

UN'APPLICAZIONE DI DEFINIZIONE LOCALE DEI TIPI PAESAGGISTICI PER L'INDIVIDUAZIONE DI AMBITI FUNZIONALI ALLA PIANIFICAZIONE

Francesco MONACCI (*), Fabio LUCCHESI (**), Antonella VALENTINI (**)

(*) Dipartimento di Economia Agraria e delle Risorse territoriali, Università di Firenze, Piazzale delle Cascine 18, Firenze tel. 05532881, fax 055361771 e-mail francesco.monacci@unifi.it

(**) Dipartimento di Urbanistica e Pianificazione del Territorio, Università di Firenze Via Micheli 2, Firenze tel. 055503111, fax 055 587087, e-mail fabio.lucchesi@unifi.it

Riassunto

Il contributo presenta una metodologia di individuazione di tipi paesaggistici che tenta una sintesi sperimentale degli strumenti analitici ed interpretativi utilizzati da diverse discipline. I tipi così definiti possono essere utilizzati per migliorare l'efficacia delle azioni di pianificazione paesaggistica.

Abstract

The paper introduces a methodology of identification of landscape types that tests an experimental synthesis of the analytical and interpretative tools used by different disciplines. The types thus defined can be used for improving the effectiveness of the actions of landscape planning.

1. Il contesto e le finalità della ricerca

L'evoluzione degli strumenti di pianificazione applicati alle trasformazioni del paesaggio comporta una rinnovata attenzione allo sviluppo di metodologie e strumenti dedicati alla individuazione, descrizione e interpretazione di aree omogenee (variamente definite in letteratura: ambiti, unità, figure ...). La zonizzazioni paesaggistiche costituiscono infatti il fondamentale momento di connessione tra le componenti conoscitive e le componenti regolative dei piani. Il "Codice dei beni culturali e del paesaggio", la fonte normativa del piano paesaggistico nel nostro paese, definisce questo punto con chiarezza. L'ambito è il fondamentale riferimento spaziale rispetto al quale le politiche di regolazione paesaggistica si sostanziano in norme, sia pure con diversi gradi di cogenza; ogni azione regolativa, sia essa effettivamente georeferenziata, sia predisposta in forma di regolamento fondato sulla ricorrenza di situazioni idealtipiche, dovrà confrontarsi con le perimetrazioni disposte dal Piano Paesaggistico, cui saranno associate norme definite relativamente al raggiungimento degli obiettivi di qualitàⁱ.

Numerose discipline e diversi paradigmi di ricerca (geografia fisica, geografia umana, studi sulla rappresentazione identitaria dei luoghiⁱⁱ, *landscape ecology*, studi sulla percezione visuale del paesaggio) hanno sviluppato, da diversi punti di vista, strumenti analitici capaci di ricostruzioni tassonomiche e di sistematica paesaggisticaⁱⁱⁱ. Il contributo presenta una esperienza di interpretazione, realizzata su base analitica, dei tipi e degli ambiti paesaggistici riconoscibili nel contesto territoriale del Circondario Empolese Valdelsa, in Provincia di Firenze. Rispetto ai paradigmi di ricerca tipici dell'approccio degli studi di carattere naturalistico e di ecologia del paesaggio il lavoro tenta di introdurre alcuni elementi metodologici in funzione del riconoscimento di relazioni storiche e culturali che caratterizzano i luoghi ma sfuggono alle tecniche analitiche convenzionali^{iv}. In particolare il lavoro ha ritenuto utile introdurre una qualche dimensione diacronica nelle fasi di ricostruzione analitica, con la motivazione che i caratteri strutturali profondi del paesaggio rischiano di sfuggire all'osservazione delle componenti più superficiali del mosaico.

2. Metodologia e fasi del lavoro

Il lavoro ha previsto una sequenza di fasi successive, dedicate alla costruzione analitica di due articolazioni fondamentali del territorio analizzato: la prima costruita secondo caratteri geomorfologici localmente rappresentativi, la seconda costruita secondo caratteri vegetazionali localmente rappresentativi. Le specifiche associazioni tra i due tipi di classificazione sono fatti corrispondere a tipi paesaggistici elementari, che possono dunque essere determinati ancora per via analitica. Nella successiva e ultima fase l'osservazione delle relazioni spaziali tra i tipi ha permesso di ottenere per via sintetica l'articolazione richiesta del contesto in ambiti paesaggistici.

2.1. La individuazione dei tipi fisiografici localmente rappresentativi

I tipi fisiografici localmente rappresentativi sono l'esito di una lettura mirata a definire l'articolazione del paesaggio secondo le caratteristiche abiotiche. Tale lettura genera i suoi risultati attraverso l'intersezione dell'esito di due articolazioni preliminari: tipi geomorfologici e tipi orografici.

2.1.1. La individuazione dei tipi geomorfologici

La articolazione dell'area di studio secondo caratteri geolitologici è stata effettuata con una procedura articolata in tre fasi. In un primo momento, a partire dai dati della Carta Geologica d'Italia, si è proceduto a creare un modello strutturale geomorfologico; l'aggregazione delle numerose voci di legenda è stata effettuata secondo Pardi (1991) e Gisotti Zarlunga (2004), utilizzando come criteri di accorpamento (i) l'Era e il Periodo di formazione, (ii) la morfogenesi e (iii) la granulometria.

| Codice CGd'I | Periodo | Descrizione | Tipi geomorfologici significativi |
|------------------------|----------------------|--|-----------------------------------|
| a, at, Q, Q1v, Q2, Q2t | Quaternario | 'depositi alluvionali attuali e recenti' | pianura |
| P | Quaternario | terreno palustre | Terreni palustri |
| Ql | Villafranchiano | argille e sabbie di amb. lacustre | Colline di Tufo |
| Qc, VVB | Villafranchiano | conglomerato e sabbie di | Colline di Tufo |
| tv | Quaternario | travertini | pianura |
| Qt, Qt1 | Pleistocene | sabbie e conglomerati di amb. fluvio-lacustre | Colline di Tufo |
| Ps | Pliocene | sabbie | Colline di Tufo |
| Pa, Pag | Pliocene | argille azzurre e cinerine | Colline di Mattaione |
| Pcg | Pliocene | Conglomerati | Colline di Tufo |
| Mlag | Miocene | conglomerati ed argille lacustri | Colline di Tufo |
| alb, mPl, mg | Oligocene | macigno (deposizione) | Monti Primarj |
| fM | Cretaceo | calcareniti (gruppo delle argille scagliose, ofiolitifere) | Monti Primarj |
| pb | cretaceo | argille e marni scagliose (arg. scagl. ofiolitif) | Monti Primarj |
| Cc, cf, z | Giurassico- Cretaceo | argille scagliose ofiolitifere (Liguridi) | Monti Primarj |
| x | - | ofioliti e pietre verdi | Monti Primarj |
| c' | - | argille scagliose (complesso caotico) | Monti Primarj |
| Tc, Tcv | Trias | formazione evaporitica (calcarei dolomitici stratificati) | Monti Primarj |
| V | Trias | verrucano | Monti Primarj |
| Csc | Carbonifero | scisti argillosi e arenacei (ciclo ercinico) | Monti Primarj |

Figura 1 - Modalità di accorpamento delle classi di legenda della Carta Geologica

In un secondo momento il modello strutturale geomorfologico è stato sottoposto ad una operazione di ulteriore generalizzazione attraverso la valutazione delle differenze che ciascuna classe

geomorfologica introduceva nelle forme del paesaggio. Questa fase della ricerca è stata svolta mediante una serie di rilievi di campagna in punti di osservazione privilegiati e tramite il confronto del modello geomorfologico con fonti aerofotografiche storiche (volo GAI, 1954^v), con fonti letterarie storiche^{vi} e, infine, con una ripresa aerea recente.

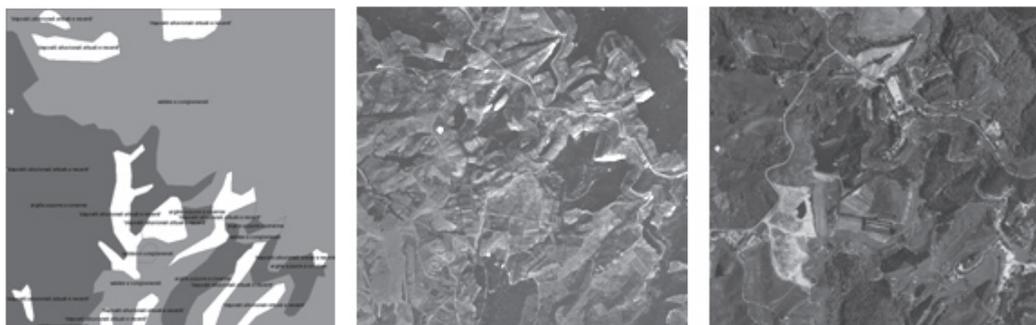


Figura 2 – Castelfalfi: il passaggio tra argille e sabbie plioceniche. Da sinistra a destra: il modello strutturale geomorfologico, la stessa porzione di territorio nel Volo GAI 1954, e volo AGEA 2007.

Il confronto del modello con la documentazione storica è stato utilizzato come verifica dei dati emersi e come guida nell'accorpamento delle numerose voci di legenda, in virtù della considerazione che nei documenti storici è più agevole rintracciare i caratteri fondativi dell'identità paesistica locale. Molte aree (ad es. quelle interessate dalla viticoltura di qualità) sembrano infatti avere perso, o comunque presentare più sbiaditi, i propri connotati; interi ambiti di paesaggio collinare sembrano addirittura sfumare, laddove l'energia del rilievo si fa più debole, verso i paesaggi omogenei della pianura alluvionale.

Alla fine di questa successione di operazioni è stato possibile produrre un modello dei tipi geomorfologici localmente rappresentativi (definiti rispettivamente: Pianure, Terreni torbosi, Colline di Tufo, Colline di Mattaione, Monti Primarj), in grado quindi di accorpare le voci del modello geomorfologico in base alla loro effettiva capacità di produrre differenze nelle forme del paesaggio.

2.1.2. La individuazione dei tipi orografici significativi

Questa lettura ha lo scopo di suddividere il territorio secondo le forme esteriori del rilievo (Sestini 1985). Lo studio dei tipi fisiografici fa riferimento all'approccio della geografia fisica ai temi del paesaggio, nonché alle esperienze, definite più di recente e per la prima volta negli Stati Uniti, per lo studio delle *Ecological Land Unit*, ovvero degli habitat potenziali per specie vegetali e animali secondo i principi dell'ecologia del paesaggio. A partire da un DTM appositamente predisposto dal gruppo di lavoro, sono state derivate due coperture: la prima è una semplice griglia di clivometria mentre la seconda è costituita da una copertura *raster* nella quale ad ogni elemento viene attribuito un valore che rappresenta la differenza tra l'elevazione della cella e la media dei valori di elevazione delle celle circostanti secondo un determinato *neighbourhood* (Weiss 2001); questa seconda griglia, misura quindi un indice di Posizione Topografica (TPI)^{vii}. Il valore ottenuto, valutato unitamente alla pendenza, può essere utilizzato per descrivere la morfometria del terreno, mediante una classificazione denominata *slope position*. La griglia finale permette di distinguere le seguenti classi: crinali, pendii mediamente acclivi, pendii ripidi, pianura, vallecole, fondivalle. Il valore di *slope position* è stato infine corretto per scomporre le classi dei pendii mediamente acclivi e dei pendii ripidi secondo le particolari condizioni microclimatiche locali. Ciò è stato ottenuto tramite l'*overlay* con una copertura di esposizione dei versanti, riclassificata secondo due sole classi: versanti freddi (ovvero orientati a NordOvest, Nord, NordEst) e versanti temperati. Alla fine di queste operazioni il contesto esaminato è stato ripartito secondo 8 tipi orografici localmente

rappresentativi: crinali, pendii mediamente acclivi freddi, pendii mediamente acclivi temperati, pendii ripidi freddi, pendii ripidi temperati, pianura, vallecicole, fondivalle.

2.2. La individuazione dei tipi vegetazionali del paesaggio

Questa lettura è finalizzata a suddividere il contesto secondo le specifiche caratteristiche della copertura vegetazionale dell'area di studio, sia per quanto riguarda gli spazi naturali, sia per quanto riguarda gli spazi agrari^{viii}. L'informazione necessaria è stata desunta dalle coperture di uso del suolo disponibili, integrandola con la rappresentazione della rete idrografica^{ix}. La griglia descrittiva dei caratteri fisionomici della vegetazione, classificata, di fatto, secondo le voci di uso del suolo è stata semplificata attraverso criteri di aggregazione in grado di considerare le effettive peculiarità fisionomiche di ciascuna classe. Lo strato informativo dei tipi vegetazionali localmente rappresentativi è presentato in Figura 3.

| Carta Uso del suolo | descrizione | Fonte dei dati | descrizione |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Aree urbanizzate | 1.1 e sottocodici | Uds Lamma | Aree urbane e produttive |
| Aree produttive | 1.2. e sottocodici | Uds Lamma | |
| Aree estrattive, cantieri, | 1.3. e sottocodici | Uds Lamma | |
| Aree verdi artificiali non agricole | 1.4. e sottocodici | Uds Lamma | |
| Seminativi | 2.1. e sottocodici | Uds Lamma | Colture agrarie erbacee |
| Vigneti, | 2.2 e sottocodici; 2.3 e | Uds Lamma | Colture arboree |
| oliveti | sottocodici; 2.4 e | Uds Lamma | |
| frutteti | sottocodici; 2.5 e sottocodici | Uds Lamma | |
| Boschi di latifoglie (castagneti, | Da 31112 a 31115; da 31132 | Carta Forestale CdL | Boschi di latifoglie decidue |
| Boschi di latifoglie sempreverdi | 31116, 31131 | Carta Forestale CdL | Boschi di latifoglie sempreverdi |
| Boschi di conifere | 312 e sottocodici | Carta Forestale CdL | Boschi di conifere |
| Boschi misti di latifoglie decidue | 313 | Carta Forestale CdL | Boschi misti di latifoglie decidue |
| Boschi di latifoglie a prev di | 31111 | Uds Lamma | Robinieti |
| Vegetazione ripariale | 4.1.2 | Carta Forestale CdL | Vegetazione ripariale |
| Corsi d'acqua | Cod 302 | CTR | Corsi d'acqua naturaliformi |
| Arboricoltura da legno | 2241, 2242 | Uds Lamma | Arboricoltura da legno |
| Prati | 2.3 | | Prati |
| Arbusteti, Cespuglieti, Aree a | 3.2 e sottocodici; | Uds Lamma | formazioni naturali e |
| aree a vegetazione rada o | 3.3 e sottocodici | Uds Lamma | aree a vegetazione rada o |
| Paludi interne | 411 | Uds Lamma | Ambienti umidi |

Figura 3 - Schema di aggregazione dei caratteri vegetazionali del paesaggio.

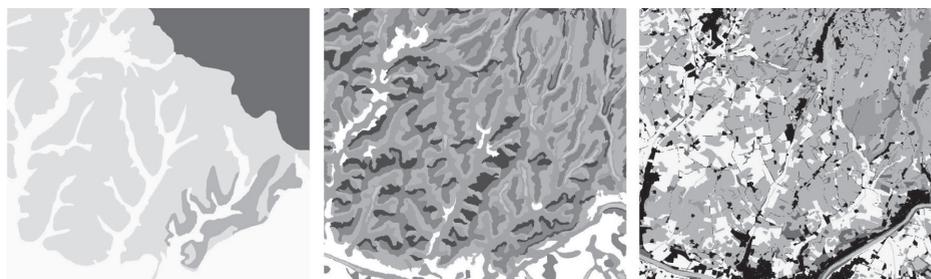


Figura 4 - Da sinistra: tipi geomorfologici significativi, tipi orografici significativi, caratteri vegetazionali.

2.3. L'individuazione dei tipi paesaggistici localmente rappresentativi

Gli esiti delle letture precedenti sono state relazionate attraverso successive operazioni di *overlay* analitico: l'intersezione tra i tipi geomorfologici e i tipi orografici ha prodotto i tipi fisiografici rappresentativi del paesaggio; l'incrocio di quest'ultimo tematismo con quello dei caratteri vegetazionali ha generato uno strato informativo in grado di descrivere i principali tipi paesaggistici

dell'area di studio, assunti come riferimento di base per la successiva articolazione in ambiti paesaggistici. I 362 tipi paesaggistici risultanti sono stati semplificati attraverso l'eliminazione di tutte le combinazioni aventi un valore quantitativo irrilevante, ovvero di tutti quei *cluster* inferiori ai 2 ha; questa scelta è motivata dall'esigenza di produrre una delimitazione in ambiti paesaggistici adeguata alla scala provinciale.

3. Conclusioni: verso l'individuazione di ambiti paesaggistici

La ricerca ha prodotto sulla base di operazioni di natura analitica una classificazione dei tipi paesaggistici elementari che caratterizzano il contesto esaminato; i risultati ottenuti sembrano dimostrare una specifica fertilità del ricorso ai documenti storici di cui ci si è avvalsi nelle operazioni di generalizzazione delle letture effettuate, generalizzazione finalizzate a cogliere i caratteri strutturali più profondi.

In un'ultima fase è stata sperimentata la delineazione di ambiti paesaggistici attraverso l'interpretazione sintetica dell'articolazione spaziale dei tipi paesaggistici elementari; il risultato è visibile in figura 5. La procedura sperimentata sembra potenzialmente molto utile ai fini della pianificazione paesaggistica non solo per agevolare la necessaria delimitazione di zone omogenee, ma anche in vista della necessità di strutturare le azioni normative. Il riconoscimento dei pattern spaziali che articolano il mosaico dei tipi elementari struttura normativa può, per esempio favorire una organizzazione normativa parametrizzata secondo la ricorrenza di situazione idealtipiche, facilitando la stesura dei criteri di tutela e di gestione.

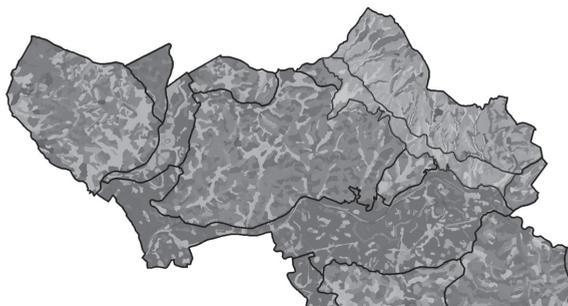


Figura 5 - Delimitazione di ambiti paesaggistici nel Circondario Empolese-Valdelsa

Bibliografia

- Anderson M, Comer P, Grossman D H, Groves C, Poiani K, Reid M, Schneider R, Vickery B, Weakley A. (1999), *Guidelines for representing ecological communities in ecoregional conservation plans*, The Nature Conservancy, Arlington, VA
- Gambino R. (1996), *Progetti per l'ambiente*, Franco Angeli, Milano
- Pardi F. (1991), "L'Appennino sommerso" in Greppi C. (1991), *Paesaggi delle colline. Quadri ambientali della Toscana*, vol. 2, Marsilio, Venezia
- Gisotti G, Zarlenga F. (2004), *Geologia ambientale : principi e metodi*, Dario Flaccovio, Palermo
- Greppi C. (2002), Per un approccio strutturale ai temi del paesaggio: a proposito del piano territoriale della provincia di Siena, in Neri Serneri S. (2002), *Storia del territorio e storia dell'ambiente. La Toscana contemporanea*, Franco Angeli, Milano
- Jenness, J. (2006), *Topographic Position Index (tpi_jen.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.3*, Jenness Enterprises, pubblicato in <http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>
- Lucchesi F, Carta M, Monacci F, Nardini F. (2006), "Vedere il tempo del territorio: un'interfaccia per l'esplorazione del Volo GAI", in *Atti della 10^a Conferenza ASITA*, Bolzano
- Magnaghi A. (2005) (a cura di), *La rappresentazione identitaria del territorio. Atlanti, codici, figure, paradigmi per il progetto locale*, Alinea, Firenze

- Sestini A. (1985), *Introduzione allo studio dell'ambiente*, Franco Angeli, Milano
- Targioni Tozzetti G. (1768-1779), *Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana per osservare le produzioni naturali e gli antichi monumenti di essa dal dottor Gio. Targioni Tozzetti*, Stamperia granducale, Firenze
- Valentini A. (2004) "Le unità di paesaggio" in Rizzo G. G. (a cura di) (2004), *Leggere i luoghi*, Aracne, Roma
- Weiss A. (2001), *Topographic Position and Landforms Analysis*. Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA.

ⁱ Si confronti l'art. 135 del Decreto Legislativo 42/2004, così come modificato dal Decreto Legislativo 63/2008: 1. Lo Stato e le regioni assicurano che tutto il territorio sia adeguatamente conosciuto, salvaguardato, pianificato e gestito in ragione dei differenti valori espressi dai diversi contesti che lo costituiscono. A tale fine le regioni sottopongono a specifica normativa d'uso il territorio mediante piani paesaggistici (...) 2. I piani paesaggistici, con riferimento al territorio considerato, ne riconoscono gli aspetti e i caratteri peculiari, nonché le caratteristiche paesaggistiche, e ne delimitano i relativi ambiti. 3. In riferimento a ciascun ambito, i piani predispongono specifiche normative d'uso (...) ed attribuiscono adeguati obiettivi di qualità. (...)

ⁱⁱ L'idea dell'approccio identitario allo studio dei luoghi fa riferimento al lavoro teorico di Alberto Magnaghi e di un gruppo di ricercatori impegnati da anni nella definizione di un nuovo paradigma di pianificazione fondato sul riconoscimento della centralità delle identità territoriali nella definizione delle strategie, dei piani e dei progetti della trasformazione. Questa linea culturale è caratteristica del *larist* (Laboratorio per la Rappresentazione Identitaria e statutaria del territorio), al cui interno questo lavoro è stato sviluppato; cfr. Magnaghi (2005).

ⁱⁱⁱ Cfr. Valentini (2004)

^{iv} Si confronti la definizione proposta da Roberto Gambino nel Piano Ambientale per il Parco dei Colli Euganei; qui le unità di paesaggio sono intese "come ambiti caratterizzati da specifici e distintivi sistemi di relazioni visive, ecologiche, funzionali, storiche e culturali che conferiscono loro una precisa fisionomia ed una riconoscibile identità" (Gambino, 1996).

^v Cfr. Lucchesi, Carta, Monacci, Nardini (2006)

^{vi} Questa scelta fa riferimento ad una ipotesi di lavoro già utilizzata in alcune esperienze di pianificazione ed in particolare nel PTC della Provincia di Siena (Greppi, 2002). Gli estensori del piano avevano formulato questa ipotesi: nelle relazioni di viaggio compiute in Toscana dai naturalisti del '700 e del '800, (Targioni Tozzetti, Micheli, Repetti) l'interpretazione dell'assetto geologico dei luoghi attraversati era intuito attraverso le forme del paesaggio. Così, ad esempio, osservando un paesaggio boscoso, composto da dense leccete nei pressi del Poggio del Cornocchio, il Targioni Tozzetti poteva intuire che quei rilievi fossero Monti Primarj, ossia interessati da fenomeni orogenetici: "La montagna dunque del Cornocchio colla sua faccia settentrionale acqua pende nell'Elsa, e dalla cima vestita d'un bel bosco di lecci, fino ad un certo segno manifesta la sua faccia di montagna primitiva, composta di filoni inclinati di Alberese e di una specie di Travertino di colore cinerino." (Targioni Tozzetti, 1742). O, ancora, osservando la distribuzione delle colture agrarie, le differenti tipologie vegetazionali e la trama e la densità dei fenomeni insediativi poteva intuire la differenza tra i terreni argillosi e sabbiosi del Pliocene: "Le Colline che hanno terreni di Tufo, oltre ad essere molto fruttifere, sono anco amene e dilettevoli all'occhio, poiche vi trovano bene le Viti, gli Ulivi, ed altri Alberi da frutto; vi sono a luogo pezzi considerevoli di folto e rigoglioso bosco, e generalmente vi è abbondanza d'erbe per il pascolo. [...] Finalmente le Colline di Tufo sono più abitate, e più seminate di Castelli, che quelle di Mattaione: anzi ho osservato che quei primi i quali fecero i posti per piantare le abitazioni, preferirono il Tufo al Mattaione". [...] "Il Mattaione differisce dal tuf per colore, grana e composizione degli strati. [...] L'acque delle fonti, edei pozzi ne terreni di Mattaione, generalmente sono poco buone, perché hanno mescolanza di terra. Rari sono in esso i Castelli, e luoghi abitati, come di sopra dissi, perché regge poco agli Edifizj, e smotta; perché non produce erbe per i pascoli, e boschi per i legnami, e perché non vi provano bene le Viti ed i Frutti." (Targioni Tozzetti, 1742). Il gruppo di lavoro aveva formulato questa ipotesi: come i viaggiatori dei secoli scorsi intuivano le strutture geologiche dei luoghi a partire dall'osservazione delle forme del paesaggio, è possibile oggi percorrere questo percorso all'inverso? Ovvero: a partire dall'analisi delle caratteristiche geologiche dei luoghi, è possibile ricostruire le forme del paesaggio tradizionale?

^{vii} Questa operazione è stata realizzata grazie ad un'apposita estensione del software ESRI ArcView (Jenness, 2006).

^{viii} Con questo passaggio si vuole sottolineare che lo studio ha posto una attenzione particolare alla distinzione fisionomica delle diverse coperture vegetazionali, senza affrontare il tema delle peculiarità di funzionalità biotica degli elementi del mosaico paesaggistico, che è viceversa caratteristico dell'approccio della ecologia del paesaggio.

^{ix} In particolare i dati di partenza disponibili per il contesto in esame sono stati: (i) la Carta dell'Uso del Suolo e Carta forestale del Circondario Empolese Valdelsa, realizzata dai tecnici del Corso di laurea in Urbanistica Pianificazione Territoriale e Ambientale a partire da fotointerpretazione del Volo AIMA 2002 e (ii) la Carta di Uso del Suolo realizzata dal Consorzio LaMMA (Laboratorio per la Meteorologia e la Modellistica Ambientale) nel 2005. I due strati informativi sono stati sintetizzati tra loro per produrre una copertura ottimale.

COLLABORAZIONE TRA AGEA E REGIONE EMILIA-ROMAGNA PER LA DEFINIZIONE, REALIZZAZIONE E VALIDAZIONE DI “ORTOFOTO MULTIFUNZIONE”

Giulio MONALDI (*), Fabio VOLPE (**), Livio ROSSI (**), Pietro PIRREDDA (**),
Elisabetta PETROCCHI (**), Roberto GAVARUZZI (***), Stefano CORTICELLI (****)

(*)AGEA SIN - giulio.monaldi@sin.it

(**) Consorzio Telaer - telaer@telaer.it

(***) Regione Emilia-Romagna - rgavaruzzi@regione.emilia-romagna.it

(****) scorticelli@regione.emilia-romagna.it

Riassunto

L'obiettivo della collaborazione è stato quello di individuare un buon rapporto costi/benefici per una moderna ortofoto di utilizzazione in ambito generale per la pubblica amministrazione.

Considerato che le moderne camere fotogrammetriche digitali, sia quelle che acquisiscono a frame, sia quelle che acquisiscono a modulo continuo hanno la possibilità di una acquisizione integrata sia del colore che dell'infrarosso; è stata scelta, denominandola “*ortofoto multifunzione*”, una produzione integrata data da tre prodotti: il primo è costituito da ortofoto a colori naturali pixel 50 cm; il secondo da ortofoto all'infrarosso FC pixel 50 cm; il terzo DSM (Digital Surface Model) grid 2x2 m e ± 3 m in quota.

La collaborazione ha quindi comportato la definizione di specifiche tecniche condivise adottate nella convenzione tra gli Enti per la realizzazione nel 2008 di ortofoto multifunzione sul 100% del territorio regionale.

Di particolare interesse per acquisire agevolmente dati con bassissima nuvolosità (< 2%) è risultata l'utilizzazione di specifiche previsioni meteorologiche messe a punto dal Servizio Idro Meteorologico regionale - ARPA Emilia-Romagna.

Abstract

Most of modern photogrammetric camera can collect at the same time both visible and near infrared images. Based on this, a “*multifunctional orthophoto*”, given by the combination of three different products, has been designed. The products are: a natural color 50-cm orthophoto, a CIR 50-cm orthophoto and a 2x2 meters grid size DSM. Technical specifications of the products have been jointly agreed between AGEA and the Regione Emilia-Romagna.

It is important to stress the point that flights have been planned and carried out according to the use of weather forecast provided on a detailed scale with high temporal frequency by the Servizio Idro Meteorologico Regionale – ARPA Emilia-Romagna, in order to obtain images with very limited cloud coverage.

1. Introduzione

Scopo dell'attività è stata la realizzazione della copertura aerofotogrammetrica, delle relative ortofoto e del DSM dell'intero territorio della Regione Emilia Romagna, con un duplice scopo:

- impiego dell'ortofoto per le attività istituzionali di AGEA (controlli integrati in agricoltura);

- impiego dell'ortofoto e del DSM per le attività e le esigenze generali di telerilevamento della Regione e degli Enti Locali in Emilia Romagna (attività di pianificazione, gestione, controllo e promozione del territorio in ambito fiscale, urbanistico, ambientale e turistico).

In questa sede viene analizzata, con maggior dettaglio, la realizzazione della copertura aerofotogrammetrica, realizzata utilizzando una camera fotogrammetrica digitale a frame, e la realizzazione delle relative ortofoto.

La Regione ha richiesto che, al fine di assicurare una buona corrispondenza delle nuove ortofoto con la Carta Tecnica Regionale 1:5.000 (CTR5), che essa fosse utilizzata (insieme con il DTM da essa derivato) quale riferimento di georeferenziazione per le fasi di triangolazione aerea e di correzione ortoprospectica dei fotogrammi.

I prodotti richiesti sono stati:

- 1) fotogrammi stereoscopici digitali;
- 2) ortofoto a 4 bande (colori naturali e vicino infrarosso), pixel di 50 cm;
- 3) DSM (Digital Surface Model) con pixel size di 2 m.

Il sistema di riferimento cartografico adottato primariamente è il Gauss-Boaga / Roma40 con derivate standard anche, mediante le procedure "Verto" ed i relativi grigliati IGM, in UTM WGS84; per quanto riguarda il DSM, primariamente sono state adottate le quote ortometriche.

2. Caratteristiche del prodotto

L'ortofoto finale è stata generata in base alle seguenti specifiche di prodotto:

- dimensione del pixel: 50 cm;
- sistema di riferimento Gauss-Boaga;
- profondità radiometrica 8 bit per banda;
- bande spettrali: blu, verde, rosso, vicino infrarosso;
- campo cartografato di ogni singolo file ortofoto corrispondente alle *sezioni* CTR10, ovvero alla sedicesima parte di un *foglio* della serie topografica nazionale IGM50 e contraddistinta, analogamente ai fogli della CTR10, da un codice a sei cifre di cui le prime tre sono mutuare dal codice numerico del foglio IGM50, la quarta e la quinta dalla progressione righe/colonne delle sue 16 ripartizioni, la sesta è costantemente zero e qualifica, nel contesto applicativo italiano, la rappresentazione cartografica alla scala 1:10.000;
- formato digitale tiff + tfw non compresso;
- errore assoluto di posizione di un particolare puntiforme perfettamente identificabile sull'ortofoto e di cui siano note le coordinate precise inferiore a ± 4 metri;
- le *sezioni* devono essere, anche in prossimità dei limiti amministrativi regionali, completamente coperte da ortofoto, fatta eccezione per eventuali aree di confine con il mare in cui la superficie ne risulti predominante;
- le *sezioni* devono essere radiometricamente omogenee, e comunque il mosaico dei fotogrammi relativi a voli di data diversa deve essere realizzato secondo linee di taglio che seguono limiti fisici naturali del territorio in modo da non accentuarne l'evidenza;
- nubi e foschia devono essere inferiori al 5% nelle singole sezioni e minori del 2% sull'intera Emilia-Romagna; inoltre è stato richiesto specificatamente dalla Regione anche che le zone con centri e nuclei abitati risultino sostanzialmente prive di nuvole.

