIA

Departamento de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona,
Facultad de Filosofía y Lletres-Edificio B- Campus UAB- 08193- Bellaterra-Cerdanyola del Vallès (Barcelona);
tel 0034 935814814; e-mail sirio.modugno@uab.es

Riassunto

L'accelerazione del processo massivo di urbanizzazione dispersa in zone d'interfase urbana-forestale afferma la necessità di applicare politiche di prevenzione verso gli incendi forestali. Esistono determinate tecniche che permettono un'approssimazione del dove, quando e come un incendio appare e si propaga. Una metodologia che ha mostrato risultati ottimi nella determinazione della probabilità d'innescio d'incendi forestali è stata la regressione logistica. Questo metodo combinato con dati satellitari e con un sistema d'informazione geografica, permette determinare la probabilità d'accadimento degli incendi grazie alla presenza ed assenza dei punti di accensione dei focolai. In questo lavoro si è applicata la tecnica della regressione logistica in un'area fortemente antropizzata della Catalogna colpita storicamente da incendi forestali, specialmente nei due anni analizzati, 1994 e 2003. I risultati mostrano che le zone con minor altitudine e minor distanza rispetto alle zone urbanizzate ed alle infrastrutture viarie presentano elevate probabilità di innescio. Il modello ottenuto incrementa il suo potere esplicativo, con una curva ROC di 0,68 nel 1994 a una curva ROC di 0,76 nel 2003, dovuto ad un maggior grado di pressione urbanistica.

Abstract

The acceleration of the massive process of disperse urbanization in zones of urban-forest interphase reasserts the necessity of applying policies towards forest fire risk prevention. There are several techniques which allow an approach to assessing where, when and how a fire starts and spreads. Logistic regression has been proved to yield optimal results in the determination of ignition probability. This procedure, along with satellite data and a geographical information system, allows the determination of the occurrence probability of fires from the presence or absence of ignition points. This work has focused on a highly urban-developed zone in Catalunya, historically affected by forest fires, especially on those two analyzed years, 1994 and 2003. Results show that areas at a lower altitude and closer to urban infrastructures and road networks present high ignition probabilities. The derived model increases its explanatory power, ranging from a ROC curve of 0.68, in 1994, to a 0.76 ROC curve, in 2003, as a consequence of the higher urbanistic pressure.

Introduzione

Lo studio del rischio d'incendio forestale può essere affrontato considerando un maggiore o minore grado di responsabilità del fattore umano. In determinati studi si enfatizzano le caratteristiche biofisiche dove le variabili sono usate per ottenere la propensione all'inflammabilità (Chuvieco et al., 1998; Manzo-Delgado et al., 2007; Vidal and Devaux-Ros, 1995). Il minimo comune denominatore degli studi che utilizzano le variabili biofisiche è considerare come fondamentale il contenuto di umidità nelle superfici forestali ed interpretare questo inversamente proporzionale alla combustione potenziale (Nelson, 2001). Un'altra linea di investigazione è quella che cerca di stimare le influenze antropiche, principalmente relazionate con la presenza umana, come causa diretta o indiretta degli incendi (Vega et al., 1995; Vilar et al., 2007; Chuvieco y Martin, 2004).

Senza dubbio, i fattori biofisici sono determinati da una certa regolarità, le azioni umane, invece, sono abbastanza imprecisabili ed il riconoscimento degli indicatori che definiscono una maggiore o minore responsabilità antropica nella comparsa di focolai, si configura come un compito difficile, caratterizzato dall'incertezza dei risultati. In questo lavoro si considera un'area con un modello di urbanizzazione dispersa con la presenza di grandi centri, allo stesso tempo il territorio è caratterizzato da un grande valore naturale per la presenza di aree boschive. Si delinea quindi un buon esempio di zona di interfase urbana-forestale del mediterraneo. La statistica, attraverso la regressione logistica, può evidenziare le relazioni esistenti tra alcune variabili e l'incidenza di punti d'accensione degli incendi boschivi.