Associato alle singole *sezioni*, viene fornito, come metadato, l'identificativo dei fotogrammi impiegati e relativo attributo data di volo. Inoltre, a livello di dataset complessivo, vengono forniti metadati descrittivi delle caratteristiche del prodotto e delle sue procedure di generazione.

3. Preparazione al volo

La redazione dei piani di volo è stata realizzata mediante applicazioni software dedicate, tenendo conto della specifica configurazione di missione richiesta dalla camera fotogrammetrica impiegata (UltracamX di Microsoft-Vexcel).

Come indicazione di progetto, sono stati impiegati i seguenti parametri:

- pixel medio 43 cm;
- direzione di volo est-ovest, con possibilità di seguire altre direzioni in funzione delle caratteristiche morfologiche del territorio;
- ricoprimento longitudinale non inferiore al 60%, e trasversale di almeno il 25%, con ricoprimento maggiore nelle zone di montagna
- copertura stereoscopica in ogni punto.

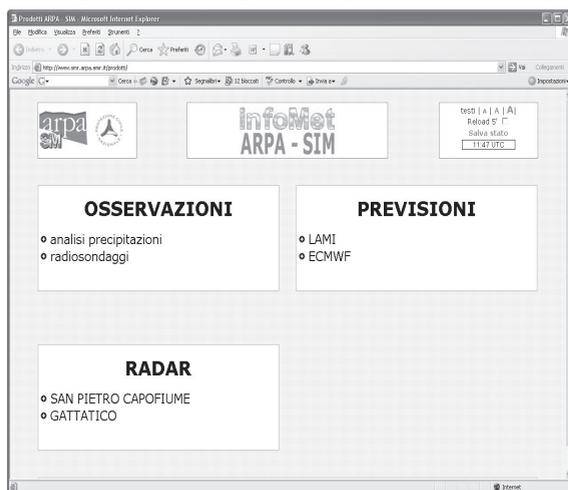
Per soddisfare i requisiti di missione, sono stati realizzati voli secondo la direzione est-ovest su tutta la regione, mentre sulla parte montuosa a sud della regione è stato realizzato anche un volo a quota maggiore ed in direzione nordovest-sudest

I fotogrammi acquisiti hanno una risoluzione media al suolo di 43 cm, cioè inferiore ai 9/10 della risoluzione finale, in modo da garantire una risoluzione effettiva di 50 cm nel prodotto finale.

4. Volo

La copertura della Regione è stata ottenuta tramite 22 missioni, effettuate durante l'estate 2008.

Nella pianificazione delle missioni di acquisizione, ha rivestito un ruolo di particolare importanza il sito <http://www.smr.arpa.emr.it/prodotti/> ARPA Regione Emilia Romagna.



Infatti, per ottenere un'ottimizzazione dei voli e garantire la copertura integrale del territorio regionale in tempi brevi, è stato fondamentale determinare dove formazioni di nubi esistenti si sarebbero trovate nelle ore successive, oltre a individuare posizione e sviluppo di nuove formazioni nuvolose (previsione), in modo da sfruttare finestre anche brevi di condizioni meteo idonee per il volo.

I bollettini che vengono rilasciati per l'aviazione (Metar, TAF) a volte non segnalano presenze di formazioni di nubi non pericolose per il volo, nubi che però potrebbero rendere vana una missione di acquisizione di foto aeree.

Nella sezione *Radar* del sito, sia la struttura di *San Pietro Capofume* che di *Gattatico* (generalmente producono gli stessi tipi di informazioni e, nell'insieme, coprono l'intera area Emilia-Romagna), forniscono una buona indicazione su dove sono già presenti significative formazioni di nuvole.

E' tuttavia importante notare che piccole formazioni nuvolose possono essere presenti, ma non visualizzate sul radar. Il link *Nowcasting* mostra l'eventuale presenza di formazioni significative di nubi, ma anche la previsione di come queste nubi evolveranno nelle ore successive; questo strumento, in particolare, si è rivelato estremamente utile per la fase di pianificazione dei voli.

La sezione *Previsioni* si è rivelata molto utile per la determinazione dell'evoluzione del tempo in un dato intervallo. I link *ECMWF* e *LAMI* (forniscono generalmente le stesse informazioni) consentono l'osservazione di dati inerenti "geopotenziale, temperatura e vento" a 500hPa.

La differenza di isobare fornisce infatti indicazioni sulla stabilità dell'aria, informazione che può essere utilizzata per prevedere lo sviluppo nubi.

Anche la differenza di temperatura fornisce indicazioni sulla stabilità del clima e per individuare fenomeni di inversione che possono esistere in quel momento.

Il vento aiuta a prevedere la direzione del movimento delle formazioni di nubi. Il grafico a 700 hPa (10.000ft) oltre a fornire le informazioni di cui sopra, è utile anche per la previsione della circolazione dei cumulonemi, in quanto i temporali in Europa in generale si muovono a 10.000ft.

E' quindi importante avere la possibilità di osservare carte a diversi livelli, al fine di considerare le differenze ed essere in grado di determinare stabilità o inversioni di masse d'aria.

Anche il link *Altezza Dello Zero Termico* permette di determinare stabilità e inversione delle masse d'aria. Il link *Nuvolosità Totale* è stato uno dei più utilizzati, in fase di acquisizione, per prevedere la formazione di nubi su un lungo periodo di tempo, da alcune ore fino ad alcuni giorni, permettendo di pianificare più missioni su un periodo più lungo.

5. Preprocessing dati

La camera digitale acquisisce immagini su 4 bande spettrali (blu, verde, rosso e vicino infrarosso) più una banda pancromatica.

I fotogrammi grezzi vengono elaborati tramite un apposito software per portarli dal livello 0, cioè dal dato grezzo, al livello 2, in cui si ha un pancromatico a piena risoluzione e un set di quattro bande multispettrali a risoluzione ridotta coregistrate tra loro.

Il dato pancromatico viene impiegato per il *wokflow* finalizzato alla generazione del DSM, mentre invece le bande multispettrali vengono fuse con il dato pancromatico mediante procedure di "pansharpening" per ottenere le immagini di livello 3, in cui si ha un unico file a 4 bande a piena risoluzione, 8 bit per banda, che vengono impiegate per la triangolazione e la successiva generazione delle ortofoto.

La procedura di passaggio dal livello 2 al livello 3 è stata opportunamente sviluppata per ottenere dei fotogrammi caratterizzati da omogeneità radiometrica almeno a livello di singola strisciata, con il criterio, però, di non "appiattare" troppo il contenuto radiometrico complessivo, perdendo così informazione territoriale.

Durante la fase di processamento radiometrico vengono anche effettuati, sui quick-look delle immagini prodotte dal software, dei controlli sulla nuvolosità dei fotogrammi.

Parallelamente si procede all'acquisizione ed all'elaborazione dei dati GPS/INS, servendosi di un network di stazioni fisse, per ottenere i dati di orientamento dei fotogrammi da impiegare come input per il calcolo della triangolazione aerea.

6. Triangolazione aerea

La triangolazione viene fatta con almeno tre punti di legame longitudinale e almeno due punti di legame con le strisciate adiacenti per ciascun modello. Per quanto riguarda i punti di controllo, la distribuzione dei punti di appoggio è di almeno un punto ogni 2/3 modelli all'esterno del blocco, e di un punto ogni 4/5 modelli all'interno del blocco; sui vertici del blocco, poi, sono stati acquisiti almeno due punti.

Per quanto riguarda la parallasse residua Y, sono stati adottati RMSE (root mean squared error) inferiori a 0,8 pixel, con errore massimo inferiore a 1.5 pixel

Nella compensazione del blocco, è stato adottato un modello rigoroso a stelle proiettive. Sono state utilizzate delle soglie massime sugli scarti nella compensazione del blocco in planimetria pari a 2 metri CE90% (max. 3 metri) e 1.80 metri LE90% (max 2.70 metri) in altimetria

Per l'estrazione dei punti di appoggio fotogrammetrico sono stati utilizzati punti estratti dalla CTR regionale. Per l'ortoproiezione dei fotogrammi è stato invece utilizzato il DTM della Regione, fornito per fogli 1:50.000 sotto forma di file export (.e00) di un dato raster (formato GRID).

Il passo del DTM è di 5 metri. Per ciascun punto estratto dalla CTR viene creata una monografia, ed al fine di assicurare un'adeguata distribuzione dei punti, vengono misurati almeno 2 punti per ogni *sezione* 1:10.000.

7. Ortoproiezione e mosaicatura

Le ortofoto sono il risultato di due processi consecutivi: la proiezione ortogonale dei fotogrammi ed il successivo mosaico.

L'intero processo produttivo di ortoproiezione viene realizzato utilizzando applicazioni software di georeferenziazione delle immagini installate su postazioni fotogrammetriche dotate di schermo secondario 3D e mouse 3D e corredate, inoltre, di un sistema di calcolo multiprocessore per velocizzare le operazioni non interattive.

Tutte le fasi del processamento sono concretizzate seguendo delle rigorose modalità operative, con continuo controllo di qualità dei semilavorati ottenuti; le procedure di controllo individuano le operazioni da effettuare per la verifica e le azioni correttive da adottare in caso di mancato soddisfacimento dei requisiti di qualità.

Ogni ortofoto, comunque, è il frutto del mosaico di più fotogrammi (in alcuni casi volati in condizioni non omogenee) e può presentare, quindi, alcune variazioni radiometriche non conseguenti ad analoghe variazioni degli elementi del territorio.

Per meglio gestire questa delicata fase, è stato adottato il criterio di "estrarre" elementi omogenei del territorio (ad es. campi coltivati) per quanto possibile da uno stesso fotogramma, portando le linee di taglio del mosaico su dividenti naturali, quali strade, bordi o fossi.

Nel flusso produttivo è stata quindi introdotta una fase interattiva piuttosto pesante dedicata alla definizione di queste linee di taglio, supportata da strumenti in grado di assicurare:

- equalizzazione per minimizzare le differenze radiometriche con eliminazione di eventuali punti caldi;
- generazione automatica delle linee di taglio;
- editing delle linee di taglio;
- generazione ortomosaico finale.

8. Controllo di qualità

Come illustrato in precedenza, tutte le fasi del processo sono sottoposte a collaudo di qualità "on the job". A maggior garanzia della qualità complessiva del prodotto, viene ulteriormente effettuato un controllo di qualità al termine delle operazioni di processamento dell'ortofoto; in particolare:

- un controllo di tipo radiometrico, viene effettuato visualizzando sia le ortofoto che i fotogrammi, con l'obiettivo di evidenziare la presenza di nuvole, saturazioni ed altre anomalie radiometriche;
- un controllo di tipo geometrico, viene effettuato confrontando punti sull'ortofoto con punti sulla CTR, con l'obiettivo di verificare la qualità geometrica del prodotto.

9. Conclusioni

In questo lavoro è stata presentata la metodologia di generazione dell'ortofoto multifunzione nell'ambito della collaborazione operativa tra AGEA e la Regione Emilia-Romagna.

Tale percorso rappresenta la pratica attuazione delle specifiche tecniche in corso di consolidamento da parte di un apposito gruppo di lavoro operante nell'ambito del *Comitato per le regole tecniche*

sui dati territoriali delle pubbliche amministrazioni (istituito con l'articolo 59, comma 2, del decreto legislativo 7 marzo 2005, n. 82, recante "Codice dell'amministrazione digitale").

Il prodotto ottenuto, pertanto, si configura come un primo "prototipo operativo" dell'ortofoto multifunzione digitale a colori, adottabile, con modalità analoghe, su tutto il territorio nazionale nell'ambito di applicazioni a supporto di attività di tipo urbanistico e controllo del territorio.

Particolare enfasi è stata data, nella realizzazione pratica della sperimentazione, all'impiego delle previsioni meteo a brevissimo termine e con elevato dettaglio fornite dal Servizio Meteorologico Regionale, che hanno ottimizzato la programmazione e la realizzazione delle missioni per l'acquisizione aerea dei fotogrammi, abbreviando in modo significativo il tempo necessario per ottenere una copertura con nuvolosità prossima a zero dell'intera area regionale.

10. Ringraziamenti

La presente ricerca, nella sua realizzazione, si è avvalsa della collaborazione di *Stefano Tibaldi*, *Carlo Cacciamani* e *Andrea Selvini* del Servizio Idro Meteorologico regionale ARPA Emilia-Romagna.

11. Allegati operativi



Consuntivo
acquisizioni al 01/09/2008

| area | data | | | |
|---------------|----------|---------|---------|---------|
| | 30 sett. | 30 ott. | 30 nov. | 10 dic. |
| Ferrara | XXXXX | | | |
| Ravenna | XXXXX | | | |
| Bologna | | XXXXX | | |
| Parma | | XXXXX | | |
| Rimini | | | XXXXX | |
| Forlì-Cesena | | | XXXXX | |
| Piacenza | | | | XXXXX |
| Modena | | | | XXXXX |
| Reggio Emilia | | | | XXXXX |

Piano di consegna delle ortofoto

IL CONTRIBUTO DELL'ANALISI SPAZIALE DI SUPERFICIE A SUPPORTO DELLA RETE MOBILE DI PRONTO INTERVENTO DEL CENTRO NAZIONALE TERREMOTI (INGV)

Raffaele MOSCHILLO (*), Maurizio PIGNONE (*),
Luigi ABRUZZESE (*), Marco CATTANEO (**)

(*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via Castello D'Aquino, 13 – 83035 Grottaminarda (AV),
Tel. 0825-421911, Fax 0825-421937, e-mail: moschillo@gm.ingv.it, pignone@gm.ingv.it, abruzzo@gm.ingv.it

(**) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata, 605 – 00143 Roma,
Tel. 06-518601, Fax 06-51860541, e-mail: cattaneo@ingv.it

Riassunto

La Rete Mobile di Pronto Intervento (RPI) è una struttura in dotazione al Centro Nazionale Terremoti (ISTITUTO NAZIONALE di GEOFISICA e VULCANOLOGIA) che permette in caso di evento sismico di intervenire nella zona epicentrale per incrementare il numero di stazioni sismiche. La RPI è costituita da nove stazioni mobili e autonome. Tali stazioni, distribuite in gruppi di tre, trasmettono dati via *UHF (Ultra High Frequency)* a tre rispettivi sottocentri, che a loro volta trasmettono i dati, tramite *WI-FI*, ad un locale centro di raccolta dotato di un'antenna di trasmissione satellitare. Le caratteristiche di tale sistema di trasmissione e scambio dati influenzano notevolmente la disposizione geografica delle stazioni della rete intorno all'area epicentrale. Infatti, gli elementi della Rete (stazioni remote, sotto nodi, antenna satellitare) devono essere "visibili" entro una certa distanza massima fra loro, per poter trasmettere i dati in modo corretto. La fase di emergenza durante un evento sismico viene gestita all'interno di un sistema informativo geografico, in ambiente *ArcGIS*, attraverso la costruzione di particolari scenari in cui vengono visualizzate, per l'area colpita dal terremoto, informazioni sulla sismicità storica, sismicità strumentale, pericolosità sismica e risentimento macrosismico. Avendo a disposizione anche i *database* territoriali (uso del suolo, modello digitale del terreno, grafi stradali, cartografia topografica, ecc) è possibile utilizzare le funzionalità di analisi spaziale per supportare la collocazione degli elementi della RPI nell'area epicentrale. In particolare partendo da un modello digitale del terreno dettagliato dell'area è possibile applicare le funzionalità di analisi spaziale di superficie (*Surface Analysis*) presenti nell'estensione *Spatial Analyst* di *ESRI ArcGIS*.

Abstract

The emergency mobile seismic network (RPI) is a structure that belongs to the Centro Nazionale Terremoti (INGV), and allows, in case of seismic event, to increase the number of seismic stations in the epicentral area. The peculiarity of this structure is the possibility to transmit the data flow in real-time to the acquisition center. The RPI is constituted by nine mobile and autonomous seismic stations. Each group of three stations transmit the data flow, by means of UHF (Ultra High Frequency), to the relative middle-center, which forward the data flow, using the WI-FI link, to a local acquisition centre where a satellite antenna is installed. The characteristics of the transmission system remarkably influence the geographic arrangement of the stations of the net around the epicentral area. Thus, In order to be able to transmit the data properly, each element of the network (remote stations, middle-center, satellite aerial) must be "visible" and the relative distance between two different elements should be lower than a well defined maximum distance. The emergency seismic phase is managed in a geographic information system, an ArcGIS background, by particular scenarios that visualises, for the epicentrale area, information about storic seismicity, instrumental seismic, seismic risk and macroseismic resentment. Disposing also of

territorial database (usage of ground, digital terrain model, road map, topographic, cartography, etc..) is possible to use the Surface Analysis function (implemented in Esri Arcgis Spatial Analysis) to support the placing of RPI's elements in the epicentrale area.

La Rete Mobile di Pronto Intervento

Nell'ambito dell'attività di ricerca e monitoraggio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), riveste notevole importanza la Rete Sismica Nazionale (RSN), quale struttura di sorveglianza sismica del territorio italiano. La RSN, che ad oggi conta più di 240 stazioni distribuite su tutto il territorio nazionale, si avvale di una Rete di Pronto Intervento (RPI) il cui obiettivo primario, in caso di terremoti rilevanti, è volto ad incrementare il numero di stazioni in zona epicentrale, al fine di ottenere una migliore localizzazione della sequenza sismica in corso. Per giungere a quest'obiettivo, l'intera struttura utilizza dei propri sistemi di trasmissione, che permettono di trasmettere i dati in tempo reale presso il centro di acquisizione di Roma, affinché possano essere utilizzati ai fini del processo di localizzazione.

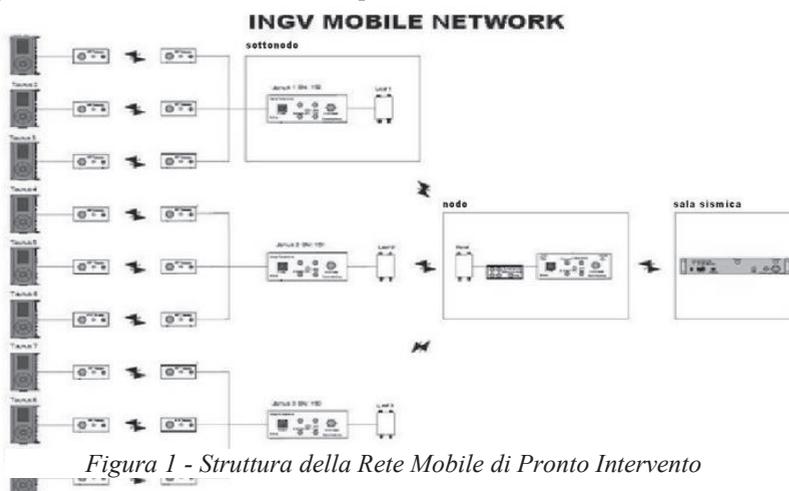


Figura 1 - Struttura della Rete Mobile di Pronto Intervento

Le nove stazioni che compongono la RPI (fig.1) sono telemetrate, presso tre centri d'acquisizione intermedi (sottonodi). Le suddette (fig.2) sono dislocate in gruppi di tre per sottonodo in modo da avere una maggiore flessibilità d'impiego in aree con scarsa visibilità (montagne, foreste, strutture antropiche, ecc.). Il sottonodo (fig.3) è a

sua volta telemetrato ad un centro stella (fig. 4), ove è situato un sistema di trasmissione dati satellitare (*Libra VSAT Nanometrics*), i cui dati sono acquisiti presso il centro d'acquisizione di Roma (Sala Sismica) e ridonati presso l'Osservatorio di Grottaminarda (*disaster recovery*).



Figura 2 – Stazione remota

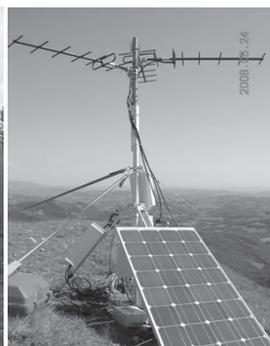


Figura 3 – Sottos nodo



Figura 4 – Centro stella

Nel 2008 per la prima volta la Regione Marche ha organizzato un'esercitazione di protezione Civile sul rischio sismico a carattere regionale. Tale esercitazione ha avuto luogo dal 23 al 25 maggio

all'interno della Comunità Montana dei Monti Azzurri, da cui il nome dell'intera operazione "Blue Mountains 2008". In tale operazione si è avuto il primo impiego della RPI, che ha permesso sia di testare la rete e la sua struttura organizzativa, che di evidenziarne i limiti progettuali. Un'ottima risposta è stata data dall'infrastruttura di trasmissione, che nonostante la complessità strutturale ha comunque permesso ai tecnici di operare nei tempi d'installazione pianificati. Dopo circa tre ore dall'arrivo dei tecnici in area epicentrale, sono stati acquisiti i dati di due stazioni sismiche, e di una stazione accelerometrica. Le registrazioni hanno avuto una durata media di ca. 48 ore, evidenziando un bassissimo livello di ritrasmissione e quindi la completa usufruibilità del dato per le operazioni di localizzazione in Sala Sismica.

Lo sviluppo di un sistema informativo geografico a supporto della RPI

Le attività della Rete di Pronto Intervento durante le fasi emergenza sismica vengono coordinate dai ricercatori e dai tecnici dell'INGV che organizzano la logistica delle operazioni da effettuare basandosi su informazioni preparate preventivamente e su quelle che arrivano in tempo reale dalle zone epicentrali. L'inserimento di queste informazioni di diversa tipologia all'interno di un sistema informativo geografico permette al personale dell'INGV di operare, spesso in situazione difficili e poco sostenibili, in modo più veloce e dinamico. Proprio nell'occasione dell'esercitazione di Protezione Civile "Blue Mountains 2008", è stato sviluppato un sistema informativo geografico basato sui dati territoriali di base e tematici di cui dispone l'INGV nei suoi database geografici che supportano una serie di applicazioni sviluppate per le attività di monitoraggio sismico che il Centro Nazionale Terremoti esegue 24 ore su 24. I dati territoriali, per tutto il territorio nazionale, sono stati inseriti all'interno di un *Personal Geodatabase* di *ESRI ArcGIS* versione 9.2 e sono stati organizzati all'interno di *Feature Dataset*, *Feature Class* e *Raster Catalog* (Pignone, 2007) in base alla loro tipologia. Di seguito sono elencate le principali categorie di dati inseriti nel *Geodatabase*:

- ✓ Ubicazione stazioni delle Reti di Monitoraggio INGV (Rete Sismica Nazionale e Rete Integrata GPS);
- ✓ Cartografia topografica IGM (alla scala 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000);
- ✓ Modello digitale del terreno IGM (con risoluzione 20 metri);
- ✓ Uso del Suolo (derivante dal *Database Corine Land Cover*);
- ✓ Viabilità e Grafo stradale ;
- ✓ Cataloghi di Sismicità Storica (Catalogo parametrico dei terremoti italiani, CPTI 04);
- ✓ Cataloghi di Sismicità Strumentale (Catalogo della Sismicità Italiana CSI 1.1 e Bollettino Sismico);
- ✓ Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (espressa in classi di accelerazione massima del suolo, *pga*);
- ✓ *Database* delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane terremoti di magnitudo superiore a 5.5 (*DISS 3.04*);
- ✓ Classificazione sismica d'Italia su base comunale, ordinanza PCM 20.03.2007 n.3274;
- ✓ Mappe di scuotimento (*shake map*) in termini di intensità, velocità, accelerazione;
- ✓ Mappe delle osservazioni macrosismiche.

L'intervento della RPI è previsto in una certa area nel momento in cui avviene un evento sismico che abbia superato una soglia determinata di magnitudo, quindi i primi dati disponibili sono proprio la localizzazione dell'evento e la relativa magnitudo. Queste due fondamentali informazioni possono essere visualizzate in un *report* cartografico generato da un applicazione *GIS*, denominata *GEOSIS* (fig.5), che sfrutta i dati territoriali presenti nel *Geodatabase*. Il *Report* è organizzato in modo da fornire immediatamente un inquadramento territoriale, sismologico e sismotettonico dell'area colpita dall'evento attraverso 5 viste tematiche centrate sull'epicentro contenenti informazioni su: classificazione sismica del territorio nazionale su base comunale; pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in classi di accelerazione massima del suolo e *database*

delle sorgenti sismogenetiche (*DISS rel. 3.04*); sismicità storica dal catalogo CPTI 04; sismicità strumentale dal 1981 al 2002 dal Catalogo della Sismicità Italiana CSI 1.1e Bollettino Sismico dal 2003 al 2008; infine un inquadramento territoriale ad una scala di maggior dettaglio contenente strati informativi rappresentativi dell'altimetria, della viabilità, dei limiti amministrativi, delle località, dell'urbanizzato, delle principali attività antropiche, dell'ubicazione delle reti di monitoraggio dell'INGV.

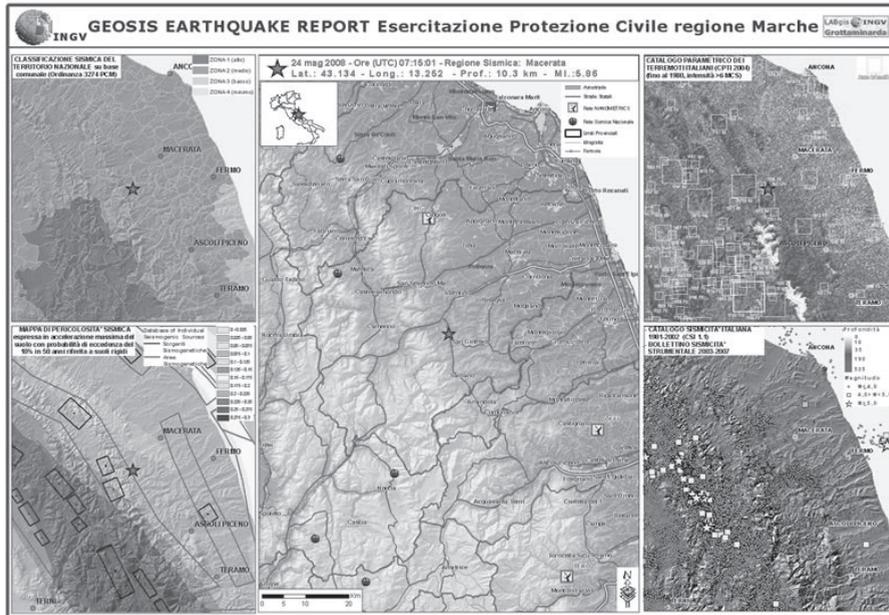


Figura 5 – Report evento sismico simulato per l’esercitazione di Protezione Civile “Blue Mountains”

Il passo successivo è la realizzazione di una serie di scenari a supporto della possibile collocazione dei sottonodi e delle stazioni della RPI realizzati attraverso funzionalità di analisi spaziale per un’area di circa 20 Km di raggio intorno all’epicentro del terremoto. Ad esempio tenendo conto che, nelle operazioni di collocazione dei sottonodi della RPI, è possibile sfruttare le infrastrutture delle Stazioni della Rete Sismica Nazionale a trasmissione satellitare, è stato creato tramite *tools* di analisi di prossimità, uno strato informativo che mostra la copertura della Rete Satellitare per la parte di territorio interessata. Di fondamentale importanza è anche la sovrapposizione degli strati informativi relativi all’Uso del Suolo (infatti vanno escluse ad esempio le zone urbanizzate, le aree boschive, ecc.) ed anche il grafo stradale che fornisce informazioni sulla possibilità di raggiungere o meno determinate aree.

Il contributo dell’Analisi Spaziale di Superficie

L’Analisi Spaziale di Superficie (*Surface Analysis*), partendo dal modello digitale del terreno di una certa area, permette di generare tramite una serie di funzionalità (*aspect, contour, curvature, hillshade, slope, viewshed, observer point*) layers tematici in formato *raster* relativi alle caratteristiche altimetriche, clivometriche, di esposizione e di visibilità dell’area interessata dall’analisi.

Nell’ambito degli strumenti e funzionalità resi disponibili dall’analisi spaziale di superficie è da ritenersi fondamentale per i ricercatori e i tecnici dell’INGV durante la fase di intervento della RPI il contributo dei *tools Viewshed e Observer Point* utili per la costruzione degli scenari di visibilità. Infatti il tipo di sistema di trasmissione che utilizzano gli elementi della RPI, è disegnato in modo in cui, Centro Stella–Sottonodo e Sottonodo–Stazioni Remote devono essere tra di loro ben visibili.

L'estensione *Spatial Analyst* disponibile all'interno della suite *ArcGIS 9.x* contiene un *Toolset Surface* in cui al suo interno sono presenti tutte le funzionalità di analisi spaziale di superficie. I dati di base utilizzati per realizzare questo tipo di analisi sono il Modello Digitale del Terreno (prodotto dall'IGM con passo 20 mt.) e una *feature class puntuale* che rappresenta la posizione del sottonodo. L'analisi *viewshed* esamina ogni cella del *DTM* per stabilire se è presente una linea di vista libera in corrispondenza dei punti osservatori, basandosi sulla presenza o meno di celle con dei valori alti che possono ostacolarla. Questo strumento fornisce come risultato un dato *raster* (fig.7), classificando con valore booleano le celle visibili dal punto osservatore con valore 1, quelle non visibili dal punto osservatore con valore 0. Inoltre a corredo del dato *raster* viene creata una "Attribute Table" (fig.6)

| ObjectID | Value | Count |
|----------|-------|----------|
| 0 | 0 | 11734074 |
| 1 | 1 | 827383 |

Figura 6 – Attribute Table generata dall'analisi *viewshed*

dove al suo interno sono presenti i campi "VALUE" e "COUNT". Il campo *VALUE* indica il numero di Osservatori, per ogni osservatore sarà presente un *record* ad esclusione del *record* "0" che indica le celle non visibili. Il campo *COUNT* rappresenta la frequenza di osservazione di ciascun punto osservatore (il numero di celle che viene visualizzato da ciascun punto osservatore).

Prima di lanciare l'analisi di visibilità, nella *feature class* utilizzata per definire la posizione del sottonodo, vengono impostati una serie di attributi opzionali utili per ottimizzare l'analisi.

Il *Viewshed* (come l'observer point) può essere parametrizzato editando direttamente l'*attribute table* dello *shapefile* del punto di osservazione, quindi si è provveduto ad aggiungere dei nuovi campi di tipo numerico (*Short Integer*), nel nostro caso abbiamo definito i due parametri *OFFSET_A* (fig.8) e *RADIUS2* (fig.9).



Figura 7 – Raster di output generato dall'analisi



Figura 8 – Parametro *OFFSETA*

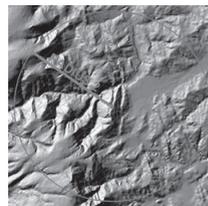


Figura 9 – Parametro *RADIUS2*

OFFSETA serve ad aumentare l'elevazione del sottonodo di un valore specifico, nell'aumentare l'elevazione aumenta anche l'area visibile. Noi abbiamo settato il valore a 20 mt.

RADIUS2 limita la distanza di analisi nel piano orizzontale escludendo tutte le celle al di là del valore specificato. Per problemi logistici abbiamo settato questo valore a 10000 mt.

| FID | Shape* | ID | LAT | LOX | Type | OFFSETA | RADIUS2 |
|-----|--------|----|-----------|-----------|-----------|---------|---------|
| 0 | Point | 1 | 43,068298 | 13,254241 | Sottonodo | 20 | 10000 |

Figura 10 – Impostazione dei parametri opzionali "OFFSETA" e "RADIUS2"

Il risultato dell'analisi *viewshed* è servito a posizionare in modo semi-automatico le tre stazioni remote e la tenda per l'installazione del centro di acquisizione. Durante l'esercitazione ai risultati ottenuti dall'analisi di visibilità, per individuare le zone più facilmente accessibili, sono stati sovrapposti i raster della cartografia topografica dell'IGM a scala 1:100.000 (fig.11).

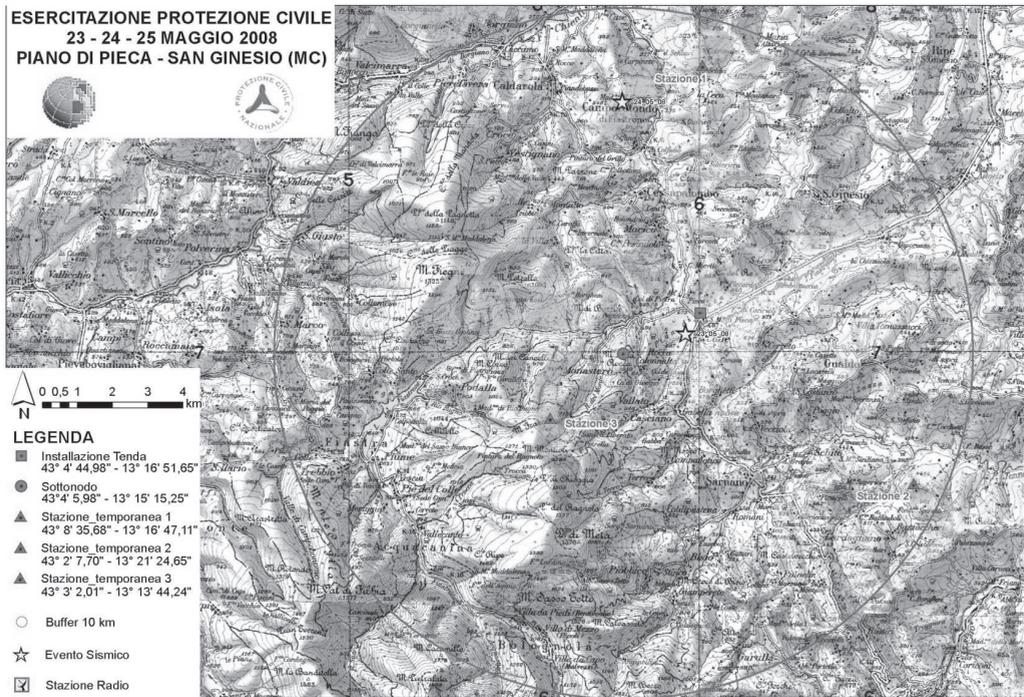


Figura 11 – Report finale utilizzato nell'esercitazione di protezione civile per il posizionamento della strumentazione e per l'installazione della tenda.

In futuro, vista la necessità di una completa implementazione della RPI, saranno installati tutti e tre i sottonodi e le nove stazioni remote. In questo caso utilizzeremo l'analisi *Observer Point* che, oltre ad identificare quali celle sono visibili o meno dai sottonodi è possibile individuare quali sottonodi visualizzano una determinata cella. Infatti a differenza del *viewshed* l'*Attribute Table* generata dall'analisi *ObserverPoints* da come risultato oltre ai campi "VALUE" e "COUNT", dei nuovi campi chiamati *OBSn*, uno per ogni sottonodo presente. In ogni *OBSn* verrà scritto un 1 se la cella del *raster* può essere vista dall'sottonodo n oppure un 0 se non può essere vista.

Bibliografia

- Pignone M., Moschillo R., (2007), "Il LabGIS@INGV di Grottaminarda, attività e prospettive" in Proc. of the 11th Conferenza Nazionale ASITA.
- Pignone M., Moschillo R. et al., (2007), "Realizzazione del geodatabase del catalogo della sismicità italiana 1981-2002 (CSI 1.0)", in Rend. Soc. Geol. It.,4, Nuova Serie, pp.111-115.
- Pignone M., (2006), "The Geographical Information System of CESIS Project", in Proc. of the 5th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Vol. II: pp. 228-230.
- Zeiler M., (1999), "Modeling our World", The ESRI Guide to Geodatabase Design, published by Environmental Systems Research Institute, Redlands, California.

EVOLUZIONE DEL SISTEMA INFORMATIVO CEDOC-SARDEGNA VERSO IL MODELLO SINANET-OSS

Maria Gabriella MULAS (*), Mariano Tullio PINTUS (*),
Vincenzo BARBIERI (**), Rosalia BALICE (**)

(*) Regione Autonoma della Sardegna - Dir. Gen. Ambiente, Serv. Tutela delle Acque - Via Roma 80,
I-09123 Cagliari, Tel. 070 606 6671 – 070 606 7568,
email: mmulas@regione.sardegna.it - mpintus@regione.sardegna.it

(**) Planetek Italia Srl, Via Massaua 12, 70123 Bari, Tel. 0809644200, email: barbieri@planetek.it - balice@planetek.it

Riassunto

La recente evoluzione del quadro normativo (Dir. 2000/60/CE, agg. to D.Lgs 152/06) inerente la "caratterizzazione dei corpi idrici superficiali" e la necessità d'integrazione con le nuove architetture delle base dati in uso presso i Sistemi Informativi Territoriali della Regione, quali il SITR o il SIRA, hanno richiesto un aggiornamento della struttura del database del Centro di Documentazione raccolta dati sulle caratteristiche dei bacini idrografici (CeDoc), realizzato ed istituito in attuazione del D.Lgs 152/99.

Il nuovo progetto CeDoc, affidato a Planetek Italia, si è focalizzato su due binari: eliminare il *gap* di correlazione con l'attuale normativa; conformare il sistema a criteri di cooperazione applicativa ed integrazione con i dataset ambientali regionali e nazionali, ed a criteri di sicurezza informatica.

Il primo importante risultato si ottiene con la reingegnerizzazione della base dati CeDoc verso il modello **Oggetti Strutture** (Territoriali) e **Soggetti** (OSS) di riferimento territoriale per la rappresentazione geografica dei dati di interesse ambientale, adottato dalla rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINAnet) dell'ISPRA (ex APAT). L'adozione del modello consente di disporre di una struttura dell'archivio dei dati particolarmente ottimizzata per la gestione dei dati ambientali. L'unicità e maggiore qualità del modello consiste: nell'individuazione e codifica di tutti gli oggetti territoriali e delle relazioni che li legano; nella rappresentazione delle relazioni tra gli OST di tipo territoriale-logico, non prettamente cartografica.

Questa organizzazione della base della conoscenza garantisce elevate prestazioni e un'intrinseca capacità del sistema di espandersi e adeguarsi alla dinamica dei dati ambientali, cartografici nonché all'evoluzione della normativa ambientale. Inoltre, consente la cooperazione applicativa tra enti (comunale/provinciale/regionale), assicurando l'accessibilità alle informazioni con canali tecnologici innovativi e lo scambio dei dati, indipendentemente dalle piattaforme adottate.

Ulteriore evoluzione del sistema si è ottenuta con il passaggio a un sistema di gestione applicativa *full web-based*, su piattaforma *Multi-Tier*. Questo consente il raggiungimento di diversi obiettivi: un miglioramento nei sistemi di gestione dei dati di monitoraggio; adeguamento alle necessità di cooperazione applicativa e di divulgazione in sicurezza dei dati del sistema; semplificazione del sistema di inserimento, validazione, estrazione e reportistica delle informazioni ambientali.

Abstract

The new framework law for the "characterization of surface waters" (Dir. 2000/60/EC, update D.Lgs 152/06) and the need for integration with the new database architecture in use at Regional Geographic Information Systems, such as SITR or SIRA, required a database model update for the Documentation Centre collecting data on the characteristics of river basins (CeDoc, D.Lgs. 152/99). The project for the new CeDoc, committed to Planetek Italia, focused on two tracks: to remove the gap of correlation with the legislation in force; to enable the system to cooperation and integration with national and regional environmental databases and stronger cybersecurity criteria.

The first goal was reached through the CeDoc DB reengineering, according to the model **Oggetti Strutture (Territoriali) e Soggetti (OSS)** as territorial reference for the geographical representation of environmental data, adopted by the ISPRA (ex APAT) network of the National Environmental Information System (SINAnet). This model enables to a data structure specifically designed and optimized for environmental data management. The uniqueness and quality of the model consists in: the identification and tagging of all spatial objects and their relationships; the representation of relations between these OST, as a territorial-logical type, instead of a cartographic one.

This organisation of the knowledge base ensures high performance and a capacity of the system itself to expand and adapt to the dynamics of environmental data, cartography and to the changing environmental legislation. It also enables cooperation between agencies (Municipal / Provincial / Regional), ensuring accessibility to information with innovative technology channels and data exchange, regardless of the platforms adopted.

Further evolution of the system has been reached with the transition to a management system fully web-based, on Multi-Tier platform. This allows the achievement of several goals as: an improvement in the data monitoring management systems; pace with the needs of applied cooperation, safe publication of data archived in the system; simplified system integration, validation, extraction and reporting of environmental information.

Introduzione

L'attuazione degli interventi di competenza della Regione Sardegna, previsti dal D.Lgs. 152/99, finalizzati alla redazione del Piano di Tutela delle Acque (art. 44 del Decreto stesso), ha reso necessaria l'istituzione del Centro di Documentazione per la raccolta dei dati sulle caratteristiche dei bacini idrografici (CeDoc, L.R. n.14 del 19/7/2000), presso il Servizio Tutela delle Acque (STA), nel quale confluiscono, tra l'altro, conoscenze qualitative e quantitative dei corpi idrici ed archiviate le relative classificazioni.

Il Sistema CEDOC nel suo complesso è il sistema informativo deputato alla raccolta, gestione e diffusione di dati e documenti, relativi ai corpi idrici sia superficiali che sotterranei.

La recente evoluzione del quadro normativo (recepimento della Dir. 2000/60/CE - D.Lgs 152/06) e le nuove architetture delle basi di dati, che consentono il reciproco scambio delle informazioni attraverso web services (collaborazione applicativa richiamata anche dalla direttiva INSPIRE), che sono attualmente impiegate dai Sistemi informativi Territoriali a riferimento geografico della Regione già realizzati (quali il SITR) o in corso di realizzazione (SIRA), hanno reso necessario un aggiornamento della struttura del database del CEDOC. A tal proposito infatti occorre evidenziare che nell'ambito della rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (**SINAnet**) è stato definito e realizzato in collaborazione con ISPRA (ex APAT), un modello logico concettuale per la gestione degli **Oggetti Strutture (Territoriali) e Soggetti (OSS)**, che è la base di riferimento territoriale per la rappresentazione dei dati di interesse ambientale, in ottica di realizzazione dello spazio di conoscenza nazionale SINAnet. Tale modello è stato posto a base del SIRA Sardegna.

Benefici dell'adozione del modello OSS

Il modello dati basato su OSS è stato concepito per mettere in correlazione elementi e fenomeni che intervengono sul territorio, consentendo di realizzare di fatto una struttura dell'archivio dei dati particolarmente ottimizzata per la gestione dei dati ambientali nelle fasi di aggiornamento, analisi ed estrazione delle informazioni ambientali.

L'organizzazione della base di conoscenza ambientale secondo il modello OSS, oltre che garantire elevate prestazioni e flessibilità, imprime al sistema informativo ambientale risultante un'intrinseca capacità di espandersi e adeguarsi alla dinamica dei dati ambientali, cartografici, nonché all'evoluzione repentina della normativa in materia ambientale.

Il modello realizza la cooperazione applicativa tra enti (comunale/provinciale/regionale), assicurando l'accessibilità alle informazioni con canali tecnologici innovativi. Nell'ambito della cooperazione tra i soggetti coinvolti (sezioni regionali, provinciali, comunali, SIRA, etc.) il sistema informativo basato su OSS offre strutture dati che consentono lo scambio dei dati, indipendentemente dalle piattaforme adottate e che poggiano su tecnologie consolidate.

Evoluzione del CEDOC

Il primo sistema CEDOC è organizzato su un database destrutturato che, pur garantendo performance di sufficiente livello, non consente di gestire, né di introdurre agevolmente, caratteristiche di cooperazione applicativa e di scalabilità istituzionale delle informazioni.

Inoltre, allo stato attuale, è la componente software applicativa del CEDOC a farsi totalmente carico di comporre le informazioni secondo viste logiche, conformemente a quanto la normativa richiede (sia l'applicazione *stand alone* che la restituzione WebGIS). Tale caratteristica dell'attuale CEDOC, realizzata per rispondere ai criteri della ristrutturazione logica dei dati e della divulgazione, costituisce vincolo critico quando si devono effettuare adeguamenti software a seguito di evoluzioni della normativa. Tale vincolo, unito ad un modello *stand alone* per l'interazione con l'utente di gestione e ad una piattaforma architetturale con bassi livelli di sicurezza, costituiscono il limite ed il livello di obsolescenza tecnologica del primo CEDOC.

Lo STA della Regione Sardegna ha ritenuto quindi necessario un intervento di reingegnerizzazione tecnologico-architetturale del sistema CEDOC, per superare gli attuali limiti ed obsolescenze e renderlo direttamente integrabile/correlabile col realizzando SIRA Sardegna.

Il CEDOC reingegnerizzato intende superare i limiti della bassa capacità di adeguamento normativo e della mancata cooperazione applicativa, adottando la filosofia di "appartenenza allo spazio SINAnet" attraverso il ridisegno della base dati in ottica OSS. Il modello dati del CEDOC basato su OSS garantisce quindi la scalabilità istituzionale delle informazioni, a partire dal dominio regionale, per costruire uno "spazio della conoscenza e della comunicazione ambientale" conforme allo spazio nazionale e regionale (SIRA). La reingegnerizzazione del CeDoc prevede inoltre la rimozione delle obsolescenze, introducendo sulla nuova base di dati:

- Una nuova architettura per il modello e la fruizione dei dati basata su Enterprise Java.
- Una nuova architettura applicativa di tipo SOA (Service Oriented Architecture) che rende disponibile Web Services per la fruizione e la gestione dei dati del CEDOC, da parte delle web application locali e di sistemi esterni eterogenei (legacy).
- Un modello interattivo utente basato esclusivamente su interfaccia WEB, con procedure semplificate per l'esportazione/importazione di tabelle e nuove modalità di estrazione dei dati; nuovi automatismi (filtri, query, ecc.) per migliorare la fruizione dei dati dalle maschere di visualizzazione finalizzati anche alla produzione dei report.
- Caratteristiche tecniche evolute basate su tecnologie Open Source e J2EE,
- Un modello di assicurazione della sicurezza basato su un Business Authorization Access ed un Credential Proxy che garantiscono un accesso sicuro ai dati ed alle applicazioni, sfruttando i servizi di sicurezza della RUPAR, in conformità agli standard LDAP.

La reingegnerizzazione del CEDOC è stata affidata alla Planetek Italia S.r.l.

Architettura concettuale del modello OSS

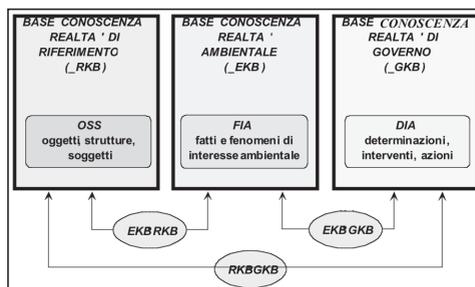
Il nuovo modello concettuale dei dati basato su OSS (Giombolini, 2000) prevede la realizzazione di uno **strato di persistenza dei dati** in cui far confluire le informazioni ambientali, (punti di misura e misure corredate delle loro geometrie per la rappresentazione alfanumerica e cartografica).

L'architettura concettuale dei dati in base al modello OSS si fonda sulle seguenti considerazioni:

- Un sistema info ambientale è caratterizzato da una componente che descrive e rappresenta i Fatti-Fenomeni di Interesse Ambientale (FIA) che caratterizzano la realtà ambientale;
- I FIA sono integrati con le rappresentazioni di corrispondenti **Oggetti Strutture** (Territoriali) e **Soggetti** (OSS) coinvolti dai FIA e che caratterizzano la porzione di contesto costituita dalla realtà socio-territoriale che costituisce la realtà di riferimento;

- I FIA sono integrati con le rappresentazioni degli enti e delle Determinazioni, Interventi e Azioni (DIA) che essi assumono; rappresentazioni che caratterizzano la porzione di contesto costituita dalla realtà istituzionale.

Nell'implementazione fisica del modello queste classi vengono ricondotte a tre componenti sistemiche del data base, secondo lo schema riportato nella figura successiva, che costituiscono l'asse portante del sistema di conoscenza e dello spazio che intorno ad esso si viene a costituire.



- Base conoscenza della realtà ambientale - Environment Knowledge Base (EKB)
- Base conoscenza della realtà di riferimento - Reference Knowledge Base (RKB)
- Base conoscenza della realtà di governo - Government Knowledge Base (GKB)

Al fine di consentire il più ampio grado di flessibilità e di articolazione della conoscenza, il modello gestisce un'ampia articolazione dei caratteri identificativi e descrittivi degli oggetti e strutture territoriali (OST), tra cui si riportano, di seguito, i principali:

- natura (es. agglomerato urbano, ambito territoriale, infrastruttura, oggetto idrografico, etc.);
- composizione (consente di definire una eventuale scomposizione dell'OST in porzioni);
- forma e posizione (proprietà cartografiche dell'OST; consente di collegare l'OST alla Base Geografica della Base di conoscenza. La posizione cartografica di ciascuna impronta è fornita da un Geocodice, generalmente il punto centrale dell'impronta. Impronte e geocodici costituiscono le strutture mediante le quali le anagrafi e i repertori degli oggetti territoriali interfacciano il sistema di rappresentazione territoriale.);
- interazioni tematiche (consente di collegare l'OST alle informazioni che descrivono lo stato dei temi e fenomeni ambientali che lo interessano (presenti in EKB). Consente di connettere l'oggetto con le informazioni che, nelle diverse tematiche di EKB, permettono di caratterizzare i campioni prelevati, le misure effettuate, le valutazioni di qualità ambientale.);
- interazioni operative (definisce le interazioni esistenti fra enti e oggetti in relazione alle competenze ambientali che a tali enti fanno capo. Ad una qualsiasi istanza di OST possono essere riferite tutte le DIA che hanno per oggetto l'OST, che lo hanno coinvolto o lo potranno coinvolgere nel tempo; consente di correlare opportunamente RKB a GKB.).

La realizzazione del DB OSS implica l'individuazione e codifica di tutti gli oggetti territoriali e delle relazioni che li legano. Il singolo oggetto territoriale può avere diverse rappresentazioni cartografiche in funzione della scala di lavoro.

Struttura modello dei dati del nuovo CeDoc

Per il nuovo CEDOC sono stati considerati gli ambiti informativi (Giombolini, 2002) relativi a:

- Base di riferimento (RKB). Per la classificazione dell'anagrafica dei punti di prelievo si mantiene la stessa classificazione del primo CEDOC, adattandola in termini di attributi ove necessario per soddisfare lo standard OSS. Gli oggetti anagrafici considerati nel OSS sono:

| | | |
|--------------------------|-----------------------|---|
| Bacini Idrografici (BI) | | |
| Corpi Idrici (CI) | ... superficiali | Acque marino costiere, Corsi d'acqua superficiali, Canali artificiali, Laghi /Laghi artificiali, Acque di transizione |
| | ... sotterranei | Acque sotterranee |
| Stazioni di monitoraggio | Stazioni superficiali | |
| | Punti d'acqua | Pozzi, Sorgenti |

- Base dei fatti ambientali (EKB) Si identificano e definiscono gli IIP (Indicatori, Indici e Parametri) e relative tabelle per le misurazioni, classificazioni, giudizi.

I parametri di misura sono organizzati nel modello, da un punto di vista anagrafico, con attributi che ne consentono una fruibilità flessibile, in base a varie chiavi di aggregazione, combinabili:

| | | |
|---|---|---|
| <p>per tipo di rilevamento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acqua - Biota - Sedimenti | <p>per Gruppo di appartenenza</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biota - Chimico/fisici - Sostanze pericolose - Fitoplancton - Metalli ed inorganici - Metalli - Microbiologici - Organici - Organismi - Parametri chimici addizionali | <p>per Oggetto territoriale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bacino - Corpo idrico <ul style="list-style-type: none"> o Corsi d'acqua superficiali o Canali artificiali o Laghi/Laghi artificiali o Acque marino costiere o Acque di transizione o Acque sotterranee - Stazione - Provincia - Comune |
| <p>per destinazione funzionale</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stato ambientale - Vita dei molluschi - Potabilizzazione - Vita dei pesci - Balneazione | | |

Il nuovo CeDoc, sfruttando il modello OSS e l'estensione degli algoritmi alla rappresentazione degli IIP e loro classificazioni, consente di far "navigare" il proprio sistema informativo a partire dal singolo dato elementare di misura sino all'oggetto territoriale antropico, di cui la misura rappresenta la pressione esercitata o naturale, ovvero lo stato. Il modello implementato garantisce altresì la navigabilità dall'oggetto territoriale al singolo IIP. Questa logica di interazione bidirezionale fornisce strumenti potenti utili alla valutazione ambientale, che vanno a supportare la realizzazione degli algoritmi di classificazione e del calcolo dello stato ambientale del nuovo CeDoc.

Architettura del nuovo CeDoc

L'architettura del nuovo CeDoc si presenta essenzialmente organizzata in tre macro componenti:

- Le Web Application che implementano tutte le funzionalità del CEDOC;
- Il Connettore al framework OSS che ne implementa la logica Applicativa d'uso;
- il Framework OSS composto da: una logica di modello; una logica di business che combina i dati del modello orientandolo ai temi ambientali.

Componente WebApp: Caratterizzata da funzionalità fruibili esclusivamente via web che ampliano il set delle funzionalità del vecchio CEDOC:

1. Il modello di gestione delle informazioni è stato rinnovato per le parti di:
 - gestione anagrafiche, per la quale è stato ampliato il set delle funzionalità con la creazione e modifica sia dei punti di prelievo (e loro attributi) che dei parametri di misura (ed attributi)
 - inserimento dati di misura che nel nuovo CeDoc avviene attraverso sessioni di importazione di file dati, opportunamente pre-modellati, prodotti dagli operatori.
2. L'interrogazione dei dati è stata trattata attraverso un sistema complesso (query builder) che guida l'utente nella costruzione della propria ricerca. Tutti i dati risultanti possono essere, oltre che consultabili e stampabili come liste in pagine web, anche esportabili in file excel/pdf e costituire la base della reportistica.
3. Un nuovo approccio è stato introdotto nella generazione dei report, prodotti dinamicamente con i dati scaturiti da una qualunque query ed organizzati in modelli di file stampabili.

Componente framework OSS

Si basa sull'architettura SOA e tecnologie Enterprise Java e presenta le seguenti caratteristiche principali:

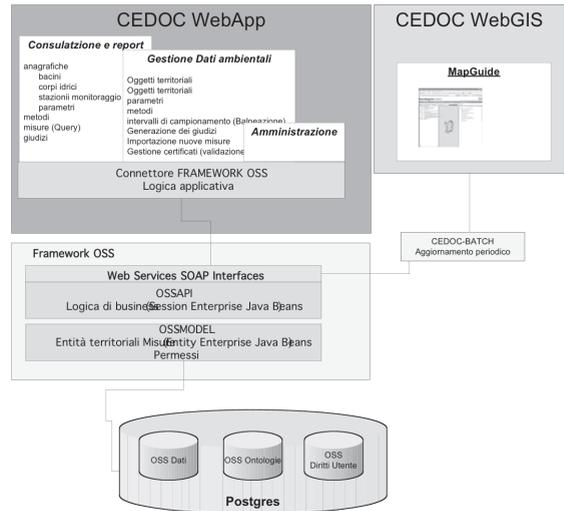
1. Modellazione oggetti ENTITA' come entity beans: tutti gli oggetti derivati da ENTITA', RELAZIONE o CLASSIFICAZIONE sono modellati come entity beans secondo lo standard EJB 3, sfruttando quindi al pieno il meccanismo della "entity inheritance".

2. Modellazione logica comune come session beans: Oltre alla logica strettamente legata ad istanze di oggetti, la logica comune (l'esecuzione di query generalizzate oppure la gestione di oggetti OSS), viene esposta come API per le applicazioni web sotto forma di session beans.
3. Transazioni: Come previsto dallo standard EJB, tutta la logica del nuovo CeDoc è stata sviluppata in modo "transaction aware", tale da consentire la combinazione di singole procedure per creare della logica complessa all'interno di singole transazioni.
4. Interfacce esterne come web-service SOAP: Procedure più complesse sono espone sotto forma di web-service SOAP, in modo tale da essere integrabili nella definizione dei workflow applicativi. Questo permette anche la concatenazione di servizi.

Sono stati identificati i seguenti gruppi funzionali:

- interrogazione e modifica di singoli oggetti;
- interrogazione mediante query preconfezionate;
- inserimenti valori di misura;

5. Tecnologie: Utilizzo dello stack di jBoss come application server e Postgres/PostGIS come DB.



CONCLUSIONI

L'evoluzione del sistema CeDoc rappresenta un punto di partenza per un utilizzo efficace ed efficiente del patrimonio conoscitivo dello stato delle acque ed in generale dello stato dell'ambiente nella Regione Sardegna. La complessità dei fenomeni ambientali richiede

l'adozione di un modello dati idoneamente strutturato per valorizzare il contenuto informativo dei dati raccolti durante le campagne di monitoraggio. Una prerogativa fondamentale per una corretta analisi dello stato dell'ambiente, che richiede complesse analisi multiparametriche e multitemporali. L'adozione del modello OSS – SINAnet risponde a tale esigenza e rappresenta una scelta importante nella messa a punto un complesso sistema di gestione della base della conoscenza ambientale.

La corretta organizzazione della base della conoscenza consente una più rapida ed efficace condivisione delle banche dati e delle informazioni tra gli enti ed amministrazioni che operano sul territorio con una relativa ottimizzazione delle risorse che vengono dedicate al monitoraggio dei fenomeni ambientali.

In tal senso l'evoluzione del sistema CeDoc verso una architettura *web based*, con l'adozione di standard di interoperabilità consolidati e tecnologie *open source*, rappresenta una scelta che garantisce la naturale interoperabilità del sistema all'interno dell'istituendo SIRA regionale e, in generale, verso sistemi esterni con cui mettere a fattor comune il patrimonio conoscitivo.

Ringraziamenti

Si ringrazia Claudio Candelotto per la preziosa consulenza nell'implementazione OSS dei dati del CeDoc.

Riferimenti bibliografici

Giombolini G. (2000): Manuale Standard SINAnet – Indirizzi e regole, ANPA (APAT), 2000

Giombolini G. (2002): Ara : acque - rifiuti – aria struttura e contenuti della base di conoscenza, ANPA (APAT), Ara_db versione 1 febbraio 2002

APPROCCIO METODOLOGICO PER L'INDIVIDUAZIONE DI SITI POTENZIALMENTE INQUINATI ATTRAVERSO L'INTEGRAZIONE DI DATI MULTIPARAMETRICI, IN AMBIENTE GIS: UN ESEMPIO DI APPLICAZIONE AL COMUNE DI MARIGLIANO (NAPOLI)

Rosa NAPPI (*), Salvatore DE RIGGI (**), Vincenzo AUGUSTI (*),
Sebastiano PESCE (***), Nunzia LOMBARDI (****)

(*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli, Osservatorio Vesuviano,
Via Diocleziano, 328 – Napoli, tel. 0816108321, fax 0816108351, e-mail nappi@ov.ingv.it

(**) Geologo, via Salvator Rosa, 17 Marigliano - Napoli e-mail sal.deriggi@libero.it

(***) Autorità di Bacino del Liri-Garigliano e Volturno, Viale Lincoln Ex Area Saint Gobain
81100 CASERTA (CE), Tel. 0823300001, e-mail s.pesce@autoritadibacino.it

(****) Studentessa Dipartimento di Fisica, Scienze MM.FF.NN Università Federico II (NA)

Riassunto

Il monitoraggio ambientale è, negli ultimi anni, diventato importante per la gestione del territorio e la mitigazione dei rischi geo-ambientali. L'integrazione delle moderne geo-tecnologie e dei relativi parametri geomorfologici, geologici, geochimici e geofisici diventa l'approccio più adeguato per un'efficace risultato.

In questo lavoro descriviamo una metodologia di indagine applicata all'identificazione di anomalie di tipo ambientale (rifiuti sversati o sepolti illegalmente), nel territorio di Marigliano, comune della provincia di Napoli, inserito nel SIN (Siti di Interesse Nazionale) per la bonifica. In particolare è stato descritto l'utilizzo delle immagini satellitari acquisite in anni diversi, che si è dimostrato fondamentale per la ricerca di aree morfologicamente anomale.

Sono stati identificati siti potenzialmente inquinati, mai censiti in precedenza, oltre alla conferma di siti già noti; i dati sono stati gestiti in ambiente GIS (Geographic Information System) fornendo il supporto necessario per il controllo degli stessi rispondendo alle esigenze di continuo incremento delle conoscenze a partire dai dati disponibili.

Abstract

In the most recent year, the environmental monitoring is became important for managing of territory and mitigation of the geo-environmental risks. The integration of the current geo-technologies and geomorphologic, geological, geochemical and geophysical parameters is fundamental for excellent results. In this paper we describe a methodology of study to identify environmental anomalies (illegal buried waste) of the Marigliano town, in province of Naples, brownfield of national interest for the reclamation. Particularly we have been described the use of satellite imagines in several years that has been the goal of this research. Brownfields not known potential contaminated have been identified and managing in GIS system to give a base for realization of a control support system.

Introduzione

Una storia lunga 30 anni ha portato la Regione Campania alla catastrofe ambientale. I rifiuti tossici seppelliti ovunque, hanno ormai compromesso l'ecosistema, inquinando aria, acqua e suolo. Il comune di Marigliano (fig.1) rientra nel cosiddetto "Triangolo della Morte" ossia il territorio

compreso tra Nola-Acerra-Marigliano che, nonostante la vocazione agricola, registra un'alta mortalità per cancro rispetto alle città industriali del centro e del Nord Italia. (Mazza e Senior, 2004, O.M.S.et al., .2004). Questo comune è stato inserito nel SIN (Siti di Interesse Nazionale) per la bonifica "Litorale Domizio-Flegreo e Agro Aversano", Protocollo di Intesa 2007 (Decreto del Ministero dell'ambiente n. 468, 18 settembre 2001), a cui ha fatto seguito l'accordo di bonifica in cui l'Arpac individua 35 siti interessati da abbandono di rifiuto al suolo per i quali, l'intervento di bonifica consiste "nell'asporto del rifiuto dal suolo e successivo conferimento presso idonei siti si conferimento". Il territorio in esame, oltre ai rifiuti abbandonati al suolo (per i quali il testo unico non prevede un processo di bonifica), deve fare i conti con i rifiuti che sono stati interrati e per i quali il problema non può essere risolto con l'asporto. Perciò, considerata la complessità del problema, considerata la mancanza oggettiva della gestione nella risoluzione del problema da parte degli enti preposti, abbiamo cercato e sperimentato una metodologia che potesse essere efficace nell'individuare siti contaminati non noti, utilizzando gli strumenti disponibili. In particolare, abbiamo raccolto e archiviato i dati geografici, territoriali, geofisici e ambientali, relativi al territorio di Marigliano. Sono state recuperate le Ortofoto acquisite in anni diversi e confrontate con siti inquinati noti, per individuare eventuali anomalie non note e/o non censite. L'analisi dei dati è stata validata da controlli di campagna e i dati utili sono stati successivamente vettorializzati e archiviati con le relative tabelle di attributi.