Area di Studio

L'area di studio si localizza in Spagna nella provincia di Barcellona, nella zona della catena *pre-litoral* con una superficie di 1710 km² (figura1). In quest'area esistono 38 municipi, tra i più importanti Manresa, Sabadell e Terrassa. Allo stesso tempo nella zona coesistono 4 parchi naturali: Montserrat, Sant Llorenç del Munt, Gallifa e Cingles de Bertí. Queste aree verdi sono utilizzate specialmente in momenti di ozio non solo da un turismo locale ma anche dalla stessa metropoli di Barcellona. La presenza di agglomerati e di persone che frequentemente sono turisti suppone un rischio potenziale nella specifica probabilità di apparizione d'incendi (Caballero,2004). La vegetazione dell'area di studio è tipica mediterranea costituita per il *Pinus halepensis* mentre ad altitudini sopra i 600 m si trovano varietà di *Quercus* a testimonianza di una vegetazione mediterranea - montana. Tutta quest'area si trova in una zona di clima mediterraneo umido, con elevata variabilità climatica stagionale ed annuale: estati secche, autunni piovosi, inverni dolci e primavere umide. Il profilo morfologico è caratteristico di massicci di natura sedimentaria costituiti da antichi coni di deiezione. In questa descrizione si devono ricordare le caratteristiche microclimatiche determinate dall'altitudine con dislivelli di 1000 m.

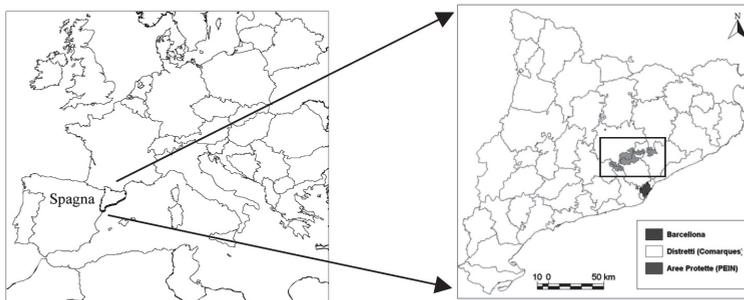


Figura1: Area di studio elaborazione propria

La vegetazione, presente con una propensione all'infiammabilità e alla forte pressione antropica, determina uno scenario di preoccupante vulnerabilità rispetto al fenomeno degli incendi forestali. Si è scelta quest'area pilota per il suo interessante valore ecologico, elevata presenza di punti d'innesco d'incendio, forte pressione antropica ed il predominante modello urbano disperso, creando così zone di interfase urbano-forestale. Quest'area può soddisfare le aspettative di studio perché è rappresentativa di gran parte delle zone mediterranee interessate da incendi forestali.

Metodologia

Il calcolo della probabilità d'apparizione di focolai può essere realizzato applicando la regressione logistica (RLO) poiché si è dimostrato efficace nell'analizzare l'interazione tra variabile dipendente (punti d'innesco) e le variabili indipendenti (Badia, 2000). La RLO è una funzione costituita da una variabile dipendente dicotomica (sì, no; vero, falso; assenza, presenza) ed un insieme di una o più variabili indipendenti quantitative o qualitative. Il risultato che si ottiene è una funzione delle

variabili indipendenti che classifichi gli individui in una delle due subpopolazioni stabilite dalla variabile dipendente. I valori risultanti saranno compresi nel rango 0-1. La funzione è:

$$f(z) = \frac{1}{(1 + e^{-z})} \quad (1)$$

Dove Z si ottiene applicando una regressione lineare multi variante con le variabili indipendenti:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_p X_p \quad (2)$$

e dove β_0 è la costante e β_p sono i coefficienti da stimare.

Si è applicata la metodologia a due anni differenti, 1994 e 2003, con l'obiettivo di poter utilizzare la comparazione temporale per inquadrare la tendenza evolutiva del fenomeno studiato. Si sono scelti questi due anni tra la base di dati disponibili, dal 1987 al 2004, perché sono gli anni con più incidenza d'incendi forestali. Come variabile dipendente si utilizzarono i punti d'innescio dei due rispettivi periodi, in conseguenza l'obiettivo nell'utilizzo della RLO era incontrare le zone con la maggiore probabilità di apparizione di focolai (variabile da prevedere). Le variabili indipendenti si sono determinate cercando di considerare tanto i fattori biofisici come i fattori socio-territoriali.