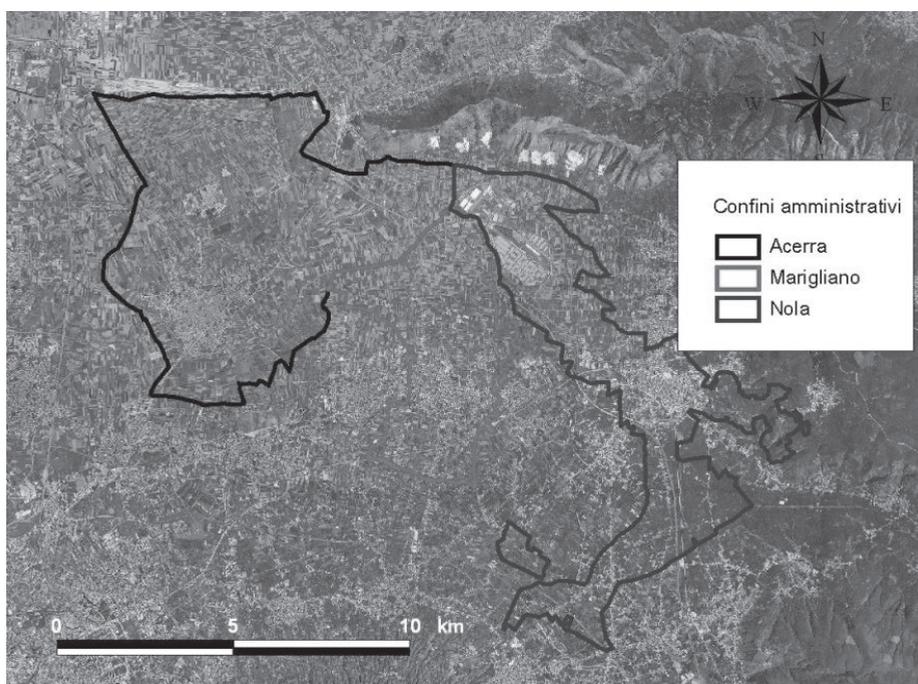


Figura 1 – Ortophoto 2003 con i confini amministrativi dei comuni di Acerra, Marigliano e Nola

Metodologia

La metodologia proposta ed applicata in questo lavoro di ricerca ha previsto l'integrazione di diverse tipologie di dato come i dati territoriali e geografico amministrativi, i dati geologico-geomorfologici relativi al territorio oggetto di studio, con i dati ambientali derivati dall'analisi *ex novo* di più parametri. I dati geografico- amministrativi, i dati geologico-geomorfologici e parte dei dati territoriali, sia *raster* che vettoriali, con le rispettive tabelle di attributi, sono stati recuperati da

Banche Dati pubblicate (Vilardo et al., 2001; Vilardo et al., 2008; Nappi et al., 2004; Valensise e Pantosti, 2001).

La parte centrale del nostro studio ha previsto la ricerca di immagini da satellite ad alta risoluzione disponibili sul web, di anni diversi per verificare, tramite confronto temporale, eventuali anomalie morfologiche nella struttura del terreno. E' stato possibile analizzare e confrontare le Ortofoto a colori, ad alta risoluzione (pixel 0.6 m) disponibili sul sito web: <http://www.digitalglobe.com>, nel range temporale 1998-2002-2004 e quelle disponibili sul sito web della provincia di Napoli: <http://sit.provincia.napoli.it/ortofoto.asp>.

Attraverso fotointerpretazione, sono stati individuati siti a morfologia anomala confrontate con i siti inquinati noti (Protocollo d'Intesa, 2007), per verificarne la consistenza (fig. 2, 3, 4). Per validare questi dati, oltre al riscontro cartaceo, sono stati effettuati alcuni controlli a campione *in situ*.

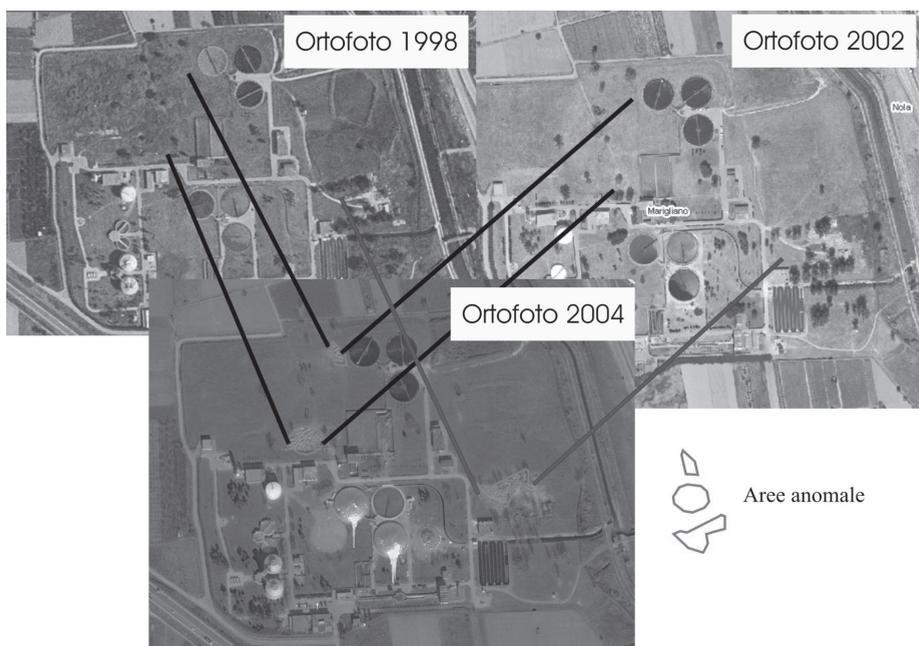


Figura 2 Aree anomale note individuate nella zona del depuratore, nel comune di Marigliano, attraverso fotointerpretazione multitemporale.

La fase successiva ha previsto l'archiviazione dei dati, in formato vettoriale, in un Sistema GIS, utilizzando come software *ArcGis* della ERSI e come sistema di riferimento geografico UTM WGS84. E' stata creata una tabella di attributi *ad hoc* in cui sono stati inseriti tutti i campi utili per un *database* associato contenente anche i parametri di tipo ambientale che caratterizzino ogni sito.

I parametri ambientali a cui si fa riferimento riguardano il tipo di rifiuto, le misure di radioattività effettuate con un misuratore di radioattività *GEIGER GAMMA SCOUT W* di ultima generazione e le misure dei parametri termici effettuati con una telecamera termica NEC, con risoluzione 0.06° C (30°C 60Hz) range 1. I dati termici sono relativi solo ad un periodo di misura. Per ottenere dei valori che abbiano una valenza scientifica bisogna avere un intervallo temporale di misura, cosa che abbiamo previsto per il lavoro futuro. Inoltre, è stata fatta richiesta dei dati "Mivis" alla provincia di Napoli (<http://sit.provincia.napoli.it/articolo.asp?key=14>) per aggiungere, ove fosse possibile, un'ulteriore elemento di caratterizzazione dei siti individuati.



Figura 3 Area anomala nota individuata in Via Isonzo, nel comune di Marigliano, attraverso fotointerpretazione multitemporale.



Figura 4 Area anomala non nota individuata in Via Ponte dei Cani, nel comune di Marigliano, attraverso fotointerpretazione multitemporale.

I lavori di letteratura che utilizzano il confronto temporale di immagini da satellite ad alta risoluzione sono generalmente relativi a studi del suolo o all'individuazione di inquinanti (Giannetti et al., 2004; P. T. Kivell, et al., 2006; Kazuo Oki e Yoshifumi Yasuoka, 2008), pochi sono quelli rivolti all'analisi di tipo ambientale relativi a rifiuti nascosti (Godfrey, 2007). Con la metodologia utilizzata, abbiamo dimostrato che il telerilevamento può dare buoni risultati anche in questo settore specifico infatti ha permesso l'identificazione di diversi siti, potenzialmente inquinati, non conosciuti e non inseriti nel Protocollo di intesa 2007.

Conclusioni

La metodologia descritta ha messo in evidenza come, attraverso l'integrazione di dati telerilevati multitemporali (ortofoto a colori) e la rispettiva fotointerpretazione e integrazione con altre

tipologie di dato attraverso il sistema GIS, sia possibile analizzare in modo efficace l'evoluzione del territorio. In particolare è stato possibile identificare le variazioni morfologiche del terreno dovute ai rifiuti sversati illegalmente. L'utilizzo di questa metodologia, già applicata per la caratterizzazione dei suoli, è dunque efficace anche per analisi di tipo ambientale. L'applicazione di questa metodologia ha dimostrato le potenzialità di questo tipo di analisi perché ha permesso l'identificazione di siti potenzialmente inquinati, mai censiti in precedenza. Inoltre la gestione dei dati in ambiente GIS (Geographic Information System) ha fornito il supporto necessario per il controllo degli stessi rispondendo alle esigenze di continuo incremento delle conoscenze a partire dai dati disponibili. Il sistema GIS con la gestione dei dati geografici, geologico-geofisici, territoriali e ambientali disponibili, diventa uno strumento utile e indispensabile per fornire supporto decisionale in materia di controllo e gestione del territorio.

Riferimenti bibliografici

Mitchell A. (1991), *The ESRI Guide to GIS Analysis Volume 1: Geographic Pattern & Relationships*, ESRI Press.

ESRI, Environmental Systems Research Institute (2000), ArcIMS Architecture <http://www.esri.com/news/arcnews/summer00articles/arcims-arch.htm>

Giannetti F., Canavesio A. e Terzuolo P.G. (2004), "Analisi delle variazioni temporali dell'uso del suolo mediante dati telerilevati in un'area del Piemonte meridionale", *Rivista Italiana di telerilevamento*, 29: 53-63. Godfrey L., (2007), "Facilitating the improved management of waste in South Africa through a national waste information system" 28 (9): 1660-1671.

Kazuo Oki e Yoshifumi Yasuoka, (2008) "Mapping the potential annual total nitrogen load in the river basins of Japan with remotely sensed imagery", *Remote Sensing of Environment* 112: 3091-3098.

Kivell P. T., Parsons A. J., Dawson B. R. P., (2006). "Monitoring derelict urban land: A review of problems and potentials of remote sensing techniques" *Land Degradation & Development*, 1 (1): 5 -21.

Senior K, Mazza F., (2004). "Triangle of depth". *The Lancet Oncology*, 5, 525-527.

Nappi R, Ventura G, Vilardo G, (2004). "WEB based GIS for seismotectonic risk assessment". Abstract for 32nd International Geological Congress, Firenze 20-28 Agosto, 2004.

Organizzazione Mondiale della Sanità, Centro Europeo Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto Fisiologia Clinica Osservatorio Epidemiologico della Regione Campania Agenzia Regionale Protezione Ambiente della Campania, (2004). "Trattamento dei rifiuti in Campania: impatto sulla salute umana Correlazione tra rischio ambientale da rifiuti, mortalità e malformazioni congenite, Rapporto sintetico"., <http://www.protezionecivile.it/cms/attach/editor/rapportoRifiuti2/sintesidellostudio.pdf>.

Valensise, G., and D. Pantosti (2001). Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy. *Annali di Geofisica*, Suppl. al vol. 44 (4), 180 pp., with CD-ROM.

Vilardo G, Terranova C, Bronzino G, Giordano S, Ventura G, Alessio G, Gabriele M, Mainolfi R, Pagliuca E, Veneruso M (2001) SISCam: Sistema Informativo Sismotettonico della Regione Campania, http://ipf.ov.ingv.it/lgc/progetti_gb.asp.

Vilardo, G., Bronzino, G., Alessio, G., Bellucci Sessa E., Nappi R., (2008), "GeoDATA Finder Il sistema di consultazione on-line della banca dati territoriali del Laboratorio di Geomatica e Cartografia dell'INGV-OV", http://ipf.ov.ingv.it/dbnas/login_user.asp.

TECNICHE GIS PER LA GESTIONE DELLA SICUREZZA STRUTTURALE DELLE DIGHE

Rossella NOCERA (*), Carlo CALLARI (**)

(*) Università degli studi del Molise, Facoltà di Ingegneria, Via Duca degli Abruzzi, Termoli (CB)
Tel.: 0874/404928, e-mail: rossella.nocera@unimol.it

(**) Università degli studi del Molise, Facoltà di Ingegneria, Via Duca degli Abruzzi, Termoli (CB)
Tel.: 0874/404909, e-mail: carlo.callari@unimol.it

Riassunto

L'età media delle grandi dighe italiane è di circa cinquanta anni. Si avverte quindi la necessità di una continua valutazione delle loro condizioni di sicurezza, finalizzata ad individuare tempestivamente eventuali situazioni di rischio e ad orientare la scelta delle strategie di intervento.

Le informazioni relative alle dighe esistenti sono archiviate in diversi formati e con metodi e strumenti indipendenti. Ci si ritrova, quindi, con grandi quantità di informazioni spesso non completamente accessibili e soprattutto non integrabili.

Si è avvertita, pertanto, la necessità di georeferenziare, strutturare ed integrare fra loro tali informazioni nell'ambito di un apposito sistema informativo geografico per la gestione della sicurezza strutturale del sistema diga-fondazione-serbatoio. Si osservi che fra le funzioni dello strumento GIS non vi sarà soltanto l'acquisizione, la gestione e le funzioni di analisi per permettere l'elaborazione spaziale, temporale e tematica dei dati, ma anche la capacità di generare nuove informazioni utili all'applicazione di metodi di simulazione numerica per l'interpretazione e la previsione del comportamento strutturale.

Abstract

Large Italian dams are about 50 years old on average. This generates the need for a continuous safety evaluation, in order to readily recognize possible risk situations and plan adequate solution strategies.

Information concerning dams is archived under different formats using different independent concepts. Therefore, a lot of data is available, which is not completely accessible, nor integrated.

This situation can be solved effectively by georeferencing, structuring, and integrating the existing data within a dedicated geographic information system (GIS) for managing the structural safety of the dam-foundation-reservoir system. This GIS would also provide the capacity of generating new information for numerical simulations of structural behavior as an additional feature completing the needed spatial, temporal and thematic analysis tools.

Introduzione

Le dighe necessitano di una continua valutazione delle condizioni di sicurezza. Tale operazione comporta diverse attività, tra cui:

- una ricostruzione del percorso progettuale e delle modalità costruttive;

- un programma di indagini per caratterizzare le attuali proprietà fisico-meccaniche dei materiali da costruzione dell'ammasso di fondazione;
- un'accurata interpretazione dei dati di monitoraggio registrati nel tempo.

Con riferimento alle informazioni necessarie per la valutazione della sicurezza strutturale si osserva che:

- tali informazioni riguardano un gran numero di punti del sistema diga-fondazione-serbatoio;
- sono acquisite in diversi istanti della vita dello sbarramento;
- sono acquisite con metodi e strumenti fra loro indipendenti;
- sono archiviate in formati tra loro non omogenei;
- sono difficilmente accessibili in quanto mancano le informazioni di supporto (esempio: metadati non disponibili).

Questo contesto spiega l'esigenza di introdurre un Sistema Informativo Geografico come unico strumento idoneo alla gestione dei dati geospaziali interessati. In un ambiente GIS i dati sono opportunamente strutturati e permettono operazioni di acquisizione, aggiornamento, analisi e rappresentazione dei dati in modo efficace e veloce. Oltre alle comuni funzioni di analisi si aggiungono le ricerche più complesse fra gli oggetti interessati (prossimità, calcolo pendenze, esposizione, estrazione idrografia, analisi geostatistiche, ecc.)

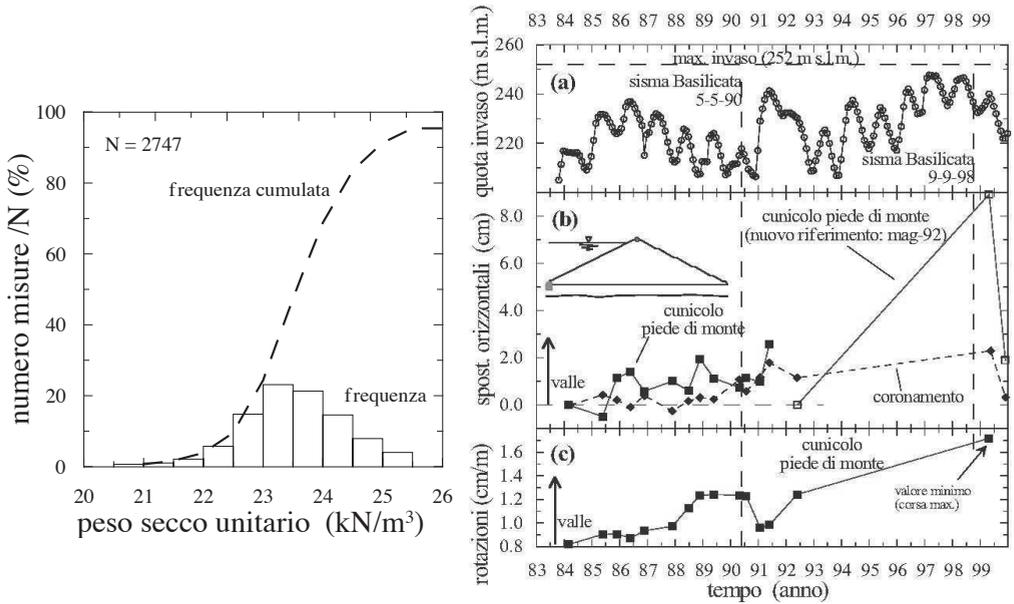
Lo scopo del presente lavoro è quello di fornire, fondamentalmente, uno strumento che possa rappresentare un modello appropriato e consistente in grado di permettere analisi utili nella fase di monitoraggio e *decision making*.

Dati di interesse

La gestione della sicurezza strutturale delle dighe richiede il continuo monitoraggio di numerose grandezze rappresentative del comportamento dello sbarramento e dell'ammasso di fondazione.

L'elaborazione e l'interpretazione di questi dati richiede un'adeguata conoscenza delle caratteristiche del sistema diga-fondazione-serbatoio in termini di geometria, distribuzione nello spazio delle proprietà fisico-meccaniche dei materiali e loro evoluzione nel tempo.

A tal fine, bisogna considerare i dati relativi alla fase di progettazione (elaborati grafici, prove su materiali, in sito e in laboratorio), costruzione (disegni di consistenza, controlli sui materiali, prove di collaudo, misure di spostamenti e sollecitazioni) e esercizio (misure di spostamenti, sollecitazioni, pressioni interstiziali, perdite, rilievi di fenomeni di danneggiamento) (Figg. 1 e 2).



(a) (b)
 Figura 1- Esempi di dati relativi ad una grande diga italiana: a) controlli sui materiali durante la costruzione; b) misure di spostamenti (Callari e Jappelli, 2004);

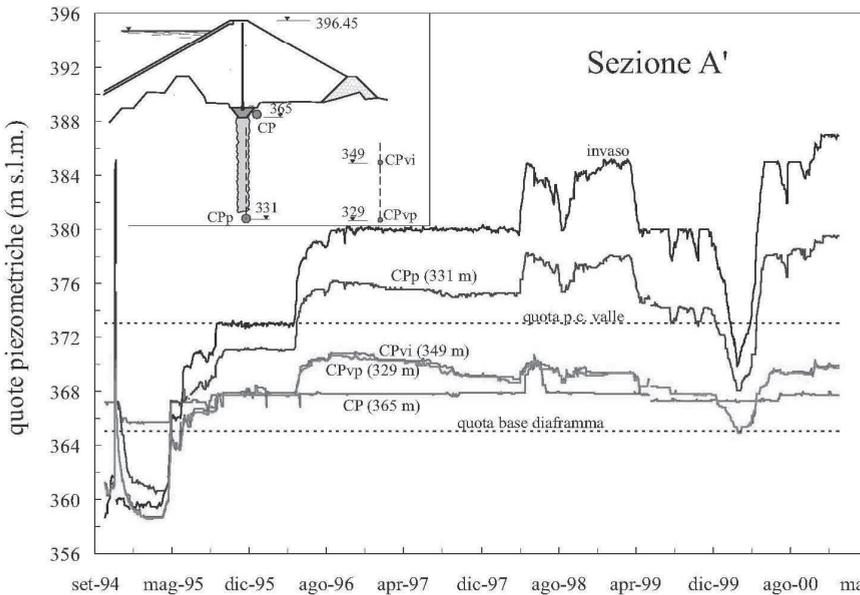
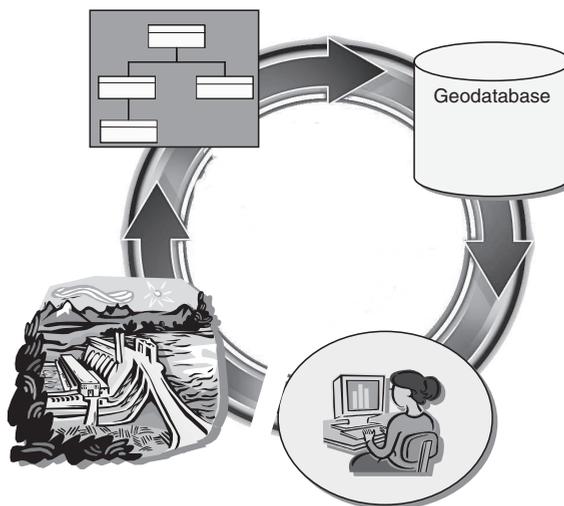


Figura 2- Esempi di dati relativi ad una grande diga italiana: misure piezometriche in fondazione (Di Maio e Callari, 2004);

Realizzazione del Geodatabase

Il geodatabase è un mezzo di archiviazione dati progettato specificamente per l'acquisizione, memorizzazione e gestione dei dati geospaziali in relazione tra essi (dati geometrici, tematici, tabelle e immagini) in un unico sistema di gestione dati. In tal modo, tutti i diversi formati di dati sono archiviati in un DBMS standard e ciò permette un accesso migliore e più veloce all'informazione e soprattutto facilita le operazioni di gestione e aggiornamento dei dati.

In realtà, questi benefici non si ottengono se la struttura del geodatabase non è opportunamente implementata in modo da tenere conto delle necessità degli utenti. Si avvia, quindi, una prima fase di lavoro in cui si individuano quelle che i diversi competenti ritengono essere le informazioni fondamentali e le relazioni esistenti (modello spaziale).



Le informazioni di interesse già disponibili presentano diverse problematiche e necessitano quindi di opportune elaborazioni per poter essere integrate e strutturate nella banca dati in modo adeguato:

- è necessario riportare molti dati in formato digitale;
- alcune informazioni sono già strutturate in banche dati ma presentano una struttura non normalizzata e non condividono un identificatore (chiave primaria) comune;
- vi sono dati che derivano da altri GIS e occorre integrarli e correlarli alla struttura dati implementata (problema di trasferimento dati e di semantica);
- tutte le informazioni necessitano di essere georeferenziate e rese omogenee nel sistema di proiezione Gauss-Boaga (Roma 40)

La valutazione della sicurezza strutturale del sistema diga-fondazione può essere basata su un'interpretazione numerica del comportamento osservato che tenga conto non solo dei dati di monitoraggio, ma anche di tutti gli altri dati descritti al paragrafo precedente. Il GIS deve essere quindi progettato per fornire i dati di input per l'esecuzione delle altre routine esterne e ricevere poi i risultati delle varie analisi eseguite (Fig. 3).

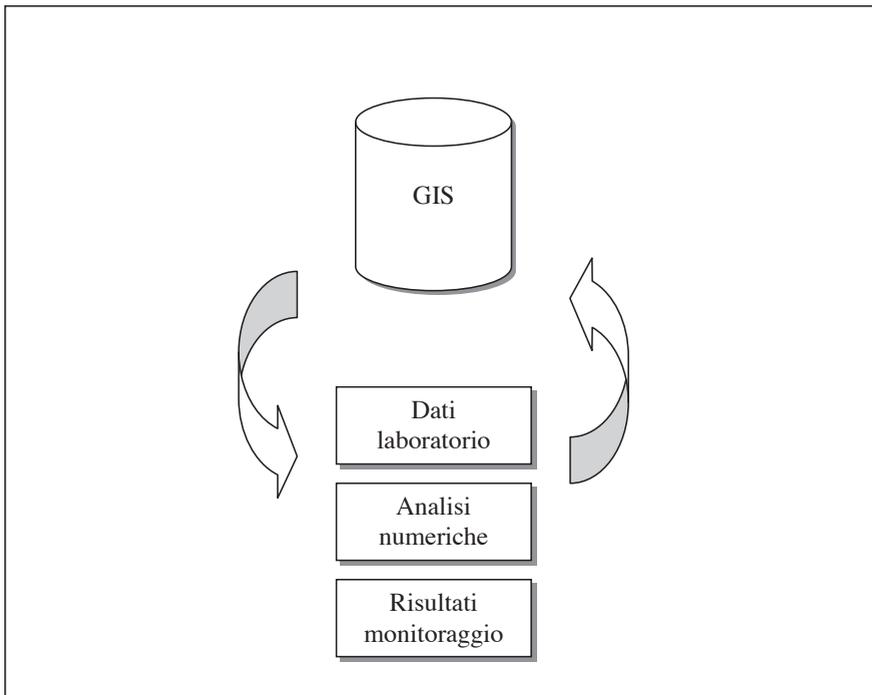


Figura 3

QUESTIONI DI METODO, APPARATI OPERATIVI E RAPPRESENTAZIONI PER CONOSCENZE DINAMICHE: IL RUOLO DEI SISTEMI INFORMATIVI NEL CENSIMENTO DELL'IMPIANTISTICA SPORTIVA PUBBLICA IN PIEMONTE

(*) Giuseppa NOVELLO (GNM), Alessia BERUTTO (AB),
Maurizio BOCCONCINO (MMB), Mariapaola VOZZOLA (MPV)

(*) Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali,
e-mail. pina.novello@polito.it

Abstract

La costituzione di sistemi informativi applicati alle diverse espressioni della conoscenza si realizza compiutamente e con effetti di lungo periodo laddove siano state affrontate e valorizzate con lo stesso livello di cura la loro impostazione metodologica, la corretta strutturazione degli apparati operativi che li sostengono e la scelta degli idonei documenti multimediali cui è demandato il compito di diffondere e divulgare in maniera estesa le informazioni elaborate al loro interno. Il presente contributo vuole porre in evidenza, anche attraverso modalità di racconto descrittive, come l'opportunità di organizzare, in maniera flessibile e dinamica, compagini di ricerca, procedure e strumenti per la raccolta di informazioni molto settoriali, come possono essere quelle relative al sistema sportivo nel suo complesso, si possa rivelare strumento vincente non solo nei confronti del contributo propositivo che è possibile dare alla propria disciplina, ma anche nell'interlocuzione istituzionale tra le realtà accademiche e gli enti di governo e pianificazione del territorio.

In particolare, proprio il nostro settore scientifico orientato verso lo studio delle forme della rappresentazione che supportano l'organizzazione e la diffusione della conoscenza, ha potuto operare le proprie competenze - e continuare a confrontare queste con gli sviluppi recenti della tecnologia informatica per la gestione di basi di dati complesse - nei confronti di un progetto, promosso dalla Regione Piemonte, che ha avuto l'ambizione, poi soddisfatta, di censire il patrimonio dell'impiantistica sportiva di proprietà pubblica presente in Piemonte in un arco di tempo molto ridotto.

Il progetto di ricerca è stato condotto di concerto tra Regione Piemonte, Politecnico di Torino - Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali e Agenzia Regionale per la Promozione Turistica del Piemonte e ha coinvolto attivamente le province e i comuni di tutto il territorio regionale; uno degli obiettivi della ricerca, qui presentato, è stato quello di definire un quadro di riferimento metodologico per rendere generali ed esportabili gli elementi di base per la strutturazione delle attività di organizzazione e gestione del patrimonio informativo rilevato e per la sistematizzazione delle diverse fasi di avanzamento del lavoro.

Il successo del progetto è principalmente dovuto alla proficua collaborazione tra le istanze poste dallo sviluppo della ricerca in ambito accademico e l'attenzione e la sensibilità dimostrate verso il sistema sportivo e i territori interessati dal settore Sport della Regione, diretto dal dott. Franco Ferraresi, e dall'Osservatorio Turistico Regionale, coordinato operativamente nel progetto dalla dott.ssa Silvia Molinaro.

The constitution of informative systems applied to the different expressions of the knowledge is completely realized with long period effects where methodological issues, correct organization of the operating equipment that support them and the choice of the multimedia documents that support

a large wide information are taken into the same account. The aim of the paper is to highlight, in a descriptive way, how a flexible and dynamics organization of research teams, procedures and tools applied to very specific field of knowledge, as the whole sport system is, it is a success factor not only because of its contribution to scientific disciplines, but also because it improves dialogue between academic reality and government authorities planning the territory.

In this case, our scientific area, orientated towards the study of the systems of representation that support the organization and the spread of the knowledge, has focused its skills – in a continuous confront with the recent developments of the technology information and databases management – towards a project, promoted by the Regione Piemonte, that had the ambition, then satisfied, to survey in an analytical way all the sports plants of public property located in Piemonte in a very little arch of time. The research project was lead by Regione Piemonte, Politecnico di Torino - Department of Engineering of Building and Territorial Systems and Regional Agency for the Tourist Promotion of the Piemonte and involved provinces and municipalities of all the regional territory. One of the objectives of the survey, described in this paper, was to define a methodological framework to give back general and extensive applied techniques to organize activities and manage large set of information thanks to the systematization of the different phases of work. The success of the project is mainly due to the profitable collaboration between the development of the academic research and the sensibility and care shown towards the sport system and the interested territories by the area Sport of the Regione Piemonte, directed by Mr. Franco Ferraresi, and by the Regional Agency for the Tourist Promotion of Piemonte, coordinated operatively by Ms. Silvia Molinaro.

Impostazione metodologica, strumenti di supporto ed esiti (GNM)

L'idea che guida le considerazioni che seguono è che diventa sempre più interessante pensare alla qualificazione di quei processi di acquisizione delle informazioni che risultano dipendenti tanto da questioni di metodo quanto dalla mediazione tecnologica degli apparati operativi impiegati per supportare pratiche di gestione e di produzione che generano risultati connotati da attributi di permanente variabilità. Le necessità derivanti dal mantenimento delle proprietà caratterizzanti dei dati e dal loro controllo, aggiornamento e/adattamento temporale, impongono una riflessione sul particolare rapporto che si può instaurare tra contenuto conoscitivo e modalità di gestione e rappresentazione, costituendo la base essenziale per ogni processo di ricerca accreditato. Il tema viene affrontato attraverso l'analisi di un'esperienza concreta, effettuata dal gruppo di ricerca, in occasione delle fasi centrali del progetto "Censimento Impiantistica Sportiva in Piemonte", condotto dal settore Sport della Regione Piemonte, diretto dal dott. Franco Ferraresi, con l'Osservatorio Turistico dell'Agenzia Regionale per la Promozione Turistica del Piemonte, coordinato operativamente nel progetto dalla dott.ssa Silvia Molinaro, di concerto con alcuni ricercatori del Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali del Politecnico di Torino. Nell'ambito delle competenze in materia di programmazione di sostegno finanziario alla pratica sportiva di ogni livello, la Regione Piemonte, con le Province, ha avviato tra il 2006 e il 2007 un piano per censire il patrimonio pubblico presente sul proprio territorio, con l'obiettivo di rilevare un insieme di dati generali e tecnici relativi alle infrastrutture dedicate allo sport.

Il progetto è stato concepito come sistema dinamico di conoscenza e fondamento necessario per avviare politiche di intervento e costituire indirizzi strategici, sorretti da informazioni controllate e affidabili nel tempo, indispensabili per una pianificazione mirata e sostenibile delle azioni sul patrimonio e di orientamento per la programmazione di eventi.

L'impostazione metodologica del processo di indagine e l'organizzazione delle attività, attinenti le varie fasi di rilevazione, sono state condotte dal gruppo di ricerca del Politecnico con l'obiettivo di definire un quadro di riferimento tecnico di supporto per le finalità regionali e proporre un percorso criticamente attento verso le operazioni di monitoraggio, validazione e aggiornamento successivo dei dati. L'impianto generale è stato concepito per favorire alcuni approfondimenti metodologici nell'ottica di rendere generali ed esportabili gli elementi di base e strutturazione delle diverse fasi di

lavoro, fine primario per ogni esperienza applicativa che tenda a introdurre elementi di innovazione e a comporre in un fecondo rapporto il “saper fare di oggi” con il “sapere di domani”. La mediazione tecnico-operativa è stata l’allestimento di un apposito Sistema Informativo (per la rilevazione-gestione dei dati) dell’Impiantistica Sportiva (SIRIS), supportato da apparati informatici. Il sistema è stato interpretato come componente essenziale e funzionale alla predisposizione degli strumenti di programmazione regionale; è elemento assolutamente fondamentale e necessario, avendo voluto prevedere che i livelli conoscitivi maturati potessero essere condivisi, disponibili e divulgabili in rete a pubblici eterogenei, stimati di diverso livello culturale e tecnico e, tuttavia, resi consapevoli da modalità informative accessibili e con un’intrinseca alta qualità di comunicazione.

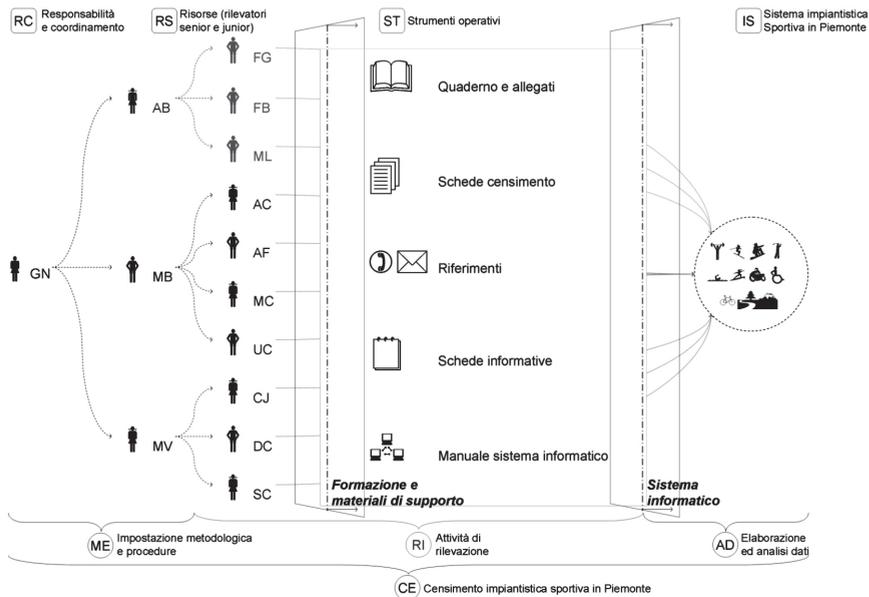


Figura 1 – Il modello concettuale delle fasi di sviluppo del Censimento dell’Impiantistica Sportiva

I risultati attuali sono ancorati al momento definito dai tempi della rilevazione, ma necessariamente proiettati verso il futuro, per poter essere pienamente utilizzabili e convertibili in indicazioni che devono continuare a mantenere un idoneo valore informativo, in vista delle esigenze di pianificazione della pubblica amministrazione, e delle dinamiche evolutive intrinseche al settore. Una sintesi del processo attraverso alcuni parametri quantitativi per fornire un quadro comparato delle attività svolte in relazione alle risorse, anche di tempo, e ai risultati conseguiti: 13 le persone coinvolte direttamente nella rilevazione (suddivise in 3 squadre, di cui 3 coordinatori di squadra), 1 responsabile coordinatore scientifico del progetto, 1140 comuni di cui si è rilevato il relativo patrimonio, 12789 schede caricate sul sistema informativo, corrispondenti a 9383 spazi attività, 3135 impianti e 271 complessi sportivi in 39 giorni effettivi di rilevazione (con impegno part-time per ciascun rilevatore), 6 fascicoli di monitoraggio della rilevazione, 1 fascicolo di presentazione dei dati, 2 volumi di relazione sul progetto e un portale on-line per la divulgazione delle informazioni sull’andamento dei dati e i risultati conseguiti (<http://www.regione.piemonte.it/sport/evidenza/sistema.htm>) ma il lavoro non è finito e continua.

Struttura e contenuti del sistema informativo-informatico (AB, MMB, MPV)

Il sistema informativo-informatico che ha sostenuto le attività di rilevazione è articolato in una serie di componenti: le persone, i dati, gli strumenti tecnologici e gli elementi organizzativi (cfr. fig. 1). Le persone sono gli specialisti in grado di gestire il sistema (CSI Piemonte e Gruppo PoliTo), e l’utenza (professionisti operanti nel campo dell’ingegneria dello sport) che immette e successiva-

mente estrae dati dagli strumenti informatici e, aggiungendo la propria competenza professionale, li trasforma in informazione.

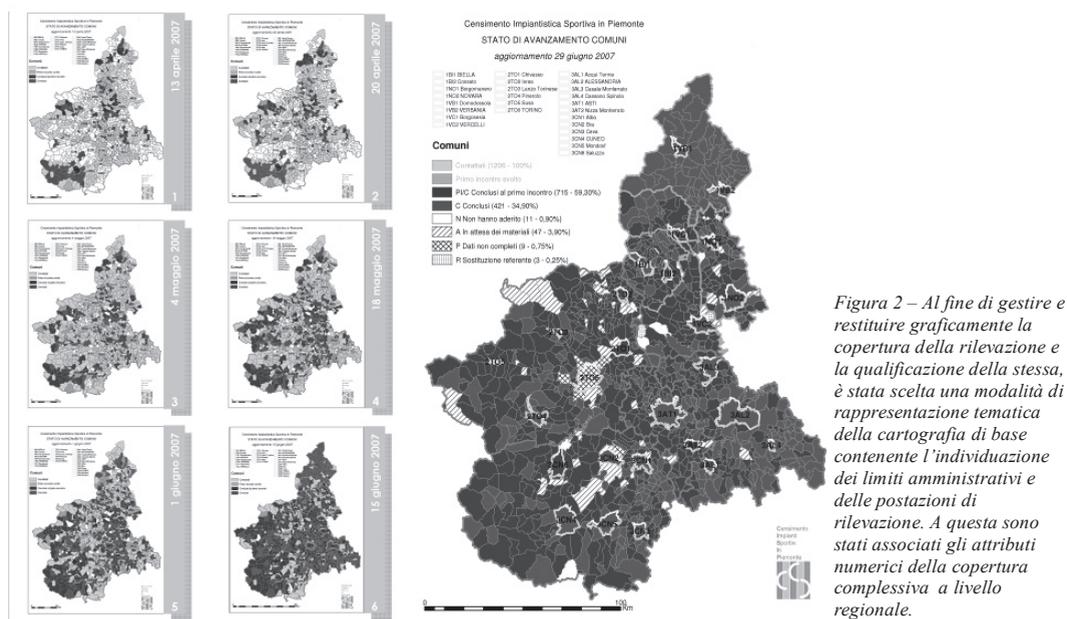


Figura 2 – Al fine di gestire e restituire graficamente la copertura della rilevazione e la qualificazione della stessa, è stata scelta una modalità di rappresentazione tematica della cartografia di base contenente l'individuazione dei limiti amministrativi e delle postazioni di rilevazione. A questa sono stati associati gli attributi numerici della copertura complessiva a livello regionale.

I dati rappresentano il cuore del patrimonio informativo: sono quindi un aspetto di vitale importanza e la loro disponibilità, insieme con le indicazioni oggettive della loro qualità, sono state considerate tra gli aspetti più critici nel suo sviluppo. Per la rilevazione, i dati sono stati organizzati in schede, il cui contenuto è stato concordato tra Regione Piemonte e Province, e in rapporti sintetici, relativi alla descrizione delle attività dei Rilevatori.

Gli strumenti tecnologici sono caratterizzati da quell'insieme di caratteristiche hardware, software e telematiche disegnati specificatamente per il trattamento e la comunicazione di dati. Queste sono state rappresentate dall'attivazione di caselle di posta elettronica per lo scambio dedicato dei dati generali, dalla rete RUPAR per l'archiviazione dei dati di rilevazione, sistemi informatici per la gestione di basi di dati anche di tipo geografico.

Gli elementi organizzativi hanno rappresentato il coordinamento delle risorse tecniche, delle risorse umane, dei loro compiti, delle competenze di Enti con caratteristiche simili ed in parte sovrapposte. Questo è stato l'elemento cardine del processo: il gruppo Polito ha investito larga parte delle proprie competenze proprio in questa componente, in particolare per quello che ha riguardato l'organizzazione del gruppo dei Rilevatori, il controllo e la verifica della rilevazione.

Secondo l'accezione comunemente in uso, il termine sistema evidenzia dunque l'integrazione delle varie componenti, il termine informativo evidenzia l'aspetto interpretativo proprio dell'uomo. Questa denominazione è accompagnata da un termine che sottolinea la specificità dei dati trattati: Sistema Informativo per la Rilevazione dell'Impiantistica Sportiva.

Il presente contributo intende analizzare il sistema informativo-informatico per il censimento dell'impiantistica sportiva sotto tre aspetti di primaria importanza, tra loro complementari: la costruzione del modello concettuale, logico e fisico del sistema informativo e informatico, la formazione delle persone coinvolte nel processo, il monitoraggio della rilevazione e l'analisi dei dati. La gestione efficiente ed efficace dei dati è il punto di partenza per ogni attività complessa, da adoperare progettuualmente con un forte orientamento ai processi. Attraverso la corretta gestione del

flusso di dati, che ha costituito la struttura portante delle operazioni di rilevazione, è stato infatti possibile ottenere miglioramenti significativi nella qualità dell'azione conoscitiva, combinando nel modo più appropriato il modello concettuale della struttura dei dati con le soluzioni tecnologiche più idonee per realizzarlo.

A monte del processo di formazione del sistema informativo vi è l'analisi e la schematizzazione concettuale della struttura dei dati e dei singoli attributi che regge l'intero processo di formazione, monitoraggio e gestione dei dati (cfr. fig. 2)

La procedura di rilevazione e di caricamento dei dati nel sistema è basata su una struttura gerarchica delle entità che costituiscono le "infrastrutture" sportive. A ogni entità, Spazio Attività, Impianto e Complesso, è associata una scheda contenente i dati richiesti¹.

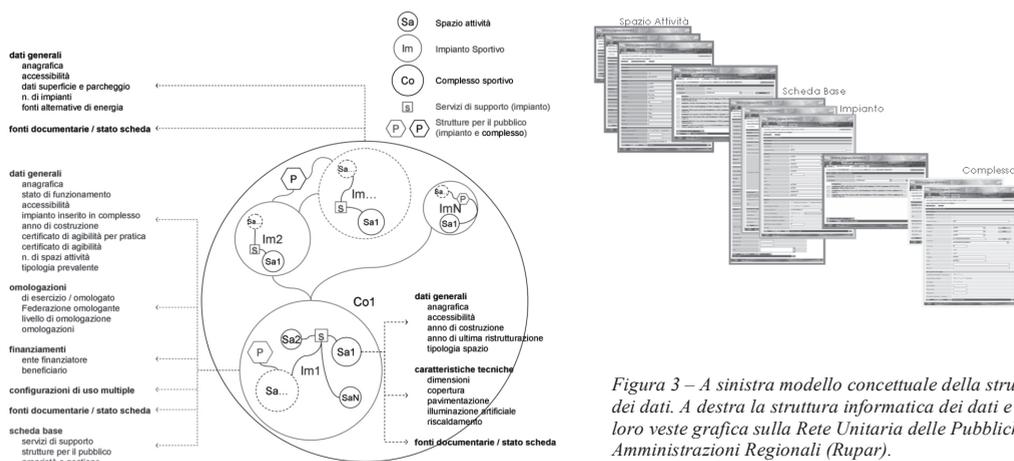


Figura 3 – A sinistra modello concettuale della struttura dei dati. A destra la struttura informatica dei dati e la loro veste grafica sulla Rete Unitaria delle Pubbliche Amministrazioni Regionali (Rupar).

La formazione del team di rilevazione è stato uno degli aspetti metodologici primari per garantire l'omogeneità e la qualità dei dati e dei processi in virtù dell'elevato numero di operatori coinvolti, nella fase di rilevazione e di ricerca del dato. Le fasi formative attivate sono state molteplici, attraverso corsi di formazione dei rilevatori (per informarli sulle modalità di svolgimento della rilevazione e sui processi di trasmissione dati in accesso remoto e al team di coordinamento), l'uso di supporti didattici progettati ad hoc per supportare l'attività di formazione e di rilevazione (Manuale Operativo per la rilevazione) curando l'impostazione grafica dei contenuti, attraverso l'assunzione di un glossario di segni di semplificazione atti alla rappresentazione delle diverse entità costituenti l'impiantistica sportiva.

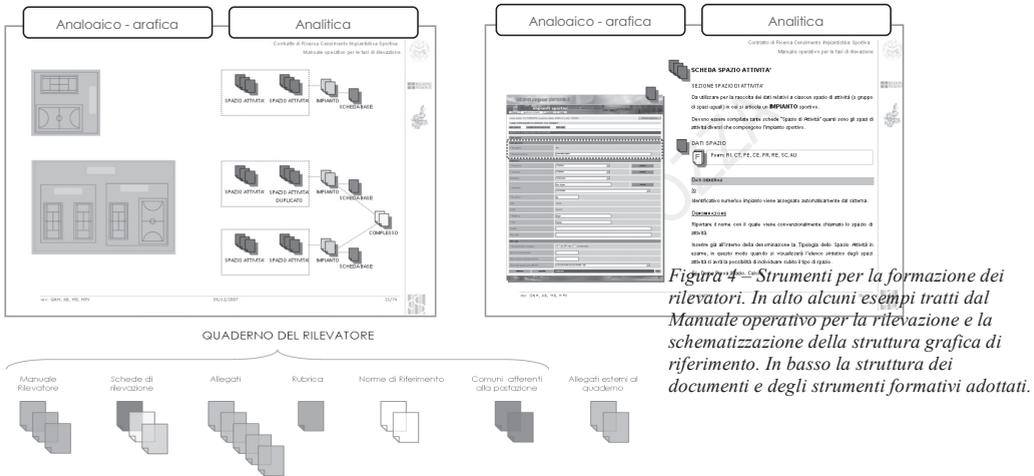
Le pagine del Manuale sono state strutturate in due sezioni: una parte analogico-grafica e una parte analitica, distinte e allo stesso tempo strettamente correlate. Nella parte analogico-grafica sono evidenziate, mediante visualizzazione delle schermate operative, le procedure informatiche da seguire al momento del caricamento dei dati; nella parte analitica sono descritte nel dettaglio le procedure, i dati che compongono le schede e le fonti da utilizzare per il caricamento.

L'obiettivo di questo tipo di rappresentazione è quello di trattare in modo comparato le singole parti che compongono le schede e i dati da immettere: da una parte si ha la rappresentazione della scheda, nella sua visualizzazione a video, quindi la rappresentazione dell'ambiente di lavoro operativo, dall'altra si trovano tutte le specifiche per la compilazione del campo, le indicazioni del tipo di dato da raccogliere, le modalità di inserimento, alcune esemplificazioni particolari e richiami

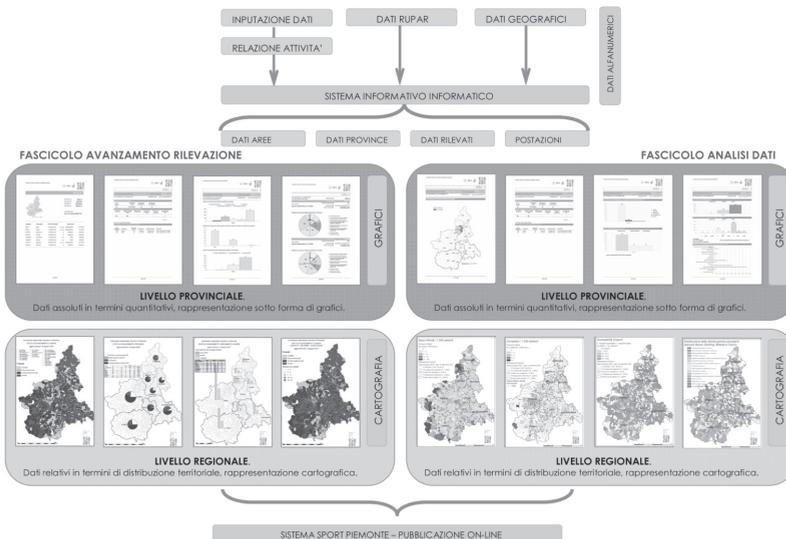
¹ Le definizioni di Spazio Attività, Impianto e Complesso derivano dalla norma UNI 8619 del marzo 1984 e sono così definiti:

- spazio attività: elemento spaziale (superficie o ambiente) dove si pratica un'attività sportiva, comprese le segnature e le attrezzature, le superfici o spazi di rispetto e le infrastrutture di pertinenza;
- Impianto: unità funzionale costituita da uno spazio di attività, o più spazi di attività omogenei o complementari, e dai relativi spazi accessori nonché dalle infrastrutture di pertinenza;
- Complesso: unità funzionale costituita da più impianti sportivi, dai relativi spazi accessori e dalle infrastrutture di pertinenza.

alle normative di riferimento, per guidare il Rilevatore durante le fasi di rilevazione e ottenere una restituzione omogenea dei dati.



Le fasi di monitoraggio della rilevazione hanno preso l'avvio dagli strumenti adottati dal gruppo di ricerca e trasmessi al team di rilevazione nelle fasi di formazione, per quanto riguarda la qualificazione del processo. I rilevatori erano tenuti a trasmettere tutte le comunicazioni digitali ad un indirizzo di posta elettronica creato ad hoc e a compilare settimanalmente una relazione attività, progettata dal gruppo di ricerca con una serie di campi a selezione obbligatoria. Tali relazioni venivano elaborate attraverso una base di dati adottata per il censimento per riprodurre grafici e cartografie che illustrassero l'andamento quantitativo e di distribuzione territoriale dell'avanzamento della rilevazione sul territorio.



Una delle finalità della ricerca è stata proprio quella di far emergere procedure di indagine e protocolli esportabili per la rilevazione e la rappresentazione statistica e cartografica dei dati orientata verso l'analisi sintetica dello stato di avanzamento "in tempo reale" della rilevazione.

La gestione dei dati contenuti nelle schede di rilevazione e nelle relazioni attività dei Rilevatori, variabili nello spazio ad un certo istante di tempo corrispondente al momento della rilevazione, è stata accompagnata da rappresentazioni integrate che hanno agevolato l'analisi e accompagnato il processo di verifica dello stato di avanzamento. Alcune tecniche di rappresentazione, centrali rispetto alla costituzione del sistema informativo, hanno supportato in maniera efficace la complessità derivante dalla stratificazione e sovrapposizione dei diversi livelli conoscitivi, supportando l'integrazione di varie componenti utili alla comprensione della distribuzione degli impianti sul territorio; la corretta strutturazione dei livelli informativi di base e tematici ha infatti consentito di poter relazionare tra loro le classi di dati rilevati, che potranno essere aggiornati periodicamente dai soggetti preposti alla programmazione e pianificazione del territorio, e ha fornito di volta in volta viste sintetiche molto efficaci.

La scienza informatica e le tecnologie che la attuano offrono infatti una valida soluzione al problema della gestione e della elaborazione relativamente rapida di un numero elevato di dati.

Il processo di rilevazione dei dati ha avuto necessità di raccogliere e trattare dati di varia natura e formato e quindi di disporre successivamente di informazioni in grado di orientare le decisioni che la Regione assumerà per la programmazione; in fase di impostazione iniziale, esisteva quindi la necessità di dotarsi di un sistema informativo informatico che rispondesse costantemente a questa esigenza (*efficacia*) attraverso un solido disegno organizzativo (*efficienza*).

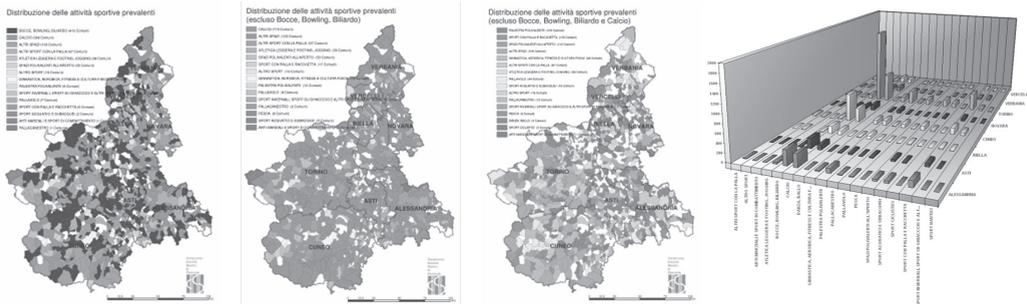


Figura 6 – Attraverso la base dati geografico di supporto all'individuazione e alla valutazione sintetica della rilevazione, per ogni comune è stata considerata la tipologia di spazio attività maggiormente presente come distribuzione territoriale, a sinistra e come distribuzione statistica a livello provinciale degli spazi attività suddivisi per tipologie, a destra.

LA STORIA DEL TERRITORIO SULLA BASE DELLE CARTE STORICHE. STUDIO CASO: I SUBCARPAZI UBICATI TRA I FIUMI ARGEȘ E VÂLSAN (ROMANIA)

Gabriela OSACI-COSTACHE

(*) Università di Bucarest, Facoltà di Geografia, B-dul Nicolae Bălcescu nr. 1, sector 1, 010 041, Bucarest, Romania;
e-mail: gabrielaosaci68@yahoo.com; gabrielaosaci@yahoo.it

Riassunto

Le carte eseguite tra il 1584 e il 1997 ci hanno permesso di ricostituire, almeno in parte, i vecchi paesaggi subcarpatici e di calcolare l'indice di naturalità della vegetazione ed i valori della pressione antropica. L'azione modificatrice dell'uomo ha avuto un'intensità molto diversa nello spazio e nel tempo. Tre secoli fa una gran parte del territorio subcarpatico analizzato era coperto da foreste, ridotte nei secoli seguenti a causa delle azioni antropiche. Il disboscamento è stato di notevole intensità nell'Ottocento. I prati e i pascoli sono stati prevalenti nell'Ottocento, mentre nel Novecento si sono sviluppati i frutteti e le costruzioni. Inoltre, le carte storiche sono importanti documenti toponimici che ci hanno fornito, tramite i nomi locali, preziose informazioni sul paesaggio del passato e sulle strutture economiche, sociali e produttive dei nostri antenati.

Abstract

The maps made between 1584 and 1997 allowed us to reconstitute, even partially, the old Subcarpathian landscapes, to calculate the natural features index and the anthropic pressure values. The human's modifying action had a very different intensity in space and time. 300 years ago, a large portion of the Subcarpathian territory analyzed here, was covered by woods, as further reduced, consequently to the anthropic actions. The deforestation was significant in the 19th century, when the pastures and the hayfields extended a lot. During the 20th century, the orchards and built areas were developed. Likewise, maps are important toponymical documents, transmitting us, through the local denominations, many precious information on the historical landscape, on the economic, social and production structures of our ancestors.

“La prima pagina di geografia è stato un piano o una carta.”

Simion Mehedinți, 1931

Introduzione

Ci siamo proposti di ricostituire i paesaggi passati tramite la cartografia storica poiché il recupero della storia del territorio è molto utile per la futura pianificazione. Ci sono degli studi scientifici basati sull'impiego dei documenti cartografici (Năstase, 1970; Bevilacqua, 1992; Lago, 2004; Longhi, 2004; Robinson, 2004; Rosselli, Paulmier, 2006 ecc.).

L'area oggetto di studio è lo spazio ubicato tra i fiumi Argeș (a ovest) e Vâlsan (a est), i Monti Făgăraș (a nord) e l'Altopiano Getico (a sud), spazio che dal punto di vista fisico-geografico è un'area subcarpatica, collinosa, mentre dal punto di vista geologico è una zona carpatica. L'altitudine massima è di 1217,9 m nel Colle Chiciura mentre l'altitudine minima è di 410 m lungo il fiume Vâlsan, a sud del villaggio Costești-Vâlsan. La vegetazione naturale è formata dai boschi di alberi con foglie caduche (*Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Q. frainetto*, *Betula pendula*, *Populus tremula* ecc.). Quest'area è ricca di storia, essendo abitata sin dal Paleolitico superiore, con tracce nel comune

di Arefu (Păunescu, 2000). A Curtea de Argeș sono stati trovati reperti della cultura “Ferigele” che caratterizza la fine del periodo “Hallstat”. In questo spazio si è formato lo Stato romeno, con radici nel tempo del Principato di Seneslau che aveva la residenza a Curtea de Argeș (Șerban, Moisescu, 1980). I più recenti scavi hanno provato che appunto la città di Curtea de Argeș è stata la prima capitale della Valacchia e non la città di Câmpulung, come si riteneva, la vecchia Corte di Curtea de Argeș risalendo intorno agli anni 1150-1180 d.C. (Constantinescu, 1984).

Metodologia

Le informazioni concernenti il passato del paesaggio si possono recuperare valorizzando oltretutto le *fonti scritte* dei secoli scorsi anche i *documenti cartografici*. Queste ultime fonti sono le più utili poiché mostrano le tappe dei rapporti tra l'uomo e la natura e perché gli elementi rappresentati sono posizionati e relazionati nello spazio geografico. Dunque il recupero delle informazioni utili per la ricostituzione del paesaggio si può fare con l'aiuto delle *carte storiche* come pure dalle carte attuali utilizzando la *cartografia retrospettiva*. Per rilevare la dinamica del paesaggio abbiamo applicato il metodo della *sovrapposizione delle carte* nel quadro di una *cartografia tradizionale*.

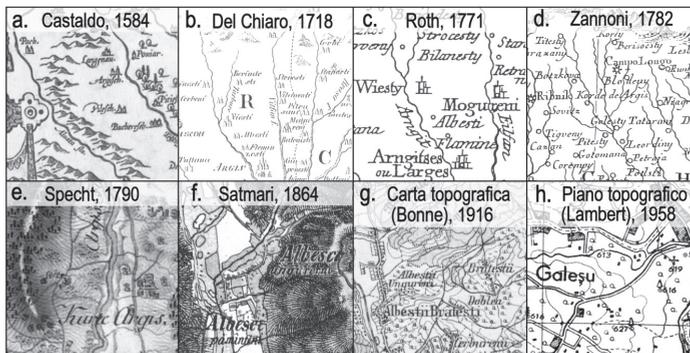


Figura 1 - Carte storiche (frammenti)

In breve, le carte utilizzate sono (Fig 1): “*Romaniae (que olim Thracia dicta) vicinorumque regionum, uti Bulgariae, Walachiae, Syrfiae etc. descriptio*” (Iacobo Castaldo, 1584, Fig. 1a); “*Indice topografico del Principato di Valachia diviso in XVII parti, secondo l'esattissima descrizione che ne diede il fu conte Costantino Cantacuzeno al celeberrimo medico e filosofo Giovanni Comneno ora Arcivescovo di Drista e dedicato al Celsissimo Brancovani Principe di Valachia*”, una carta eseguita da Anton Maria del Chiaro nel 1718 (Fig. 1b) sulla base della carta di Constantin Cantacuzino “*Tabula geograficã a prea Inaltei Domnii a Ungrovlahiei*” (1700); “*Carte speciale de la Principauté de Valaquie*” (C.M Roth, 1771, Fig. 1c); “*Principati di Moldova e Vallachia. Tratti dalle carte dell'Impero Otomano*” (Rizzi Zannoni, 1782, Fig. 1d); “*Mappa Specialis Walachiae*” (F. Jos Ruhedorf, 1788); una carta militare in scala 1:57600 redatta da Specht sulla base dei rilevamenti fatti degli anni 1790-1791, conosciuta come “*La Carta Austriaca*” oppure “*La Carta di Specht*” (Fig. 1e); “*Charta României Meridionale*” (La Carta della Romania Meridionale oppure “*La Carta di Satmari*”) realizzata dal fotografo Satmari (1864, 1:57600, Fig. 1f) sulla base di un originale degli anni 1855-1856 (“*La Carta di Fligely*”); la *carta topografica in proiezione di Bonne*, stampata nel 1916 alla scala di 1:100000 sulla base dei rilievi del periodo 1900-1904 (Fig. 1g); il *piano topografico in proiezione di Lambert* (1:20000), stampato negli anni 1932-1958 sulla base dei rilevamenti fatti tra il 1900 e il 1929 (Fig. 1h); la *carta topografica in proiezione di Gauss-Krüger* (1:25000), le edizioni degli anni '60 e '80; la *carta topografica in proiezione U.T.M.* (1997, 1:100000). Assieme all'analisi cartografica abbiamo effettuato un'indagine documentaria e bibliografica mirata al recupero delle informazioni relative alla storia del territorio analizzato.

Principali risultati

Le carte a grande e a media scala dei secoli passati ci mostrano un paesaggio diverso da quello che si può vedere attualmente. La Carta di Specht è una testimonianza della realtà che nel Settecento le foreste si estendevano su grande aree in cui le discontinuità erano lungo i fiumi Argeș, Vâlsan, Valea Iașului. Il confronto tra le carte dimostra che la foresta risulta il più dinamico elemento del paesaggio subcarpatico, osservandosi una riduzione continua delle zone boscate a causa dello sviluppo dei prati e dei pascoli (nell'Ottocento), dei frutteti, dell'arativo e delle aree edificate (nel Novecento).

Negli ultimi tre secoli si possono rilevare fenomeni di ritiro e di sviluppo del confine del bosco. I boschi conservati (alcuni di loro grazie a impianti artificiali) occupano soprattutto i terreni difficilmente raggiungibili (versanti a elevata pendenza), versanti settentrionali e terreni che non possono essere utilizzati in un altro modo a causa delle caratteristiche geomorfologiche o edafiche. Solo pochi boschi non hanno subito l'intervento antropico, conservando le loro caratteristiche originarie. La riduzione dei boschi dopo il 1790 è stata determinata dai disboscamenti attraverso i quali gli abitanti della zona hanno ottenuto nuovi spazi per le attività agricole o pastorali, per le loro costruzioni ecc. (Fig. 2).

Il numero delle località è cresciuto gradualmente. Le carte storiche a piccola scala rappresentano i grandi insediamenti, ad esempio la città di Curtea de Argeș. Questa città è stata rappresentata sulla carta di Castaldo con il nome di "Argias", "Arngitzes" nella carta di Cantacuzino, "Argis" nella carta di Del Chiaro, "Arngitses ou Larges" nella carta di Roth, "Korde di Argis" nella carta di Zannoni. Quest'ultima attestazione cartografica della denominazione della città è avvenuta 250 anni dopo l'attestazione documentaria, fatta dal Principe Vlad il Giovane nel 24 aprile 1510 "a Curtea de Argeș". Per tutte le località l'attestazione cartografica si è verificata più tardi che l'attestazione documentaria. Molte di esse sono rappresentate solo nelle carte dell'Ottocento oppure del Novecento, anche se l'attestazione documentaria era più antica: il villaggio Albești attestato documentario nel 1523, il villaggio Bucșenești nel 16 luglio 1634, il villaggio Corbeni nel 1576 ecc. La rappresentazione cartografica dei villaggi è stata frequentemente più sbagliata che la rappresentazione delle città. Per esempio nella carta di Roth (1771) il villaggio "Wilsanesty" (oggi Vâlsănești) è localizzato in modo errato, lungo il fiume Argeș, a nord di "Capacinesty" (Căpățâneni). Nella carta di Ruhedorf (1788) il villaggio Bucșenești è disegnato due volte, in due posti differenti: a monte e a valle di una località denominata "Nedruda".