Nella tabella 1 si riassumono le variabili disponibili tanto biofisiche quanto umane. Nel primo gruppo troviamo un indice derivato dal sensore *Thematic Mapper* della piattaforma Landsat-5 di un giorno rappresentativo del mese di Luglio del 1994 e di luglio 2003, il "Normalized Difference Vegetation Index" (NDVI) e la "temperatura media massima del mese di luglio". Per rappresentare la pressione umana si è introdotta la "mappa dell'uso del suolo", del 1993 e del 2002, la distanza dalle zone protette "Pla d'Espais Interes Natural" (PEIN, piani per le zone d'interesse naturale dichiarate dalla *Generalitat de Catalunya*, Decreto 328/1992), la "distanza dalla rete stradale" principale e in fine la "distanza dalla superficie urbanizzata" derivata dal censimento del 1991 e del 2001. L'NDVI si è considerato come indicatore capace di rappresentare lo stress idrico di una massa forestale e la conseguente maggiore o minore propensione all'innescio di focolai (Illera et al. 1996; Vidal e Devaux-Ros 1995), così come la "temperatura media massima del mese di luglio".

L'MDE si è impiegato come indicatore più o meno diretto di situazioni microclimatiche e si può relazionare con la presenza dell'essere umano, da questo si è elaborata "la mappa delle pendenze" che può influire nella difficoltà d'accesso che impedisce o comunque diminuisce la presenza antropica in determinate zone. La "distanza della zona urbanizzata" e la "distanza dalla rete stradale principale" presentano una relazione inversa con la pressione antropica sul territorio (Cardille, 2001; Villar del Hoyo, 2007), mentre che nell'area PEIN si presuppone un controllo ed una protezione ambientale maggiore.

Per l'applicazione della RLO del 1994 si è selezionato come variabile dipendente uno strato informativo (*layer*) con 81 punti di innesco e 81 punti di no-innesco distribuiti in forma aleatoria. Questo *layer* dicotomico (innesco, no-innesco) con un totale di 162 punti si è utilizzato come variabile dipendente nei diversi modelli costituiti da variabili indipendenti. Lo stesso procedimento si è effettuato per lo studio dell'anno 2003, creando un *layer* con la combinazione di 92 punti d'innesco e 92 punti aleatori di no-innesco. L'indicatore usato per identificare l'efficacia nella predizione dei modelli RLO è stata la curva corrispondente al *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Questo valore indica il potere esplicativo, predittivo, dei modelli ottenuti, nel nostro caso in relazione alla probabilità d'innescio, in funzione delle variabili indipendenti. Valori vicini a 0,5 indicano modelli decisamente poco esplicativi, mentre valori vicini ad 1 saranno modelli molto significativi.

Dati	Formato	Periodo	Fonte
Punti d'innesco incendi	Alfanumerico	1987 al 2004	<i>Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya</i>
NDVI	Raster	17/07/1994 26/07/2007	Elaborazione propria
Temperatura media massima luglio	Raster	Decennio 1980- 1990	Dipartimento di Geografia <i>Universitat Autònoma de Barcelona</i>
MDE	Raster	2000	<i>Institut Cartogràfic de Catalunya</i>
Mappa delle pendenze	Raster	2000	Elaborazione propria
Rete stradale principale	Vettoriale	2007	<i>Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya</i>
Aree protette (PEIN)	Vettoriale	2007	Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya
Mappa uso del suolo	Raster	1993 2002	<i>Institut Cartogràfic de Catalunya</i>
Zone urbanizzate 1991/ 2001	Vettoriale	Censimento 1991 Censimento 2001	<i>Departamento de Medio Ambiente, Generalitat de Catalunya</i>

Tavola1: Variabili biofisiche ed umane disponibili e fonti utilizzate

Risultati

La tavola2 mostra i risultati ottenuti con tre modelli differenti di RLO nell'anno 1994. Nel modello1 si osserva che la distanza PEIN, la "mappa dell'uso del suolo" e la "temperatura media massima del mese di luglio" presentavano una curva ROC del 0,58. Da questo si è capito che le variabili introdotte non erano molto esplicative rispetto alla presenza dei punti d'innesco. Analizzando la "mappa dell'uso del suolo", nessuna classe mostrava una significativa presenza di punti d'innesco. Quindi, l'ipotesi che la maggior parte dei punti si sarebbero ubicati in determinati usi del suolo non si è potuta accettare. Non si è potuto stabilire neanche l'incidenza dei punti d'innesco rispetto a valori di "temperatura media massima del mese di luglio" visto che le due variabili mostrarono molta poca correlazione. Anche la distanza dalle zone PEIN, non ostante fosse tra le variabili usate finora la più significativa, non mostrò peso nell'apparizione di punti d'innesco di focolai.