Nel Settecento la maggior parte delle località erano ubicate lungo i fiumi principali, ad esempio "Kapasinen", "Korbeni" lungo il fiume Argeș; "Muschetest", "Wulsenest" lungo il fiume Vâlsan. Le carte stampate in seguito mostrano un numero di località sempre più grande (Fig. 3).

La sovrapposizione delle carte a grande scala offre la possibilità di conoscere l'evoluzione spaziale degli insediamenti umani (Fig. 4) e di scoprire la storia del popolamento della zona. Possiamo ritrovare la storia del territorio anche per quanto riguarda l'evoluzione demografica, ma per questo fatto c'è bisogno di un faticoso lavoro di identificazione dei vecchi nomi delle località, altrimenti essendo impossibile utilizzare i vecchi censimenti. Paragonando le carte degli ultimi secoli si può vedere che molti nomi di località sono cambiati, ad esempio: "Pretieny" (Carta di Specht), "Brătieni" (Carta Russa, 1835), "Brătiani" (Carta di Satmari), "Brătienii" (carta topografica, 1900), "Brătieni" (pianta topografica, 1957) e, finalmente, "Brăduleț" (carta topografica, 1981). Informazioni utili per la storia del popolamento si ottengono dalla Carta Russa (1835, 1853) che rappresenta il numero delle famiglie di ogni località.

Sempre il confronto tra le carte permette di scoprire le località scomparse attraverso l'inclusione in altre località, ad esempio: il villaggio Satu Nou incluso dopo il 1960 nel villaggio Corbeni (comune di Corbeni), il villaggio Cerșori, incluso nel villaggio Mustățești (comune di Valea Iașului) ecc.

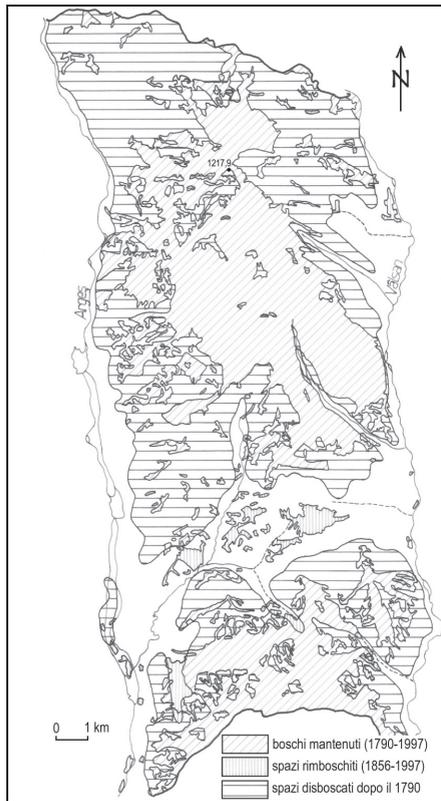


Figura 2 - L'evoluzione delle aree coperte da boschi sulla base dei dati cartografici

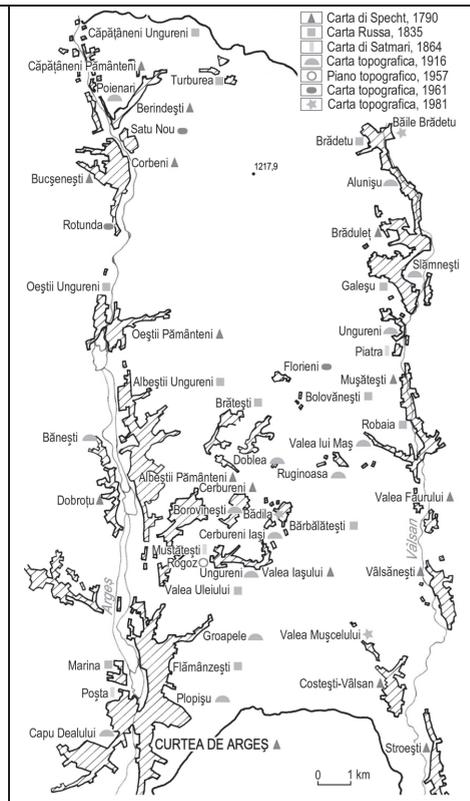


Figura 3 - L'attestazione cartografica delle località

Lo sviluppo territoriale delle località ha determinato cambiamenti nell'utilizzazione dei terreni che sono testimoniati dalle carte storiche. Per quanto riguarda la dinamica del paesaggio si osserva che nel Settecento il *paesaggio forestale* era prevalente, mentre nell'Ottocento si è esteso il *paesaggio pastorale* (Fig. 5), come risultato della crescita delle greggi sia degli abitanti della zona che degli abitanti venuti dalla Transilvania e denominati "ungureni" (romeni transilvani). Si occupavano specialmente con la pastorizia e hanno fondato nell'area analizzata "i villaggi doppieni", villaggi di "ungureni", mentre il vecchio villaggio è rimasto di "pământeni" (abitanti della terra). Le carte dell'Ottocento sono una vera testimonianza di questo processo storico.

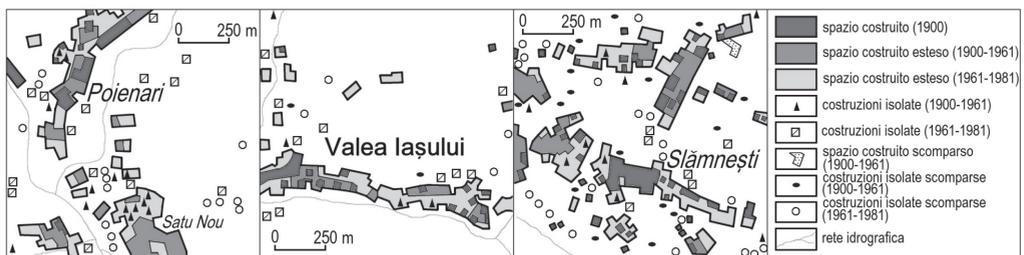


Figura 4 - L'evoluzione spaziale delle località (frammenti)

Anche l'impiego delle risorse naturali risulta dalle carte, ad esempio le seghe meccaniche che indicano la lavorazione del legno: una sega meccanica a Curtea de Argeș (Carta di Satmari), tre a Brădetu, una a Stroești (carta topografica, 1900) e una a nord di Vălsănești (carta topografica, 1980). Le carte hanno rappresentato anche i mulini ad acqua, oggi ormai scomparsi: sei mulini idraulici nella Carta di Specht e dodici nella pianta topografica del 1900 sul fiume Argeș ecc. Grazie a una ubicazione geografica favorevole, questo spazio è stato attraversato da importanti vie. La più importante era (ed è anche attualmente) quella lungo il fiume Argeș, che fa il collegamento tra la Valacchia e la Transilvania e che nel Settecento aveva un'importanza internazionale.

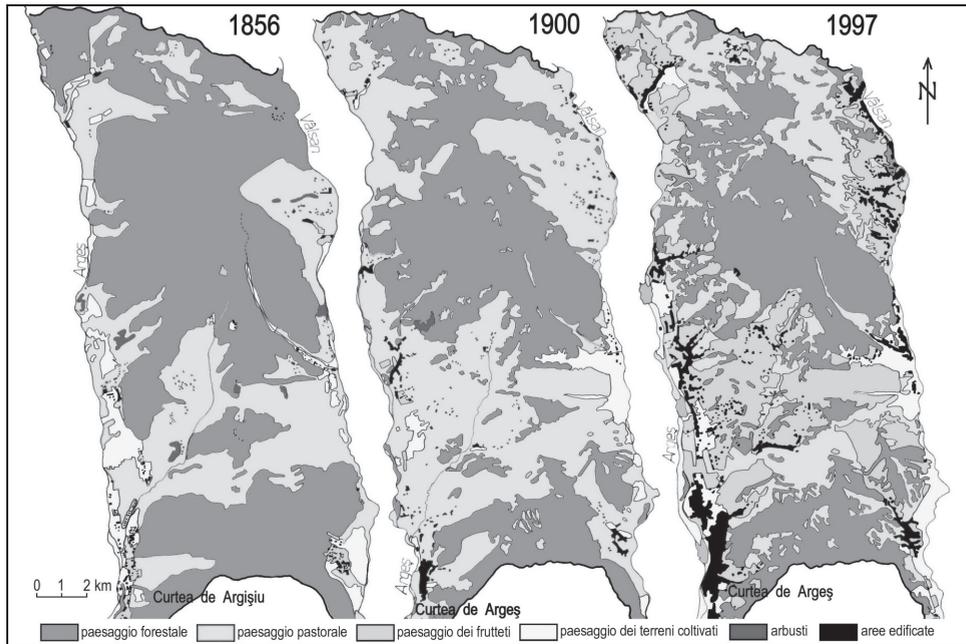


Figura 5 - La dinamica del paesaggio sulla base dei documenti cartografici (1856-1997)

Inoltre, le carte sono *importanti documenti toponimici* che ci hanno fornito, tramite i nomi locali, preziose informazioni sul paesaggio del passato e sulle strutture economiche, sociali e produttive dei nostri antenati, ad esempio toponimi che derivano da: nomi di alberi (*Piscu Stejarului* – Picco del Rovere), tipi di boschi (*Plopiș* – Pioppeto, *Brădetu* – Abetaia), arbusti (*Alunișul* – Il Nocciolotto), piante erbose (*Valea Rogozul* – Valle del Carice), caratteristiche del rilievo (*Dealul Vârtopului* – Colle della Frana), caratteristiche della rete idrografica (*Turburea* – aqua torbida), disboscamenti (*Valea Curătura* – Valle del Disboscamento), prati e pascoli (*Mușcel* – colle coperto da prati-pascoli), colture agricole (*Plaiul Ogoarelor* – Sentiero dei Terreni Coltivati, *Poiana cu Grâu* – Radura con Grano), frutteti (*La Vișini* – Ad Amareni), allevamento (*Valea Vacii* – Valle della Vacca, *Poiana de la Stână* – Radura della Cascina), vecchi mestieri (*Glăjărie* – Vetreria, *Olari* – Vasai).

Attualmente l'*indice di naturalità* ha valori di 46-60% nel comune di Mușătești, di 31-45% nei comuni di Albeștii de Argeș e di Brăduleț e valori di 21-30% (al limite dell'equilibrio ecologico) nei comuni di Corbeni, Valea Iașului e Curtea de Argeș. I valori dell'*indice di naturalità* si sono ridotti continuamente durante gli ultimi tre secoli, mentre la *pressione antropica* è aumentata. Oggi nella categoria degli *spazi rurali in squilibrio*, con valori inferiori allo 0,3 ettari bosco/abitante (Ionescu et al., 1989) ci sono tre comuni (Albeștii de Argeș, Corbeni, Valea Iașului).

Conclusioni

Le carte ci hanno permesso la ricostituzione dei vecchi paesaggi subcarpatici. Il confronto tra le carte mette in luce un paesaggio profondamente modificato dall'uomo, con intensità diversa da luogo a luogo e con ritmi differenti nel tempo. Alla fine del Settecento una gran parte del territorio subcarpatico era coperto da foreste, ridotte nei secoli seguenti (specialmente nell'Ottocento) a causa dello sviluppo dei prati-pascoli delle colture agricole, dei frutteti, degli insediamenti ecc. L'intervento antropico ha determinato l'abbassamento dell'indice di naturalità, fenomeno molto evidente soprattutto lungo i fiumi, sui versanti accessibili e nelle depressioni subcarpatiche.

Bibliografia

- Aversano V. (2007), "L'identità territoriale attraverso la via cartografico-toponimica: un caso di studio", in Persi P. (cur.), *Recondita armonia. Il paesaggio tra progetto e governo del territorio*, Urbino, III Convegno Internazionale Beni Culturali, 5-6-7 ottobre 2006, 651-658
- Bevilacqua E. (1992), "Évolution d'un paysage humide: le territoire de la République de Venise", *Mappemonde*, 1: 23-26
- Constantinescu N. (1984), *Curtea de Argeş (1200-1400). Asupra începuturilor Ţării Româneşti*, Editura Academiei, Bucureşti, 144-145
- Constantinescu-Mirceşti C. (1976), *Păstoritul transhumant și implicațiile lui în Transilvania și Ţara Românească în secolele XVIII-XIX*, Editura Academiei, Bucureşti, 107-170
- Giurescu D.C. (2005), *Atlas istoric*, Editura Sigma, Bucureşti, 16
- Ionescu Al., Săhleanu V., Bindiu C. (1989), *Protecția mediului înconjurător și educația ecologică*, Editura Ceres, Bucureşti, 23-201
- Lago L. (2004), "Il contributo della cartografia storica", *Atlanti dei tipi geografici*, Istituto Geografico Militare, Firenze, 21-27, http://www.igmi.org/publicazioni/atlane_tipi_geografici/pdf/cartstorica.pdf
- Lodovisi A., Torresani S. (2005), *Cartografia e informazione geografica. Storia e tecniche*, Pàtron Editore, Bologna, 1-468
- Longhi A. (2004), *La storia del territorio per il progetto del paesaggio*, Edizione Artistica Piemontese, Torino, 1-168
- Mehedinți S. (1931), *Terra, introducere în geografie ca știință*, Vol. I-II, Editura Națională S. Ciornei, Bucureşti
- Nardin-Patroescu M. (1996), *Subcarpații dintre Râmnicu Sărat și Buzău. Potențialul ecologic și exploatarea biologică*, Editura Carro, Bucureşti, 104
- Năstase A. (1970), *Muntenia pe hărțile din secolul XVIII*, Teza de doctorat, Universitatea din Bucureşti, dattiloscritto, 1-243
- Osaci-Costache G. (2004), *Mușcelele dintre Dâmbovița și Olt în documente cartografice. Reconstituirea și dinamica peisajului geografic în secolele XVIII-XX*, Editura Universitară, Bucureşti, 1-304
- Păunescu A. (2000), *Paleoliticul și mezoliticul din spațiul cuprins între Carpați și Dunăre*, Editura AGIR, Bucureşti, 139-159
- Robinson E. (2004), "Coastal changes along the coast of Vere, Jamaica over the past two hundred years: data from maps and air photographs", *Quaternary International*, 120: 153-161.
- Rosselli W., Paulmier É. (2006), "Changes in the quality of the Valais Rhone Plain landscapes (Switzerland) based on historical map", *Revue Forestière Française*, 58 (4): 361-366
- Șerban C., Moisescu N. (1980), *Curtea de Argeş în documente*, Editura Sport-Turism, Bucureşti, 9

RISULTATI DEL MONITORAGGIO DEL MANTO NEVOSO SULLA REGIONE ABRUZZO CON DATI MODIS NEL PERIODO OTT. 2005 – APR. 2006

Monica PALANDRI (*), Achille CIAPPA (*), Cristina NEGRI ARNOLDI (*),
Emilio DOMINGO IANNARELLI (**)

(* Telespazio, Via Cannizzaro 71 - 00156 Roma, 06-40793833, monica.palandri@telespazio.com

(**) Regione Abruzzo - Protezione Civile - Servizio Previsione e Prevenzione dei Rischi, emiann@regione.abruzzo.it

Riassunto

Il lavoro si inserisce nell'ambito di un contratto tra Telespazio e la Regione Abruzzo che prevede la valutazione dello scioglimento del manto nevoso in previsione di eventi di protezione civile. In questo studio sono presentati i risultati delle attività di calibrazione e validazione di un servizio di monitoraggio del manto nevoso effettuato con dati satellitari MODIS (MODERate-resolution Imaging Spectroradiometer) sulla Regione Abruzzo nel periodo 2005 - 2006. La metodologia utilizzata è basata su studi compiuti dalla NASA per l'individuazione della neve da dati MODIS attraverso il settaggio di opportune soglie dell'indice (Normalized Snow Difference Index). Come evidenziato in precedenti studi, le maggiori difficoltà sono state riscontrate nella contaminazione dovuta a particolari formazioni nuvolose la cui risposta spettrale nelle bande MODIS è molto simile a quella dei pixel innevati. Nella fase di calibrazione i coefficienti dell' algoritmo di 'snow detection' per dati MODIS sono stati tarati utilizzando come riferimento acquisizioni LANDSAT-TM a maggior risoluzione spaziale (30 m per pixel rispetto ai 500 m per pixel delle mappe di neve MODIS). I risultati del monitoraggio effettuato sono stati infine confrontati con rilievi in campo e dati provenienti dalla rete di nivometri del Servizio Idrografico e Mareografico della Regione Abruzzo e del Corpo Forestale dello Stato raccolti nello stesso periodo.

Abstract

This work is part of a project framework focused on the snow coverage monitoring from satellite for civil protection purposes realised by the Regione Abruzzo and Telespazio SpA. Results of the MODIS (MODERate-resolution Imaging Spectroradiometer) snow coverage calibration and validation, performed using 'ground truth' data during winter 2005-2006, are presented in this study. The followed methodology is based on NASA snow detection studies, seeking in particular appropriate thresholds of the NDSI (Normalized Snow Difference Index). As evidenced in literature, major difficulties arise due to the presence of high cold clouds (cirrus) with a spectral signature similar to snow covered pixels. In the calibration phase, NDSI thresholds have been tuned using LANDSAT-TM images with a higher spatial resolution (30m per pixel, with respect to 500m of MODIS data). In the validation phase, results have been compared with 'ground truth' snow measurements effected during surveys or automatically acquired in the same period by the Servizio Idrografico e Mareografico della Regione Abruzzo and by the Corpo Forestale dello Stato.

Premessa

L'attività prevista rientra in un più ampio progetto riguardante la Regione Abruzzo finalizzato alla valutazione dello scioglimento del manto nevoso in previsione di eventi di protezione civile. Nel presente studio sono stati confrontati i risultati dell'attività di calibrazione del monitoraggio del manto nevoso eseguito mediante dati satellitari MODIS (MODERate-resolution Imaging

Spectroradiometer) con i dati registrati dalla rete di nivometri del Servizio Idrografico e Mareografico e del Corpo Forestale dello Stato nel periodo novembre 2005 - aprile 2006.

I dati satellitari forniti dal sensore MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer) consistono in una acquisizione giornaliera diurna per ciascuno dei due satelliti (Terra ed Aqua) su cui è operativo lo strumento. I risultati riportati in questo studio sono stati ottenuti utilizzando dati MODIS provenienti dal satellite Terra, il cui passaggio giornaliero sull'Italia si verifica all'incirca alle ore 11.00 AM GMT. Il sensore MODIS acquisisce dati ad 1km per pixel in 36 bande radiometriche, le cui prime 7 sono acquisite a risoluzione spaziale di 500m e le prime 2 a 250m.

Per ottenere l'estensione della copertura nevosa dall'acquisizione giornaliera MODIS è necessario prima produrre una maschera di cloud/clear sky, e successivamente classificare i pixel in clear sky come nevosi o non nevosi. La generazione della maschera delle nubi richiede l'utilizzo di parecchie bande MODIS disponibili a 1km di risoluzione, ragion per cui è prodotta a questa risoluzione. La discriminazione dei pixel nevosi da quelli non nevosi si basa su soglie dei canali 2 e 4 e del NDSI (Normalized Snow Difference Index), ottenuto come combinazione dei due, pertanto la risoluzione spaziale della copertura nevosa giornaliera è di 500m.

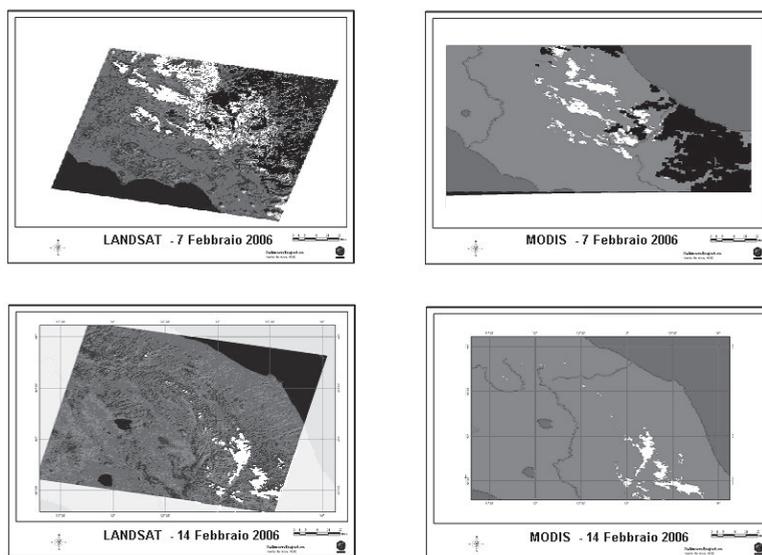


Figura 1. Confronto tra mappe di neve da LANDSAT (a sinistra) e MODIS (destra) nell'area della regione Abruzzo (neve in bianco, nuvole in nero)

Calibrazione

La prima fase dello studio è consistita in un'attività di calibrazione delle soglie radiometriche.

Il primo passo del processo di discriminazione tra pixel nevosi e non nevosi consiste nel mascheramento delle aree coperte da nubi. Una volta determinate le aree di cielo sereno, l'identificazione dei pixel nevosi (Hall ed altri, 2001) è stata effettuata attraverso soglie delle bande 2 e 4 e dell'NDSI (*Normalized Difference Snow Index*). Nell'algoritmo sono utilizzati valori di *calibrated radiance*, essendo molti dei test necessari per la *cloud mask* basati su queste unità (King ed altri, 2006; Ackermann ed altri, 2006). Le soglie utilizzate per i tre test sulle bande 2, 4 e NDSI, frutto dell'attività di calibrazione, sono state rispettivamente di 37, 60 e 0.90, per cui i pixel in condizioni di clear-sky sono stati classificati come nevosi per valori nelle suddette bande al di sopra di queste soglie.

Questo set di valori, frutto di un'attività di calibrazione effettuata in diverse zone del territorio italiano ed in diversi periodi dell'anno, rappresenta il miglior compromesso per la discriminazione

spettrale tra *pixel* innevati e *pixel* nuvolosi, in particolare stratificazioni alte e fredde. L'utilizzo di soglie meno restrittive, ad esempio, mentre da un lato consente una più completa individuazione dell'estensione nevosa (e sarebbe pertanto più efficiente in condizioni di cielo sereno), causa molti errate classificazioni in presenza di copertura nuvolosa. Pertanto le soglie utilizzate sono da intendersi come il miglior compromesso tra la massima identificazione delle aree innevate ed il minor numero di errate identificazioni, almeno sulla base degli algoritmi di mascheramento nubi ed identificazione dei pixel innevati utilizzati.

I risultati ottenuti con i parametri selezionati sono riassunti nella figura 1, dove la mappatura delle aree innevate da MODIS sulla Regione Abruzzo è confrontata con quella ottenuta con dati LANDSAT, a migliore risoluzione spaziale (circa 30m per pixel) ma a scarsa ripetitività temporale (tra i 7 e 14 gg.). Come è evidenziato in figura, mentre nella prima data (7 Febbraio 2006) la mappatura da MODIS solo parzialmente coincide con le aree innevate evidenziate da LANDSAT, nella seconda data la sovrapposizione delle aree è quasi completa. Considerando che nell'esempio riportato in figura si è in presenza di una progressiva diminuzione dello spessore del manto nevoso (le coppie di immagini sono state acquisite a distanza di 7 giorni), questa tipologia di risultato (ricorrente anche in diversi periodi dell'anno, in zone Alpine ed Appenniniche del centro Italia) sembra indicare che l'efficienza del monitoraggio della copertura nevosa da MODIS dipenda in prima approssimazione dallo spessore del manto nevoso, risultando particolarmente efficace in aree dove la copertura nevosa è persistente e presumibilmente più spessa.

Si è pertanto condotto uno studio di validazione, utilizzando dati di 'ground truth', con il duplice scopo di verificare la fondatezza dell'ipotesi e possibilmente di trovare la soglia minima di spessore del manto nevoso identificabile con dati da satellite MODIS.

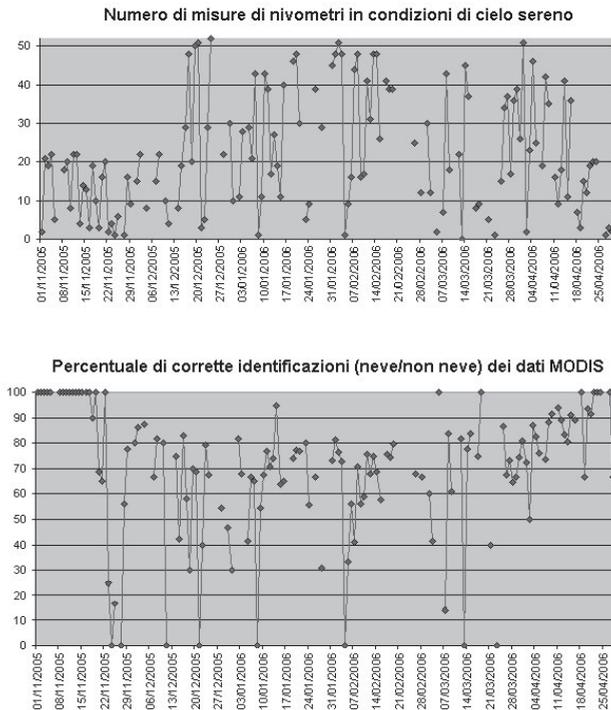


Figura 2. Percentuali di corrette identificazioni di pixel innevati sull'area della Regione Abruzzo da Novembre 2005 ad Aprile 2006.

Validazione

Nella fase di validazione sono stati utilizzati:

- dati registrati giornalmente in 30 stazioni manuali del Corpo Forestale dello Stato nel periodo compreso tra il 15/12/2005 e il 21/04/2006;
- dati registrati giornalmente dal Servizio Idrografico e Mareografico nel periodo dal 01/11/2005 al 30/04/2006 (nivometri 23, di cui 6 muniti di registratore e 17 pervenuti tramite osservatore);
- immagini MODIS/TERRA che coprono il periodo dal 01/11/2005 al 30/04/2006 (di cui 30 giorni di completa copertura nuvolosa e 48 giorni di scarsa qualità delle acquisizioni);

Ulteriori dati utilizzati sono stati la carta dell'uso del suolo (CLC2000) della Regione Abruzzo ed un modello digitale di elevazione (DEM a celle di 90 m.).

Dopo una fase di filtraggio dei dati spuri (mancanza di coordinate, incongruenze di toponimi e mancanza di misure per i dati nivometrici, indisponibilità dei dati satellitari a causa di copertura nuvolosa), una prima analisi è stata effettuata sulla corretta identificazione della presenza/assenza di neve del dato satellitare, riportata in figura 2 in termini di percentuali di corrette identificazioni dal dato satellitare (secondo grafico) e del numero di misure di nivometri utilizzate per la percentuale. A tal riguardo è da considerare che la gran parte dei nivometri è posizionata in alta montagna, per cui gran parte delle misure verificate sono misure di presenza di neve. Escludendo le date in cui il numero di misure di nivometri disponibili per il confronto è esiguo e per cui la statistica ha una scarsa significatività, si nota una percentuale complessiva di corretta identificazione di pixel nevosi all'incirca del 70%. C'è da tenere presente che questo risultato è ottenuto utilizzando uno solo dei due satelliti disponibili su cui è operativo il sensore MODIS. L'utilizzo combinato dei due potrebbe molto migliorare la qualità complessiva del monitoraggio.

La successiva fase, finalizzata all'identificazione delle soglie di spessore del manto nevoso effettivamente individuabile tramite MODIS, è consistita nel selezionare un numero ridotto, ma affidabile, di misure contemporanee da nivometro e da satellite su cui effettuare un più approfondito confronto.

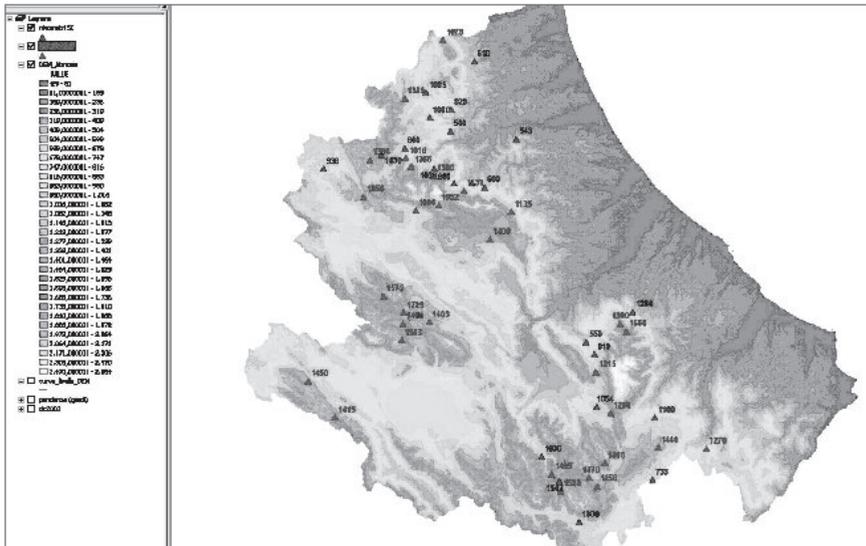


Figura 3. Distribuzione spaziale dei nivometri considerati in questo studio sovrapposto al modello di elevazione del terreno della Regione Abruzzo.

Per questo scopo sono state isolate sei date, tutte caratterizzate da un numero cospicuo di misure di nivometri e immagini da satellite non affette da nubi, tre in cui il risultato del monitoraggio da MODIS era particolarmente insoddisfacente, e tre in cui era molto soddisfacente. L'analisi delle date particolarmente negative ha portato all'identificazione della causa nella sfavorevole geometria di acquisizione del satellite, quando l'area monitorata è lontana dal nadir e collocata su bordo immagine. Infatti a causa della cattiva geometria di presa, il percorso atmosferico molto maggiore affligge sia la qualità del riconoscimento spettrale dei pixel innevati sia la risoluzione spaziale del pixel al suolo, pertanto le date con cattiva geometria di acquisizione sono state scartate dal dataset ristretto. L'analisi delle date in cui il risultato complessivo del monitoraggio è molto buono hanno permesso di selezionare ulteriormente il data set dei nivometri, escludendo quelli le cui misure erano sempre in contrasto con le osservazioni da satellite ed evidentemente afflitti da un problema di non corretta localizzazione, o di errore dello strumento. Ulteriori verifiche effettuate confrontando la collocazione altimetrica di questi nivometri (attraverso l'uso del DEM, in figura 3) e la carta dell'uso del suolo (scartando i nivometri collocati in aree boscate nello specifico boschi di latifoglie) ha ulteriormente affinato il numero di misure su cui approfondire il confronto.

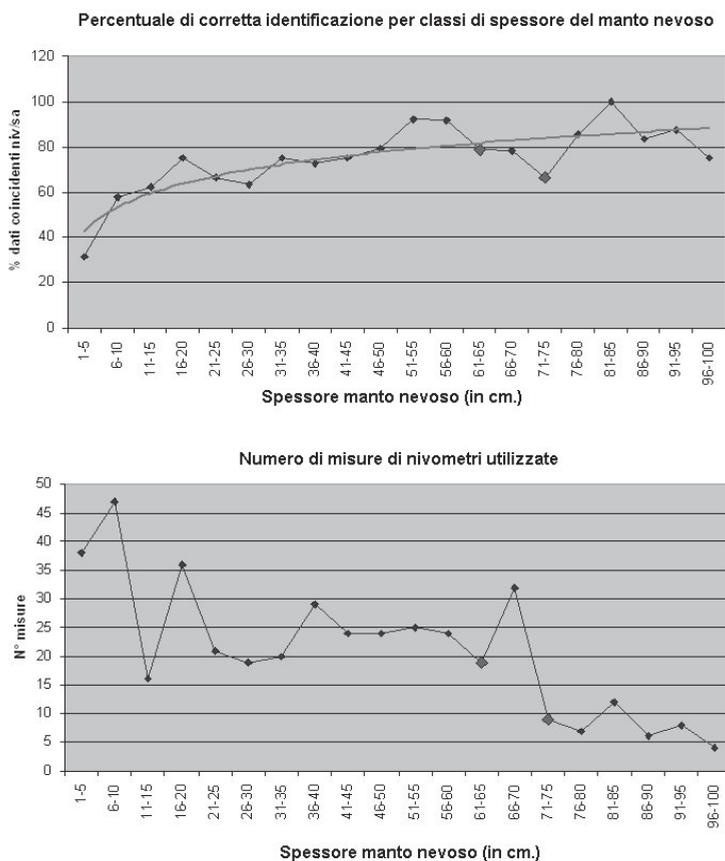


Figura 4. Percentuali di corrette identificazioni dei pixel innevati per classi di spessore del manto nevoso (su un dataset ristretto).

Conclusioni

I risultati dell'analisi del dataset ristretto è illustrata in figura 4, dove la percentuale di corrette identificazioni è riportata per classi di spessore del manto nevoso. Alla luce dei risultati ottenuti in questo studio si potrebbe ipotizzare che il monitoraggio dell'estensione del manto nevoso risulta particolarmente efficace per altezze di neve superiori ai 20 cm. (percentuale maggiore del 70%).

L'interpretazione di questo risultato trova anche riscontro nella considerazione del fatto che la risoluzione spaziale del monitoraggio della neve da MODIS è di circa 500m, per cui in condizioni di scarsa copertura nevosa (inferiore ai 10cm) è frequente che, in un regime di scioglimento, tratti di territorio corrispondenti al pixel risultino solo parzialmente ricoperti. I risultati qui presentati sono ottenuti con una scelta piuttosto conservativa delle soglie di identificazione, onde evitare la ricorrenza di false identificazioni di pixel nuvolosi come pixel di neve. Una maggiore affidabilità degli algoritmi di identificazione della copertura nuvolosa, ad esempio, consentirebbe un abbassamento delle soglie di identificazione della neve ed una maggiore efficienza nel monitoraggio satellitare da MODIS.

Bibliografia

King M.D., Platnik S., Hubanks P.A., Arnold G.T., Moody E.G., G. Wind, B. Wind, 2006. Collection 005 Change summary for the MODIS cloud Optical Property (06_OD) Algorithm, Version 3.1. NASA Reference Report, 9 May 2006.

Ackerman S., Strabala K., Menzel P., Frey R., Moeller C., Gumley L., Baum B., Wetzell Seemann S., Zhang H., 2006., Discriminating clear-sky from cloud with MODIS . ATBD (MOD35). NASA Reference Report, October 2006.

Hall K., Riggs G.A., Salomonson V.V., 2001. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms. NASA Reference Report, September 2001.

IL SIT DELLA PROTEZIONE CIVILE DELLA PROVINCIA DI BRINDISI

Marco PALAZZO (*), Marco MILANESE (*), Silvia MACCHITELLA (*),
Annamaria ATTOLINI (**), Domenico LAFORGIA (*)

(*) Centro di Ricerca Energia ed Ambiente (CREA) – Dipartimento di Ingegneria dell’Innovazione -
Università degli Studi del Salento – Via Monteroni s.n. - Lecce

(**) Provincia di Brindisi – Settore Protezione Civile- Piazza S. Teresa, 2 - Brindisi

Riassunto

La Legge 225/92 istituisce il Servizio Nazionale di Protezione Civile “al fine di tutelare l’integrità della vita, i beni, gli insediamenti e l’ambiente dai danni e dal pericolo di danni derivanti da calamità naturali, da catastrofi e da altri eventi calamitosi”. In base all’art. 13 della stessa legge, alle Province spetta lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta ed elaborazione dei dati interessanti la Protezione Civile, alla predisposizione dei programmi provinciali di previsione e prevenzione e alla loro realizzazione, in armonia con i programmi nazionali e regionali. La Provincia è inoltre investita di altri compiti in materia di protezione civile dal D.Lgs. 112/98, dalla legge regionale n. 18/00 e da altre disposizioni normative.

L’obiettivo del presente lavoro è stato la realizzazione di uno Sistema Informativo Territoriale di supporto al Programma di previsione e prevenzione di protezione civile ed al piano di emergenza di protezione civile della Provincia di Brindisi, attualmente in fase di redazione.

Il SIT è ripartito in due strati: lo strato della Cartografia di Programma e lo strato della Cartografia di Piano. Allo strato della Cartografia di Programma appartengono le mappe tematiche afferenti sia alla fase di previsione dell’evento, intesa come conoscenza dei rischi che insistono sul territorio, che alla fase della prevenzione, intesa come attività destinata alla mitigazione dei rischi stessi. Allo strato della Cartografia di Piano appartengono le mappe tematiche di supporto alle procedure operative di intervento da attuarsi nel caso in cui si verifichi l’evento atteso contemplato in un apposito scenario. I temi della Cartografia di Programma sono a loro volta suddivisi in temi afferenti a rischi naturali e temi afferenti a rischi antropici, mentre i temi della Cartografia di Piano sono suddivisi in base alle funzioni di supporto cui afferiscono, identificate tra quelle previste dal metodo *Augustus*. Il SIT è stato realizzato completamente con tecnologia *Open Source*.

Risultato del lavoro è uno strumento informativo di supporto al coordinamento delle operazioni di emergenza, di comunicazione e scambio di informazioni tra i diversi livelli di competenza (nazionale, provinciale, comunale) del sistema della Protezione Civile, di supporto al razionale utilizzo delle risorse realmente disponibili e alla reperibilità degli uomini e dei mezzi adatti ad un intervento.

Abstract

Italian Law 225/92 has created the National Civil Protection Service in order to better protect people, their environment, property and cultural heritage in the event of major natural or manmade disasters occurring inside the national territory. The article 13 of Law 225/92 assigns to local administration the activity of collection of the interesting data for the civil protection and the activity of definition of plans for risks forecast and risks prevention. Aim of this work has been the design and implementation of a Geographic Information System as support for the definition of Program and Plan for civil protection. The GIS is composed from two main layers: the layer with

maps related to the Program of civil protection and the layer with maps related to the Plan of civil protection. The themes included in the level of the program cartography are related to the phase of forecast of a disastrous event and to the phase of prevention of disastrous event. The themes included in the level of the Plan cartography are related to the operating procedures that is necessary to activate in emergency event. Moreover, the themes related to civil protection Program are organized based on the natural risk or manmade risk to which they refer. The themes related to civil protection Plan are organized based on Augustus' support function to which they refer. The web GIS has been implemented completely with Open Source technology. Main result of this work has been a web geographic information system that will be used as support tool for coordination of the emergency operations, as communication tool for exchange of information between the various levels of competence (national, provincial, communal) of the system of the civil protection and as knowledge base related to available resources (men and equipments) for the management of the major natural and manmade disastrous events.

1. Introduzione

La Legge 225/92 (Legge 225, 1992) istituisce il Servizio Nazionale di Protezione Civile "al fine di tutelare l'integrità della vita, i beni, gli insediamenti e l'ambiente dai danni e dal pericolo di danni derivanti da calamità naturali, da catastrofi e da altri eventi calamitosi". In base all'art. 13 della stessa legge, alle Province spetta lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta ed elaborazione dei dati interessanti la Protezione Civile, alla predisposizione dei programmi provinciali di previsione e prevenzione e alla loro realizzazione, in armonia con i programmi nazionali e regionali. La Provincia è inoltre investita di altri compiti in materia di protezione civile dal D.Lgs. 112/98 (D.Lgs 112, 1998), dalla legge regionale pugliese n. 18/00 (Legge Regionale 18, 2000) e da altre disposizioni normative. L'obiettivo del presente lavoro è stato la realizzazione di uno Sistema Informativo Territoriale di supporto al Programma di previsione e prevenzione di protezione civile ed al Piano di emergenza di protezione civile della Provincia di Brindisi, attualmente in fase di redazione. La Provincia di Brindisi, situata nella Puglia meridionale nella sub-regione del Salento, comprende 20 comuni, si estende su un'area di 1838 Km² e conta circa 400.000 abitanti.

2. Selezione, raccolta e predisposizione dei dati

La fase di identificazione e raccolta dei dati necessari è stata la prima fase del progetto, ma anche la più complessa. Essa è stata caratterizzata da una intensa interazione e collaborazione tra il committente del progetto, la Provincia di Brindisi, ed i tecnici del Centro di Ricerca Energia ed Ambiente (CREA, <http://www.crea.unile.it>) dell'Università del Salento. In una fitta serie di incontri è stato definito un primo insieme di livelli informativi significativi per gli scopi di Protezione Civile. Dalla prima analisi è emerso subito che il Settore Protezione Civile ed il Settore Pianificazione Territoriale dell'ente provinciale disponevano solo di un sottoinsieme dei dati rilevanti per gli scopi del progetto (Cartografia di base, ortofoto digitali, notifiche effettuate ai sensi del D.Lgs.334/99 relative ad industrie a rischio di incidente rilevante). Titolari di molti altri dati di interesse erano invece i diversi comuni della Provincia, la Regione Puglia (Ufficio Parchi e Riserve Naturali dell'Assessorato all'Ecologia della Regione, Ufficio Cartografico del Settore Assetto del Territorio della Regione, ecc.), l'Autorità di Bacino, il Consorzio per lo Sviluppo Industriale e di Servizi Reali alle Imprese (Consorzio SISRI), il Servizio Sanitario Regionale, il Servizio Sismico Nazionale, il Corpo Forestale dello Stato. Alla luce di tutto quanto sopra i ricercatori del CREA hanno definito le necessità informative del realizzando Sistema Informativo Territoriale e l'ente committente ha formalmente inoltrato le richieste di fornitura alle succitate strutture ed enti terzi titolari dei dati geografici. I tempi per la fornitura dei dati sono stati, come era prevedibile, piuttosto lunghi. Per completare l'acquisizione di tutti i dati è stato necessario circa un anno di tempo. Circa il 40% dei dati raccolti sono stati forniti in formato *shapefile* (es. perimetrazioni del Piano di Assetto

Idrogeologico della Regione Puglia, ecc.), il 30% in formato di mappe cartacee (es. perimetrazioni degli agglomerati industriali, perimetrazioni delle industrie a rischio di incidente rilevante, ecc.), il 25% sotto forma di elenchi cartacei. Il restante 15% dei dati sono stati raccolti dal CREA direttamente dai siti istituzionali (es. dati relativi ad ospedali, pronto soccorso, guardia medica, ecc.) o elaborati sulla base di modelli (es. mappa del rischio di inquinamento costiero da idrocarburi). Pertanto a valle della acquisizione dei dati è stato necessario porre in essere una importante pre-elaborazione consistente in attività di conversione di formato (es. dal formato *shapefile* al formato RDBMS), rasterizzazione, vettorializzazione a video, georeferenziazione.

3. Metodo *Augustus*

“Il valore della pianificazione diminuisce con la complessità dello stato delle cose”. Così duemila anni fa, con una frase che raccoglieva una visione del mondo unitaria fra il percorso della natura e la gestione della cosa pubblica, l'imperatore Ottaviano Augusto coglieva pienamente l'essenza dei concetti che oggi indirizzano la moderna pianificazione di emergenza che si impernia proprio su concetti come semplicità e flessibilità. In sostanza: non si può pianificare nei minimi particolari, perché l'evento, per quanto previsto sulla carta, al suo “esplosione” è sempre diverso. Il metodo *Augustus* nasce da un bisogno di unitarietà negli indirizzi della pianificazione di emergenza che, purtroppo, fino ad oggi ha visto una miriade di proposte spesso in contraddizione fra loro perché formulate dalle varie amministrazioni locali e centrali in maniera tale da far emergere solamente il proprio “particolare”. Tale tendenza ha ritardato di molto il progetto per rendere più efficaci i soccorsi che si muovono in un sistema complesso tipico di un paese come il nostro. Il metodo *Augustus* vuole abbattere il vecchio approccio di fare i piani di emergenza basati sulla concezione burocratica del solo censimento di mezzi utili agli interventi di protezione civile e introdurre con forza il concetto della disponibilità delle risorse; per realizzare questo obiettivo occorre che nei piani di emergenza siano introdotte le **funzioni di supporto** con dei responsabili in modo da tenere “vivo” il piano, anche attraverso periodiche esercitazioni ed aggiornamenti. Le funzioni di supporto sono le singole risposte che occorre organizzare in qualsiasi tipo di emergenza e si attivano nella Direzione Operativa di Comando e Controllo (D.O.CO.CO). Ogni singola funzione (F1 Tecnico scientifica, F2 Sanitaria, assistenza sociale, veterinaria, F3 Mass-media e informazione, F4 Volontariato, F5 Materiali e mezzi, ecc.) avrà un proprio responsabile che “in tempo di pace” aggiornerà i dati relativi alla propria funzione e in caso di emergenza nazionale sarà l'esperto che affiancherà il Commissario Delegato per costituire, nella zona di intervento, la D.O.CO.CO. (Galanti, 1997). Le funzioni di supporto (9 funzioni per i comuni e 14 per le province e regioni) da attuare, non debbono essere necessariamente tutte quelle previste dal metodo *Augustus* ma devono essere istituite a ragion veduta, in maniera flessibile o in base a una pianificazione di emergenza già predisposta in un determinato territorio per un determinato evento, oppure per far fronte ad immediate esigenze operative dei comuni durante o prima di un evento calamitoso. Il metodo *Augustus* rappresenta un punto di riferimento per tutti gli operatori di protezione civile che, con competenze diverse, sono impegnati quotidianamente ad affrontare le emergenze.

4. Modello dati

Il modello dati adottato è uno dei risultati più importanti del progetto in quanto, messo a punto per soddisfare alle esigenze informative reali del committente, ha caratteristiche di flessibilità e riusabilità. Il modello dati è stato organizzato secondo una logica, ampiamente condivisa, che vede l'informazione territoriale suddivisa in una componente di base ed in una componente tematica.

La componente del modello dati relativa alla informazione territoriale di base contiene la Cartografia Tecnica Provinciale Numerica in scala nominale 1:5000 (sovrapposta alle ortofoto digitali a colori). Tuttavia è la componente di informazione territoriale tematica che caratterizza realmente il modello proposto ed è ripartita in due strati: lo strato della Cartografia di Programma e lo strato della Cartografia di Piano.

Allo strato della Cartografia di Programma appartengono le mappe tematiche afferenti sia alla fase di previsione dell'evento disastroso, intesa come conoscenza dei rischi che insistono sul territorio, che alla fase della prevenzione, intesa come attività destinata alla mitigazione dei rischi stessi.

Allo strato della Cartografia di Piano appartengono le mappe tematiche di supporto alle procedure operative di intervento da attuarsi nel caso in cui si verifichi l'evento atteso contemplato in un apposito scenario.

I temi della Cartografia di Programma sono a loro volta suddivisi in temi afferenti a rischi naturali e temi afferenti a rischi antropici, mentre i temi della Cartografia di Piano sono suddivisi in base alle funzioni di supporto cui afferiscono, identificate tra quelle previste dal metodo *Augustus*. Allo scopo di consentire la trasferibilità del modello sono riportati nella tabella seguente gli strati e i temi implementati nel SIT:

| Cartografia di Programma | Cartografia di Piano |
|---|--|
| RISCHI NATURALI | |
| Rischio Idrogeologico <ul style="list-style-type: none"> ● Aree a rischio idrogeologico ● Aree a pericolosità idraulica ● Dighe ● Cave | Funzione F1 - Tecnico scientifica e pianificazione Funzione F2 - Sanità, assistenza sociale e veterinaria <ul style="list-style-type: none"> ● ASL e Ospedali, Guardia Medica, Pronto Soccorso |
| Rischio Sismico <ul style="list-style-type: none"> ● Pericolosità (Classificazione Sismica, 2004) ● Vulnerabilità (% Abitazioni in classe A) ● Esposizione (% Popolazione residente in Abitazioni in classe A) ● Indice di Rischio PGA ● Indice di Rischio MCS | Funzione F3 - Mass media e informazione Funzione F4- Volontariato <ul style="list-style-type: none"> ● Associazioni di volontariato |
| RISCHI ANTROPICI | |
| Rischio industriale <ul style="list-style-type: none"> ● Agglomerati industriali ● Serbatoi di stoccaggio di sostanze pericolose nel Polo Petrolchimico di Brindisi ● Industrie a rischio di incidente rilevante | Funzione F5 – Materiali e mezzi <ul style="list-style-type: none"> ● Depositi Materiali e mezzi |
| Rischio incendio <ul style="list-style-type: none"> ● N.ro incendi per comune riferito agli anni 2000-2006 ● pSIC, ZPS, Parchi Naturali, Riserve Naturali Statali ● Boschi | Funzione F6 - Trasporti , Circolazione e Viabilità <ul style="list-style-type: none"> ● Grafo Stradale, Grafo Ferroviario, Grafo Marittimo ● Stazioni, Porti, Aeroporti ● Tratti stradali critici |
| Rischio inquinamento costiero da idrocarburi <ul style="list-style-type: none"> ● Comuni a rischio inquinamento costiero da idrocarburi | Funzione F7 – Telecomunicazioni Funzione F8 – Servizi essenziali <ul style="list-style-type: none"> ● Rete Elettrica, Rete Acquedottistica, Oleodotti ● Discariche attive ● Scuole |
| | Funzione F9 - Censimento danni persone e cose Funzione F10 – Strutture operative S.a.R. <ul style="list-style-type: none"> ● Comandi VV.F, Corpo Forestale dello Stato, Carabinieri |
| | Funzione F11 - Enti locali <ul style="list-style-type: none"> ● Edifici Pubblici |
| | Funzione F12 - Materiali pericolosi Funzione F13 - Logistica evacuati Funzione F14 - Coordinamento Centri Operativi <ul style="list-style-type: none"> ● Centri Operativi Misti (COM) |

Tabella 1 – Strati e temi che caratterizzano il SIT della Protezione Civile

5. Web-GIS Open Source

Allo scopo di consentire la più ampia fruizione dell'enorme mole di dati raccolta è stato realizzato un web GIS, accessibile dal portale istituzionale (<http://protezionecivile.provincia.brindisi.it/>), che rende disponibile un set di mappe statiche (in formato pdf) ed una cartografia dinamica (Fig.1) in cui è possibile consultare in maniera interattiva tutti gli strati ed i temi informativi identificati nel modello dati già descritto (Tab.1). Inoltre, interrogando i temi mediante *point & click*, è possibile accedere a tutte le informazioni di dettaglio degli enti e strutture operative di interesse per gli scopi della protezione civile (es. numeri telefonici di ospedali, stazioni dei carabinieri, stazioni dei vigili del fuoco, ecc.). Il web GIS è stato realizzato completamente con tecnologia *open source* ed è basato su UMN MapServer e su PostgreSQL/PostGIS. Per la costruzione dell'interfaccia applicativa è stato utilizzato il *dbox application framework* (<http://maps.dnr.state.mn.us/tools/dbox/>) il quale rende disponibile una serie di librerie DHTML che consentono di potenziare notevolmente l'usabilità del sistema. La gestione delle stampe è stata implementata mediante le librerie fpdf (<http://www.fpdf.org>).

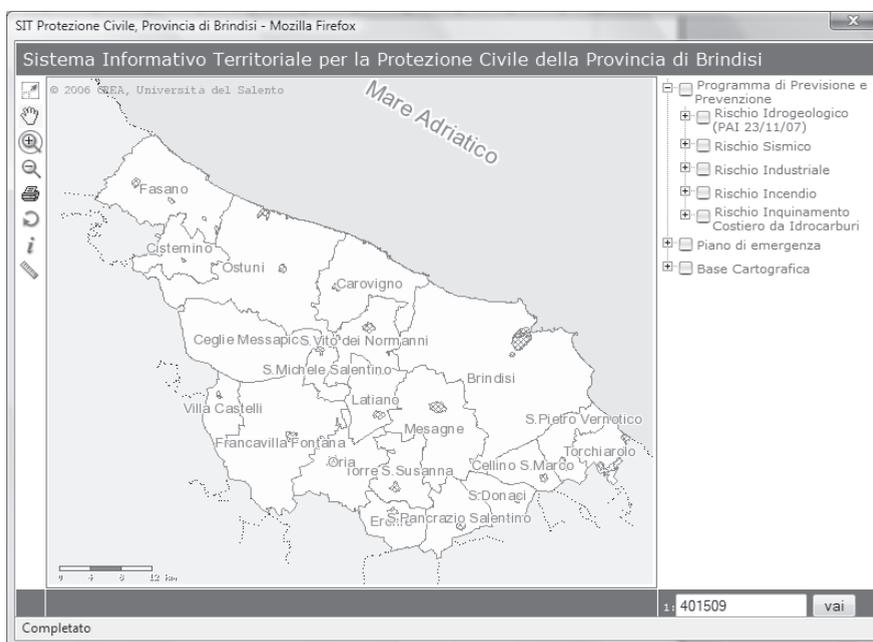


Figura. 2 – Il Web GIS della Protezione Civile della Provincia di Brindisi

6. Conclusioni e sviluppi futuri

Risultato del lavoro è uno strumento informativo di supporto al coordinamento delle operazioni di emergenza, di comunicazione e scambio di informazioni tra i diversi livelli di competenza (nazionale, provinciale, comunale) del sistema della Protezione Civile, di supporto al razionale utilizzo delle risorse realmente disponibili e alla reperibilità degli uomini e dei mezzi adatti ad un intervento. Inoltre il modello dati implementato si presta ad essere riusato in analoghi contesti grazie alla sua intrinseca flessibilità. Infatti in contesti analoghi il modello dati può essere opportunamente esteso implementando ulteriori temi coerenti con rischi locali specifici (es. rischio vulcanico) o con funzioni di supporto dedicate (es. stazioni del Corpo nazionale di soccorso

Alpino). Il lavoro ha fornito anche interessanti indicazioni sulla dimensione dell'orizzonte temporale richiesto per l'analisi, la progettazione, la realizzazione e l'avviamento in esercizio di un sistema informativo territoriale per la protezione civile su scala provinciale. Tale orizzonte temporale che può essere stimato tra i 15 ed i 18 mesi considerando i tempi necessari per la raccolta e pre-elaborazione dei dati tematici dai diversi comuni della Provincia, dagli enti e dalle strutture operative. Sviluppo futuro del lavoro è la messa a punto di un protocollo di interscambio dati tra tutti i soggetti del sistema della protezione civile finalizzato all'aggiornamento continuo ed estensione del SIT realizzato.

Riferimenti bibliografici

Galanti E. (1997), “ Il metodo *Augustus*”, *DPC Informa*, N.4 Maggio-Giugno 1997.

SISTEMA SPIAGGIA-DUNA: ANALISI MULTITEMPORALE DI DATI MORFOLOGICI IN AMBIENTE GIS

Elena PALLOTTINI (*), Sergio CAPPUCCI (**), Valentina CAMPO (*),
Giovanni Battista LA MONICA (***)

(*) ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

(**) ENEA – Ente per le nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.

(***) Dipartimento di Scienze della Terra, Sapienza Università di Roma.

Riassunto esteso

Spiaggia e duna costituiscono due componenti distinte dello stesso sistema. Esse sono strettamente dipendenti l'una dall'altra e possono presentare tendenze evolutive sia concordi che discordi (PSUTY, 1986).

Secondo quanto emerso dal PRIN "I depositi eolici ed il flusso di sedimenti spiaggia - duna" (AA.VV., 2005), nel Lazio, a causa dell'elevato impatto antropico e del generale arretramento della linea di costa, nessuno dei sistemi dunali regionali, che occupano una superficie superiore ai 20 km² e circa 200 km di costa, presenta un sufficiente stato di naturalità (CAMPO & LA MONICA, 2006).

In questo lavoro sono presentati i risultati di un'analisi multitemporale condotta sul litorale che si estende da Torre Astura al Promontorio del Monte Circeo (Regione Lazio, figura 1), recentemente investigato anche nell'ambito dei sottoprogetti POSIDuNE (CAMPO et alii, 2008) e Medplan (PARLAGRECO et alii, 2008) dell'INTERREG IIIC Beachmed-e, al fine di:

- (1) estrarre informazioni relative alla classificazione e all'uso del territorio;
- (2) estrarre informazioni relative all'attuale stato di conservazione del sistema spiaggia – duna;
- (3) identificare la relazione tra il trend evolutivo della spiaggia emersa e quello della duna nell'intervallo di tempo compreso tra il 1977 ed il 2005.

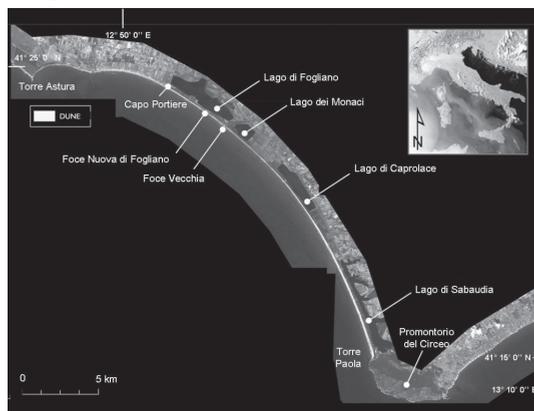


Figura 1 - Localizzazione dell'area di studio.

L'approccio metodologico utilizzato si è basato sull'analisi di foto aeree stereoscopiche e immagini satellitari attraverso cui si sono determinati una serie di parametri del sistema spiaggia-duna, quali, ad esempio, l'estensione delle dune, l'ampiezza della spiaggia antistante, le forme d'erosione dunali.

Le immagini stereoscopiche utilizzate nella fotointerpretazione sono coperture relative agli anni 1977 e 1998-99. Le prime hanno una scala nominale di 1:13.000 e sono state messe a disposizione dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Roma "Sapienza", mentre le seconde sono costituite da fotografie aeree da alta (Volo Italia 1998-99, in scala nominale 1:40.000, disponibili on line sul Portale Cartografico Nazionale) e da bassa quota (circa 300 fotogrammi del 1998, in scala nominale 1:13.000, appartenenti a coperture aerofotografiche stereoscopiche pancromatiche b/n realizzate dalle ditte: Rossi, Brescia, Alisud e Portici).

Le immagini satellitari sono state messe a disposizione dal Centro di Monitoraggio della Regione Lazio e sono state acquisite nel giugno 2005 dal satellite Quickbird 2 della DigitalGlobe®.

Successivamente, i dati sono stati archiviati in un geodatabase implementato a partire da quello creato nel corso del progetto PRIN "I depositi eolici ed il flusso di sedimenti spiaggia - duna" (AA.VV., 2005) in accordo alle direttive del progetto INfrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE, 2005).

E' stato creato quindi creato un database in ambiente GIS e utilizzato il software Digital Shoreline Analysis System (DSAS) 3.2 (Thieler et alii, 2005) per calcolare la variazione di serie storiche di shapefiles lineari (in questo caso relativi alla linea di riva e al piede della duna) tramite la generazione di transetti perpendicolari ad una linea di riferimento scelta arbitrariamente (Figura 2).

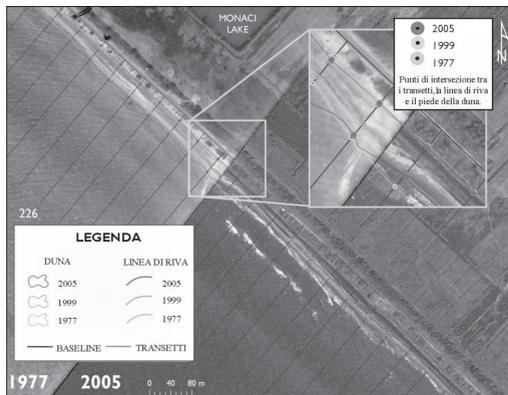


Figura 2 – Layout che illustra gli output del software DSAS, utilizzato per calcolare sia la variazione della linea di riva che del piede della duna negli anni 1977, 1999 e 2005

L'analisi condotta ha permesso di evidenziare i cambiamenti avvenuti negli ultimi 30 anni (Figura 3) e di individuare settori di costa caratterizzati da differenti tendenze evolutive, causati da processi di trasporto litoraneo ed eolico che, in alcuni casi, hanno generato una distruzione della duna a vantaggio della spiaggia antistante ed in altri la dinamica evolutiva inversa (Figura 4).

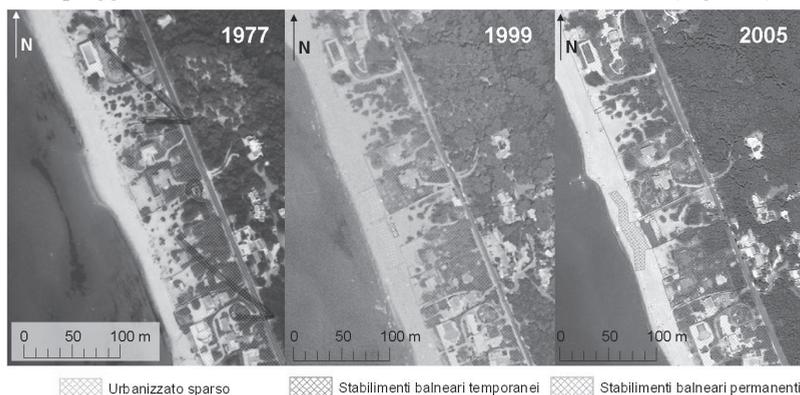


Figura 3 – Esempio di classificazione delle aree antropizzate all'interno della fascia costiera analizzata.

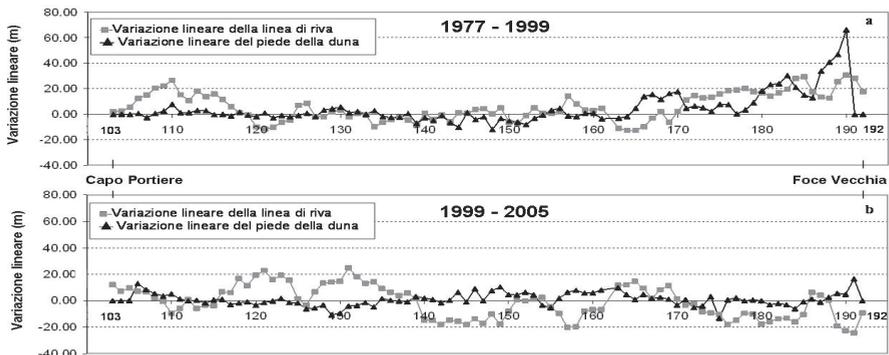


Figura 4 - Variazione lineare della linea di riva e del piede della duna negli intervalli di tempo 1977 – 1999 (a) e 1999 – 2005 (b) in corrispondenza del litorale antistante il Lago di Fogliano, esemplificativo dell'intero litorale analizzato.

Bibliografia

- AA.VV. (2005) – *I depositi eolici delle coste italiane e il flusso di sedimenti spiaggia-duna*. Atti Congr. Cagliari – Arbus – Loc. Piscinas, 31 marzo – 2 aprile 2005.
- CAMPO V. & LA MONICA G.B. (2006) – *Le dune costiere oloceniche prossimali lungo il litorale del Lazio*. Studi Costieri, **11**, 31-42.
- CAMPO V., LA MONICA G.B., CAPPUCCI S. & PALLOTTINI E. (2008) - *Caractérisation des dunes côtières – Région Lazio*. In: POSIDUNE - Interactions de Posidonia Oceanica et Sable avec l'Environnement des Dunes Naturelles - Cahier Technique étendu de Phase C, In stampa.
- INSPIRE (2005) - *Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe*. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>. Ultimo accesso: agosto 2008.
- PARLAGRECO L., DEVOTI S., MASTRACCI M. & SILENZI S. (2008) – *Zonazione costiera finalizzata all'analisi del rischio: il caso del litorale Pontino (Lazio Meridionale)*. Atti Congr. “Coste: prevenire, programmare, pianificare” – Maratea, 15-17 Maggio 2008, 105-112.