Nel modello2 (tavola2) si effettuò l'introduzione delle variabili "distanza dalla rete viaria" e del NDVI al posto della mappa "del'uso del suolo" e della "temperatura media massima del mese di luglio", con il conseguente aumento della curva ROC da 0,58 a 0,63. "La distanza dalla rete stradale" introduce il concetto di pressione antropica sul territorio mentre l'NDVI si mostrò più significativo per relazionare lo stress idrico con i punti d'accensione degli incendi rispetto al poco peso della "temperatura media massima del mese di luglio". Successivamente si è ottenuto il modello3 con l'introduzione delle variabili, "distanza dalla superficie urbanizzata" e del MDE, quest'ultimo dimostrò un'informazione simile alla "mappa delle pendenze" la quale fu quindi omessa. La curva ROC decretò quest'ultimo modello come il più significativo, con un valore di 0,68 per l'anno 1994. I coefficienti di regressione parziale corrispondenti alla RLO apparvero con un segno negativo, indicando la relazione inversa con le tre variabili. Questo significa che a maggior distanza dalla "superficie urbanizzata" e dalla "rete stradale" e a maggiore "altitudine" la probabilità del rischio d'innesco diminuisce.

Per effettuare la comparazione temporale si sono sviluppati anche per il 2003 (tavola3) gli stessi tre modelli, precedentemente descritti per l'anno1994. I coefficienti della regressione parziale corrispondente alla RLO anche in questo caso sono apparsi con segno negativo, indicando la relazione inversa delle tre variabili indipendenti del modello3. Il comportamento del valore ROC è simile a quello dell'anno1994, con un primo modello meno esplicativo che il resto ed essendo l'ultimo il più importante. In generale i valori risultano essere maggior per l'anno 2003. Determinante è la prossimità dell'infrastruttura viaria e della superficie urbanizzata che effettivamente, nella zona di studio soffre dal censo del 1991 a quello del 2001una espansione rilevante (Nasarre e Badia, 2006).

Modello 1		Modello 2		Modello 3	
Distanza PEIN		Distanza PEIN		MDE	
Uso del suolo		NDVI		Distanza Superficie Urbanizzata	
Temperatura media massima Luglio		Distanza rete stradale		Distanza rete stradale	
ROC 1994: 0.58	ROC 2003: 0.63	ROC 1994: 0.63	ROC 2003: 0.68	ROC 1994: 0.68	ROC 2003: 0.76

Tabla 2: Modelli di probabilità d'innesco, anno 1994 e anno 2003.

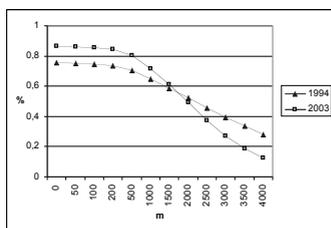


Figura3

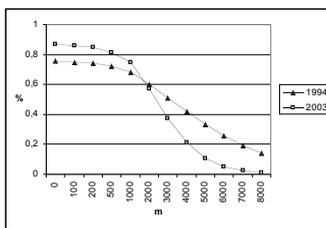


Figura4

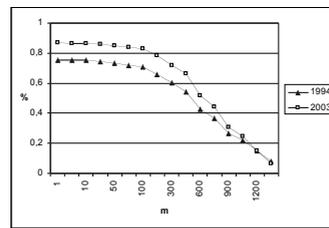


Figura5

Nell'ordine: grafico della probabilità d'innesco in funzione della distanza dalla superficie urbanizzata; grafico della probabilità d'innesco in funzione della distanza dalla rete stradale principale; grafico della probabilità d'innesco in funzione dell'altitudine.

Conclusioni

In questo lavoro, la disponibilità di un'estesa base di dati di punti d'innesco (la variabile dipendente) è stata di speciale interesse. La natura puntuale di questi dati, a differenza di rappresentazioni areali che solamente approssimano la zona dove effettivamente è scaturito il focolaio, determina una maggiore qualità nel risultato finale.

Un altro aspetto che va risaltato è la combinazione di variabili biofisiche ed umane introdotte nella RLO come variabili indipendenti. Gli indicatori biofisici impiegati generalmente nel calcolo del rischio d'incendio forestale, tra il quale hanno molta importanza gli indici meteorologici, costituisce una gran parte dei modelli europei applicati a grandi unità territoriali (Joint Research Centre 2004). Nel nostro caso, si deve distinguere che il modello più esplicativo si è ottenuto attraverso due variabili relazionate con l'attività umana, in concreto con la "distanza dalla superficie urbanizzata" e "distanza della rete stradale principale" e con una variabile che esprime caratteristiche ambientali quale "l'altitudine"(MDE). Questi risultati delineano il carattere d'interfase urbana-forestale dell'area di studio. In conseguenza, mentre nelle grandi estensioni territoriali le variabili biofisiche servono per evidenziare situazioni d'allerta generale, nelle zone d'interfase urbana-forestale della conca mediterranea analizzare unità territoriali minori, evidenziando l'influenza umana, può risultare più utile per una protezione territoriale realmente efficace.

Finalmente i risultati mostrano l'incremento nel rischio di probabilità d'innesco dall'anno 1994 al 2003 nell'area di studio. Concretamente si osserva una maggiore concentrazione dei punti d'innesco nelle zone più vicine alla superficie urbanizzata così come alla rete stradale principale, accrescendo

il rischio d'apparizione d'incendi. Si deve risaltare che nell'anno 1994 la concentrazione di punti d'innesco era minore dato che la curva RLO era più attenuata e che nelle zone situate a maggiore distanza dalla superficie urbanizzata e dalla rete stradale la probabilità era maggiore rispetto l'anno 2003 (da un valore di probabilità di 0,6 in ambedue casi). Quindi la probabilità, in questo caso, è distribuita più omogeneamente essendo inferiore l'influenza delle variabili indipendenti. Possiamo quindi confermare l'adeguatezza della RLO nella previsione della probabilità d'innesco attraverso le variabili esplicative e nel difficile esercizio di inquadramento della pressione umana sul territorio. In futuro, si cercherà di applicare questa metodologia ad altre zone della conca mediterranea per effettuare una comparazione spaziale oltre che temporale.

Bibliografia

- Badia, A. (2000), *La incidència dels incendis a l'Àrea Metropolitana de Barcelona i a la comarca del Bages durant el període 1987-1998*. Tesis Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.
- Cardille, A. J., Ventura, J.S. y Turner, M.G. (2001), "Environmental and social factors influencing wildfires in the upper midwest", *Ecological Application*, 11: 111-127.
- Chuvieco, E. y Martín, M.P.(Coord.) (2004), *Nuevas tecnologías para la estimación del riesgo de incendios forestales*. Consejos Superior de investigaciones Científicas, Madrid, 190.
- Chuvieco, E., Martín, M.P., Martínez, J. y Salas, F.J. (1998), "Geografía e incendios forestales". *Serie Geográfica*, 7: 11-17.
- Joint Research Centre (2004), *Assessment of fire damages in the EU Mediterranean countries during the 2003 Forest Fire Campaign*. European Communities, Italia, 39.
- Illera, P., Fernández A. y Delgado, J.A. (1996), "Temporal evolution of the NDVI as an indicator of forest fire danger". *International Journal of Remote Sensing*, 17: 1093-1105.
- Manzo-Delgado, L. Sánchez-Colón, S. y Álvarez R. (2007), "Multitemporal analysis of NDVI and land surface temperature for modeling the probability of forest fire occurrence in central Mexico", *IV International workshop on the analysis of multitemporal remote sensing*, Belgium, 177-181.
- Nasarre, E. y Badia, A. (2006), "Una aproximación al crecimiento de áreas urbanas a través de fotografía aérea y de sistemas de información geográfica. La ciudad de Terrassa como caso de estudio". *Cuadernos Geográficos*, 039: 185-201.
- Nelson, R. (2001), *Forest fires: behavior and ecological effects*. Johnson and Miyanishi, editors. San Diego, 90.
- Pew, K.L. y Larsen, C.P.S. (1999), "GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada", *Forest ecology and Management*, 140: 1-18.
- Romanelli, S., Maselli, F., Bottai, L. y Zippoli, G. (1998), "Stima del rischio d'incendi Boschivi a scala regionale tramite GIS e dati tele rilevati", *IIª conferenza ASITA*, Bolzano, Italia, 6.
- Vega, C., Woodard, P.M., Titus, S.J., Adamowicz, W.L. y Lee, B.S. (1995), "A logit Model for predicting the daily occurrence of human caused forest fires", *International Journal Wildland Fire*. 101-111.
- Vidal, A. y Devaux-Ros, C. (1995), "Evaluating forest fire hazard with a Landsat TM derived water stress index", *Agricultural and Forest Meteorology*, 77 : 107-224.
- Vilar, L., Gomez, I., Martín, M.P. y Martínez, F.J. (2007), "Análisis comparativo de diferentes métodos para la obtención de modelos de riesgo humano de incendio forestales", *Wildfire -Sevilla*, 1-27.