UN SIT PER LA CARTA D'USO DEL SUOLO IN SICILIA

Giuseppe PAPPALARDO (*), Patrizia RUSSO (**)

(*) Università degli Studi di Catania, Dipartimento di Ingegneria Agraria, Via Santa Sofia 100, 95123 CATANIA
tel. +39 095 7147575, fax +39 095 7147600, e-mail gpapparl@unict.it

(**) Università degli Studi di Catania, Scuola Superiore di Catania, Laboratorio per la Progettazione del Verde
e del Paesaggio, Via Santa Sofia 100, 95123 CATANIA, tel. +39 095 7147579, fax +39 095 7147600,
e-mail patrusso@unict.it

Riassunto

Le carte e i dati sull'uso del suolo figurano tra le informazioni più frequentemente richieste per la formulazione delle strategie di gestione sostenibile del territorio, sotto l'aspetto paesistico-ambientale, nonché per il controllo e la verifica dell'integrazione delle istanze ambientali nelle politiche settoriali (agricoltura, industria, turismo, etc.).

Il presente lavoro definisce una metodologia mirata alla costruzione di un SIT, relativo all'uso del suolo, che consentirebbe alla regione Sicilia di dotarsi di uno strumento informatico specifico su cui basare le varie fasi della pianificazione territoriale, sia in scala regionale, sia in scala più dettagliata, propria degli strumenti urbanistici a livello provinciale e comunale.

Abstract

Maps and data on soil use are among the most frequently requested sources of information when dealing with sustainable land management strategies from a landscape-environment point-of-view to check and verify policy integration (in Agriculture, Industry, Tourism etc.).

This paper defines a methodology aimed at building an SIT for soil use which would help the Sicilian region carry out all the phases of territorial planning on a regional scale as well as at a more detailed level of province and town council.

Introduzione

La gestione del territorio agro-forestale richiede un notevole impegno da parte delle amministrazioni pubbliche, le quali si avvalgono, sempre più, di metodologie di analisi e di gestione delle informazioni che riflettono l'evoluzione delle conoscenze nel campo della ricerca e della tecnologia.

A tal riguardo si rivela determinante il ruolo dell'informatica che permette l'acquisizione e l'elaborazione di molti dati, l'aggiornamento continuo delle informazioni e la facilità di presentazione e di diffusione dei risultati allo scopo di controllare e migliorare le modifiche che le aree agricole - forestali vanno subendo nel tempo.

In particolare, le carte e i dati sull'uso del suolo, sulla copertura vegetale e sulla transizione tra le diverse categorie d'uso, rappresentano un supporto indispensabile per la conoscenza del territorio al fine di una corretta gestione che tenga conto degli aspetti paesistico - ambientali e delle politiche settoriali (agricoltura, industria, turismo, etc.).

A questa nuova esigenza, di gestione e di ri-elaborazione di dati, accumulati nel tempo, sembra aver risposto, in campo geografico e di conseguenza anche in altri settori, la tecnologia SIT, quale migliore espressione dell'evoluzione dell'informatica che più si adatta alle nuove esigenze di gestione del territorio da parte di vari enti.

L'attività di redazione della carta d'uso del suolo è, in prima istanza, finalizzata alla formazione di un quadro generale delle principali attività umane ed economiche presenti sul territorio regionale.

Da questa analisi è possibile conoscere il livello di utilizzazione delle risorse ambientali e l'evoluzione nel tempo del fenomeno.

I settori che maggiormente potranno trarre beneficio dall'uso del SIT, sono: urbanistica, viabilità e trasporti, protezione civile, ambiente, agricoltura, caccia e pesca, gestione rifiuti, beni culturali e turismo, reti tecnologiche, difesa del suolo e geologia, etc..

La costruzione del SIT

La metodologia applicata per la costruzione del SIT si può semplificare nelle seguenti fasi:

- acquisizione e analisi della cartografia di base e dei fotogrammi aerei;
- processo fotointerpretativo ed elaborazione della carta tematica dell'uso del suolo;
- inserimento e correlazione tra informazioni e mappe;
- definizione dei parametri per la costruzione delle query.

In ordine alla prima fase della metodologia si ipotizza l'utilizzo dei diversi voli ATA (Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia) eseguiti a partire dal 1990 e, come supporto di base, la Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000.

Per quanto concerne la seconda fase, come è noto, uno dei maggiori problemi da affrontare nella classificazione del suolo riguarda la legenda da adottare. Si devono, infatti, coniugare tre distinte esigenze: la definizione di una legenda che inglobi voci comuni alle carte d'uso del suolo già prodotte e reperibili in letteratura, l'inserimento di elementi di maggiore dettaglio dovuti alla scala di realizzazione ed alle finalità perseguite, e la derivazione del tematismo dalla CTR della Sicilia.

Per poter confrontare il contenuto della banca dati con database geografici o cartografie di archivio, si deve abbinare a questa codifica la corrispondenza con legende di più ampio utilizzo e universalmente riconosciute. Per questi motivi e per le consolidate caratteristiche acquisite negli anni, è stata scelta la legenda *Corine Land Cover*. Tale legenda è divenuta una guida standard europea per la realizzazione di carte d'uso del suolo. Il metodo *Land Cover Corine*, è strutturato per essere utilizzato in 27 paesi della Comunità Europea, è in scala 1:100.000 ed è stato ottenuto tramite la fotolettura delle immagini dei satelliti *LandSat* e *Spot*. La legenda *Corine* è di tipo gerarchico, organizzata in 3 livelli, che rappresentano ulteriori approfondimenti nella definizione del tipo di uso e copertura del suolo: il primo livello fornisce una classificazione molto generale, che diviene sempre più dettagliata passando ai livelli 2 e 3.

Nel presente lavoro è stata ipotizzata la creazione di un 4° livello, rispetto alla *Corine*, di maggiore dettaglio, per esempio, se il 3° livello si ferma alla definizione del tipo di coltura (seminativo, pascolo, etc.), il 4° livello definisce l'irrigabilità o meno della stessa.

Quindi, la legenda finale adottata deriva dalla rielaborazione della legenda *Corine* (dalla quale vengono eliminate voci che non sono rappresentate nel territorio analizzato, come i ghiacciai), e della CTR, con eventuali aggiunte dovute a specifiche tipologie d'uso del suolo che si rende necessario evidenziare nel progetto. L'abbinamento con i vari codici si realizza in automatico attraverso tabelle di decodifica.

La codifica dei poligoni di uso del suolo è articolata in classi, con diverso livello di dettaglio; naturalmente dalle miriadi di classi vengono scelte solo quelle ritenute utili per tale progetto (*Figg. 1,2*).

La procedura di realizzazione del progetto verte sulla definizione di due parti ritenute fondamentali: i dati grafici che vengono inseriti nel SIT e i dati di classificazione che vengono inseriti nel database.

Esse costituiscono il corpo del SIT e la loro successiva correlazione attraverso codici di indicizzazione rende il sistema capace di rispondere alle interrogazioni poste dall'utente.

Le procedure di elaborazione e di caricamento della carta dell'uso del suolo nel SIT

La realizzazione delle carte d'uso e di copertura del suolo della regione Sicilia potrebbe iniziare dall'estrazione e dall'elaborazione degli elementi vettoriali lineari e puntuali presenti nei *file* .DXF, così da ottenere una suddivisione omogenea del territorio in particelle, i cui lati dovranno essere congruenti con gli elementi presenti nella cartografia numerica. E' opportuno assicurare la chiusura dei nodi non coincidenti attraverso operazioni di estensione e ritaglio di archi.

Ciò contribuisce alla formazione di un elevato frazionamento in elementi grafici eterogenei costituiti da aree contigue che hanno lo stesso codice: questa scelta ha dimostrato in altri progetti che le successive fasi di aggiornamento e/o di revisione della cartografia, in molti casi si riducono al semplice cambiamento del codice, senza alcun bisogno di creare nuove entità poligonali; ad ogni elemento areale, vengono attribuiti, i codici d'uso e di copertura del suolo, sulla base dei rapporti spaziali con le primitive puntuali e lineari presenti sulla CTR numerica.

Oltre alla congruenza con la base topografica di riferimento, l'utilizzo delle primitive vettoriali ha il vantaggio di creare una prima copertura d'uso del suolo basata sui dati della CTR, già al termine delle procedure automatiche di costruzione del tematismo.

A questa fase seguirà la fotointerpretazione della copertura vegetale, ottenuta direttamente a video, ed i poligoni preliminari, ivi disegnati, saranno controllati sulla base dei dati fotografici o di archivio.

Nello specifico di questo progetto, il database contiene tutte le informazioni riguardanti le aree a prevalente uso agricolo-forestale e quelle naturalistico-ambientali. Caratteristica del sistema informativo è quella di acquisire dati e informazioni per ogni area riconosciuta dal SIT come omogenea. Con questo metodo si ottengono, per ogni zona omogenea rilevata, schede identificative contenenti informazioni utili all'elaborazione della carta e alle richieste da parte degli utenti.

Le schede di identificazione e di classificazione

Con la fotointerpretazione automatizzata e i vari controlli in campo si ha la vera e propria fase di immissione dei dati nel SIT e nel database; ed è in questo momento che si definisce la correlazione, tra ciascuna *area agricola omogenea georeferenziata* e la locazione di memoria del database, dove vengono immagazzinate le informazioni riguardanti quell'area.

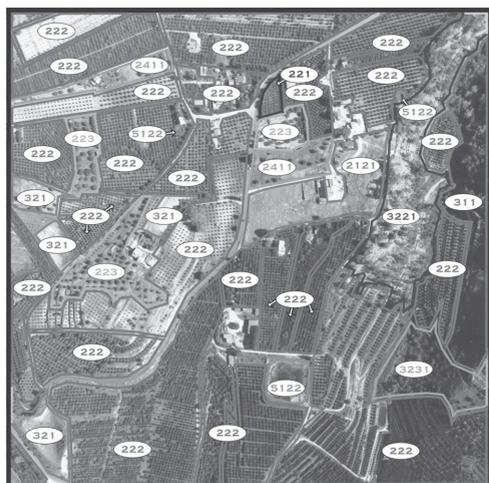
I dati di una specifica area vengono registrati in due apposite schede che possono essere richiamate dal software in qualsiasi momento con un semplice click sull'area stessa.

Vi sono diverse tipologie di schede collegate tra di loro che memorizzano dati diversi; per ogni area le schede predisposte nel presente lavoro sono, di *identificazione della tipologia d'uso del suolo* (Fig. 3) e di *classificazione delle aree omogenee* (Fig. 4).

La scheda di *identificazione della tipologia d'uso del suolo* è divisa in due sezioni.

Nella prima vengono inserite le informazioni generali dell'area in evidenza riguardanti l'ubicazione (Comune, contrada, foglio, particella e superficie), il tipo di terreno (tipo, natura, giacitura, altimetria e prevalente clima della zona) ed il codice di correlazione tra le schede del database.

Nella seconda sezione si trovano le locazioni per la registrazione dei dati *Corine*, cioè le informazioni sul *codice d'uso del suolo* e la *classificazione per ogni singolo livello gerarchico* in cui è suddiviso l'indice *Corine*. Inoltre, viene definita la destinazione generale dell'area (agricola, commerciale, industriale, etc.).



| LEGENDA CODICI INDICE CORINE LANDCOVER | |
|--|---|
| 2121 | SEMINATIVO SEMPLICE E COLTURE ORTIVE IN CAMPO |
| 221 | VIGNETI |
| 222 | FRUTTETI E FRUTTI MINORI |
| 223 | OLIVETI |
| 321 | CESPUGLIETI ED ARBUSTETI |
| 311 | BOSCO MISTO (EUCALITTETI, PIOPPETI) |
| 321 | AREE A PASCOLO NATURALE |
| 3231 | MACCHIA MEDITERRANEA |
| 5122 | BACINI IDRICI ARTIFICIALI |
| 2411 | COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD OLIVO |



| LEGENDA ABBREVIAZIONI CORINE LANDCOVER | |
|--|---|
| CASN | AREE CULTURALI CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI |
| OLV | OLIVETI |
| SMNI | SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI |
| SPC | SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI |
| CTAO | COLTURE ORTICOLE IN PIENO CAMPO |
| ORT | COLTURE ORTICOLE IN PIENO CAMPO |
| VGN | VIGNETI |
| FRT | FRUTTETI E FRUTTI MINORI |
| PSC | AREE A PASCOLO NATURALE |
| OLV | OLIVETI |
| CTAO | COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD OLIVO |

Fig. 1 – Fotointerpretazione di un'area ad indirizzo produttivo agrumicolo

Fig. 2 – Fotointerpretazione di un'area ad indirizzo produttivo cerealicolo

| SCHEDE DI IDENTIFICAZIONE DELLA TIPOLOGIA DELL'USO DEL SUOLO | |
|---|--|
| Informazioni generali | |
| Località: _____ | Contrada: _____ Prov.: _____ |
| Foglio n.°: _____ | Particella n.°: _____ Superficie (ha): _____ |
| Tipo terreno: _____ | Natura terreno: _____ |
| Giacitura: _____ | Piovosità media annua: _____ |
| Codice id. di indicizzazione con il dbms: _____ | Altimetria (s.l.m.): _____ |
| Rilievo tipologico dell'area | |
| Tipologia oggetto: Areale - Lineare - Puntiforme | Edifici correlati: _____ |
| Destinazione P.R.G.: Agricola - Commerciale - Industriale - Artigianale - Servizi - etc. - | |
| INDICE CORINE | Codice Uso del Suolo: _____ |
| | Classificazione liv. 1°: _____ |
| | Classificazione liv. 2°: _____ |
| | Classificazione liv. 3°: _____ |
| | Classificazione liv. 4°: _____ |

Fig. 3 – Scheda di identificazione

| SCHEDA DI CLASSIFICAZIONE DELLE AREE OMOGENEE | | |
|---|---|---|
| Classificazione colture | | |
| CLASSIFICAZIONE LINEARE | Id. Area: <input type="text"/> | Categoria di coltura: <input type="text"/> |
| | Famiglia: <input type="text"/> | Codice specifico: <input type="text"/> |
| | Genere: <input type="text"/> | Specie: <input type="text"/> |
| | Varietà: <input type="text"/> | |
| | Nome volgare: <input type="text"/> | |
| Caratteristiche tecnico-economiche dell'area | | |
| DISPOSIZIONE | Fisionomia: <input type="text"/> | Impalcatura: <input type="text"/> |
| | Tipo di impianto: <input type="text"/> | Sesto di impianto: <input type="text"/> |
| | Età di impianto: <input type="text"/> | Densità per Ha: <input type="text"/> |
| PRODUZIONE | Metodo di produzione: <input type="text"/> | |
| | Produzione media annua (qI): <input type="text"/> | Qualità produttiva: <input type="text"/> |
| | Fonti di approvvigionamento idrico: <input type="text"/> | |
| | Simbologia: <input type="text"/> | |

Fig. 4 – Scheda di classificazione delle aree omogenee

La scheda *classificazione delle aree omogenee* è suddivisa in due parti e definisce la specializzazione di tutte le aree classificate, nella scheda identificativa, nell'ambito agricolo-forestale e naturalistico-ambientale. Nella prima parte, definita *classificazione colture*, è collocata una sola sezione dove vengono memorizzate tutte le informazioni riguardanti la classificazione della coltura individuata (genere, famiglia, specie, varietà, nome comune) e i relativi codici utili per i collegamenti con e tra il database e il SIT.

Nella seconda parte, chiamata *caratteristiche tecnico-economiche*, vi sono due sezioni: *disposizione*, in cui vanno catalogate le caratteristiche dell'impianto (fisionomia, impalcatura, tipo, sesto ed età di impianto), e *produzione*, in cui si definisce, per ogni tipologia di coltura, il metodo, convenzionale, semi o totalmente biologico, la quantità e la qualità, oltre ad un descrittore sulla simbologia adottata.

Queste sono complementari tra di loro e possono essere implementate e collegate ad altre schede o altri *database* (in modo abbastanza semplice visto gli standard adottati) estendendo la specializzazione di questo SIT anche ad altri campi.

Le query

Una volta correlate le immagini vettoriali al database, attraverso gli ID, per poterne sfruttare le varie potenzialità si creano le *query*.

Le *query* di interrogazione, incentrate sulla localizzazione e la visualizzazione di aree agricole a colture omogenee, possono attuare vari tipi di ricerche. Queste vengono eseguite selezionando uno o più criteri, per contesti (ubicazione, terreno, disposizione impianto, produzione, etc.), per tipo ed estensione di coltura, per epoca d'impianto, per classificazione, per irrigabilità dell'area, etc.. Dopo aver selezionato le opzioni di visualizzazione, sarà il SIT stesso a richiamare i *layers* e, se necessario, a sovrapporli per la loro visione.

Il SIT consente sia di effettuare semplici *query* interattive (*point-and-click*), sia di compiere sofisticate analisi legate ai contenuti propri di specifiche discipline territoriali.

Per rispondere a queste domande la tecnologia SIT utilizza un processo di calcolo chiamato *buffering*, il quale consente di stabilire relazioni di prossimità tra gli elementi geografici.

Conclusioni

Le profonde modifiche indotte dalle tecniche agronomiche e gestionali dell'azienda agricola, sviluppatesi negli anni, hanno causato un aumento dell'impatto sull'ambiente e sul suolo.

Per poter tutelare l'ambiente occorre, dunque, monitorarlo, utilizzando un occhio digitale che possa abbracciare simultaneamente le varie interazioni determinate dall'impatto antropico, in modo da gestire e diffondere le informazioni raccolte. A tale scopo e per un'attenta programmazione, oltre la raccolta e la visualizzazione dei dati, occorre avere sempre a disposizione le informazioni per definire le strategie gestionali da compiere; il SIT ha proprio questo obiettivo. Infine, i dati raccolti e georeferenziati, inseriti in un sistema di informazione geografica, possono diventare un archivio sempre modificabile e aggiornabile che tiene conto delle mutevoli esigenze della Pubblica Amministrazione.

Il SIT illustrato si colloca tra gli strumenti che, in un prossimo futuro, potrebbero essere realmente applicati alla nostra realtà regionale; infatti, anche la politica della Comunità Europea opera in tal senso, e già alcune regioni italiane hanno in programma la realizzazione di un SIT specifico.

Bibliografia

Blasi E., Servadio P. (2003), *I GIS e le loro applicazioni nel settore agricolo*, L'Informatore Agrario n°49.

Bonfanti P., Sigura M., Filacorda S. (2001), "L'impiego del GIS per la caratterizzazione del territorio a fini faunistici", Convegno AIIA su l'Ingegneria agraria per lo sviluppo dei paesi del mediterraneo, Vieste (Fg) 11-14 settembre

Colosi L., Frazzica V., Galletti F, Orciani M. (2005), *Analisi GIS integrate multisettoriali nella pianificazione paesaggistica di un'area vasta della Provincia di Ancona*, Mondo GIS n°50.

Cumer A. (2003), *Cartografia dell'uso del suolo: sviluppi del Progetto CORINE Land Cover in Italia*, CartoGraphica n°11.

Fotheringham S., Rogerson P. (1994), *Spatial analysis and GIS*, Taylor & Francis, London.

McHarg J. (1969), *Design with nature*, Doubleday, NY.

Scazzosi L. (2002), *Leggere il paesaggio. Confronti internazionali*, Gangemi Editore, Roma.

Senes G., Toccolini A. (2001), *La valorizzazione delle risorse del territorio rurale. L'applicazione di nuovi strumenti pianificatori al territorio del naviglio martesana*, Atti del convegno AIIA 2001, Vieste (FG), 11-14 settembre.

Steiner F. (1999), *The living landscape*, Mc Graw Hill Editore, USA.

Il contributo degli autori al presente lavoro è da considerarsi paritetico sotto ogni aspetto

APPLICAZIONE DI TECNICHE DI PAN-SHARPENING IHS AD IMMAGINI IKONOS

Claudio PARENTE, Raffaele SANTAMARIA

(*) Dipartimento di Scienze Applicate, Facoltà di Scienze e Tecnologie, Università degli Studi di Napoli "Parthenope",
Centro direzionale di Napoli, Isola C4, 80134 Napoli, tel. 081-5476608,
e-mail claudio.parente@uniparthenope.it, raffaele.santamaria@uniparthenope.it

Riassunto

Le immagini satellitari multispettrali presentano, rispetto alle corrispondenti pancromatiche, una maggiore risoluzione spettrale (ampiezza di ciascuna banda tra 0,1 e 0,01 μm a fronte di 0,3 μm e anche oltre), ma più elevate dimensioni del pixel a terra. La composizione a colori veri RGB, ottenuta dalle bande del rosso, del verde e del blu, è caratterizzata dalla risoluzione spaziale delle immagini multispettrali che risulta essere quindi minore di quella della corrispondente pancromatica. Le tecniche di pan-sharpening consentono di superare tale limite e di ottenere immagini a colori aventi le stesse dimensioni del pixel che sono proprie dell'immagine pancromatica.

In questo lavoro si prendono in esame le tecniche di Pan-Sharpening basate sul modello IHS (Intensity, Hue, Saturation) applicate ad immagini IKONOS. L'attenzione viene posta sul problema fondamentale generato dalla presenza del contributo dell'infrarosso vicino alla definizione del pancromatico, e si adottano soluzioni proposte in letteratura. Si descrivono applicazioni eseguite su immagini IKONOS relative all'isola di Ustica (Sicilia) e se ne analizzano i risultati.

Abstract

Satellite multi-spectral images present, compared with panchromatic ones, better spectral resolution (from 0.01 μm to 0.1 μm rather than 0.3 μm or over), but greater pixel dimensions. True colour composition RGB, derived from red, green and blue wavelength bands, has geometric resolution of multi-spectral images which turns out to be therefore smaller of that of the panchromatic one. Pan-Sharpening techniques concur to go beyond this limit and obtain coloured images that have the same pixel dimensions which characterize panchromatic data.

In this paper Pan-Sharpening techniques based on HIS (Intensity, Hue, Saturation) model are considered in relation to their application to IKONOS images. Attention is focalized on the principal problem which is generated by the contribution of neared infrared to panchromatic images, and solution proposed in literature are adopted. Applications are conducted on IKONOS images concerning Ustica Isle (Sicily) and results are analyzed.

Introduzione

Ikonos, lanciato nel Settembre del 1999, è stato il primo satellite ottico commerciale ad alta risoluzione. Posto su di un'orbita quasi polare ed elio-sincrona a 680 km di altezza, è dotato di 2 sensori: uno pancromatico (PAN) con una risoluzione geometrica al suolo pari a 1 m x 1 m, una elevata larghezza di banda (fino al vicino infrarosso, da 0,45 a 0,90 μm) ed una profondità di colore di 11 bit (2048 toni); l'altro multispettrale (MS) con una risoluzione geometrica al suolo pari a 4 m x 4 m, operatività su 4 bande (blu: 0,45-0,52 μm ; verde: 0,52-0,60 μm ; rosso: 0,63-0,69; infrarosso vicino: 0,76-0,90 μm) e una profondità di colore di 11 bit. La disponibilità di una copertura globale ad elevata risoluzione sia spaziale che temporale (il passaggio sulla stessa scena avviene dopo circa 3 giorni, ma la possibilità di inclinare il sensore permette di dimezzare l'intervallo di tempo tra due

acquisizioni della stessa area) rende particolarmente interessante l'impiego di prodotti IKONOS, anche per fini cartografici.

Per molte applicazioni risulta utile la disponibilità di immagini a colori: la composizione RGB, utilizzando le prime tre delle quattro bande multispettrali, fornisce prodotti con risoluzione 4 m x 4 m. L'impiego di tecniche di Pan-Sharpning consente di ottenere immagini a colori con risoluzione 1 m x 1 m.

Tecniche di Pan-Sharpning IHS

Le tecniche basate sul modello IHS (Intensity, Hue, Saturation) sono tra le più utilizzate per la realizzazione del Pan-Sharpning. Si ricorda che l'Intensità (Intensity, I) rappresenta la brillantezza del colore, la Tinta (Hue, H) esprime la caratteristica del colore determinata dalla sua lunghezza d'onda, la Saturazione (Saturation, S) indica la purezza del colore. Queste tecniche utilizzano la composizione RGB derivata da 3 differenti bande e la traspono nello spazio IHS. Le immagini multispettrali vengono inizialmente ricampionate alla stessa risoluzione spaziale del pancromatico; realizzata la composizione RGB, si effettua il passaggio a IHS mediante le relazioni (Tu et al, 2004):

$$\begin{bmatrix} I \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{\sqrt{2}}{6} & -\frac{\sqrt{2}}{6} & \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{6} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad [1]$$

dove R, G, B, I, v_1 , v_2 , rappresentano, i corrispondenti valori relativi a ciascun pixel nella composizione iniziale RGB. In particolare, v_1 , v_2 sono grandezze che definiscono H e S.

Successivamente si sostituisce la componente Intensity con la pancromatica. Quest'ultima e le altre due componenti vengono trasferite dallo spazio IHS a quello RGB mediante le relazioni:

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 1 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Pan \\ v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad [2]$$

dove R', G', B', v_1 , v_2 rappresentano i corrispondenti valori relativi a ciascun pixel nella composizione finale R'G'B'.

Si ottiene in definitiva un'immagine a colori con la risoluzione spaziale della pancromatica e il dettaglio radiometrico delle multispettrali.

Si dimostra facilmente che (Tu et al, 2001):

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R + \delta \\ G + \delta \\ B + \delta \end{bmatrix} \quad [3]$$

dove risulta:

$$\delta = Pan - I = Pan - \frac{R + G + B}{3} \quad [4]$$

Problema per l'applicazione alle immagini IKONOS

La figura 1 (Kalpoma e Kudoh, 2007) evidenzia le risposte spettrali dei sensori IKONOS relativi al pancromatico e al multispettrale: per la banda del blu non c'è sovrapposizione con quanto avviene per il pancromatico e per quest'ultimo c'è un'estensione oltre ciò che caratterizza la specifica banda dell'infrarosso vicino.

Dalla mancanza di una perfetta sovrapposizione, si generano distorsioni cromatiche nell'applicazione IHS. D'altro canto, la vegetazione, come è noto, presenta picchi di riflettanza nell'infrarosso vicino e quindi nel pancromatico, e valori minimi nella composizione RGB. Di conseguenza, se non si considera il contributo della banda dell'infrarosso nella definizione dell'Intensità, la relativa immagine presenterà bassi valori di radianza in corrispondenza della vegetazione.

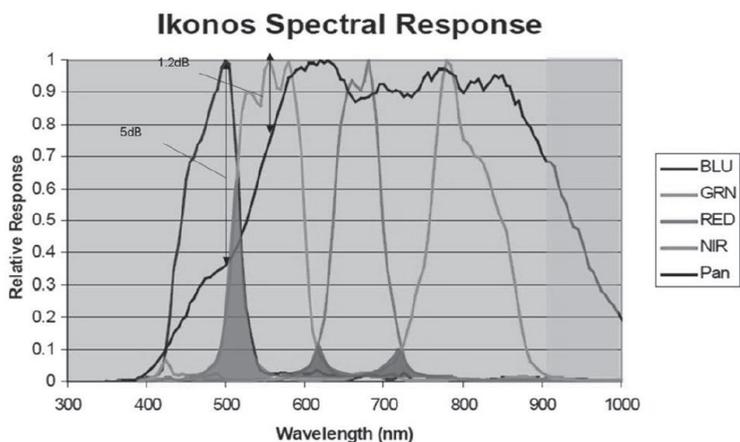


Figura 1 – Risposte spettrali dei sensori IKONOS per il pancromatico e il multispettrale (fonte: Kalpoma e Kudoh, 2007)

Per eliminare le distorsioni cromatiche che si originerebbero applicando le relazioni di cui al paragrafo precedente, occorre anzitutto abbassare il valore di δ , portandolo a $\delta' < \delta$, così da includere il contributo della banda dell'infrarosso (NIR) nella definizione di I.

Il valore di δ' può essere determinato come:

$$\delta' = Pan - I' = Pan - \frac{R + G + B + NIR}{4} \quad [5]$$

Alcuni autori (*Tu et al, 2004*), in relazione alle risposte spettrali e quindi a quanto evidenziato dalla figura 1, propongono la modifica del valore di δ' , introducendo un nuovo valore δ'' fornito da:

$$\delta'' = Pan - I'' = Pan - \frac{(R + a \cdot G + b \cdot B + NIR)}{3} \quad [6]$$

Gli stessi autori, considerando che a e b non possono essere definiti per via teorica, ma empirica, forniscono, in base a quanto ricavato per 92 immagini IKONOS, i seguenti valori:

$$\begin{aligned} a &= 0,75 \\ b &= 0,25 \end{aligned} \quad [7]$$

Applicazione ad immagini IKONOS dell'isola di Ustica

Si considerano una immagine pancromatica IKONOS e le corrispondenti multispettrali riguardanti Ustica (Sicilia), acquisite il 22 novembre 2001. In relazione al sistema di riferimento UTM-WGS84, la scena in esame si estende tra le coordinate Est $E_1 = 337.049$ m, $E_2 = 345.569$ m e le coordinate Nord $N_1 = 4.281.518$ m, $N_2 = 4.289.178$ m. La pancromatica è costituita da 7.660 x 8.520 pixels; le multispettrali, ovviamente, da 1.920 x 2.130 pixels.

Si sceglie come ambiente di lavoro il software PCI Geomatica 10.1, utilizzando principalmente le funzioni di ri-proiezione, di Map Algebra (Raster Calculator) e di composizione RGB, tutte contenute nel modulo Focus.

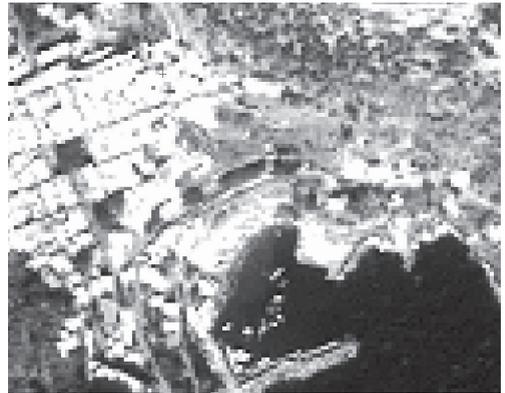
Si esegue anzitutto il ricampionamento dei file relativi alle bande del blu, del verde, del rosso e dell'infrarosso, riportando gli stessi dalla risoluzione geometrica 4 m x 4 m a quella 1 m x 1 m. Si applica inizialmente il metodo IHS utilizzando la [3], ovvero senza tener in alcun conto la specificità delle immagini IKONOS (4 bande multispettrali in corrispondenza dell'intervallo di lunghezze d'onda relativo al pancromatico). Il risultato ottenuto è evidenziato in figura 2 (d): sono evidenti soprattutto le imprecisioni di colore per la vegetazione che appare tendente all'azzurro.

Al fine di limitare le distorsioni cromatiche, in accordo con le indicazioni in letteratura (*Tu et al, 2001*), ai valori di δ sono stati sostituiti dapprima quelli di δ' espressi dalla [5], ottenendo il risultato evidenziato in figura 2 (e), e successivamente quelli di δ'' in base alla [6] e alla [7], ottenendo quanto mostrata nella figura 2 (f).

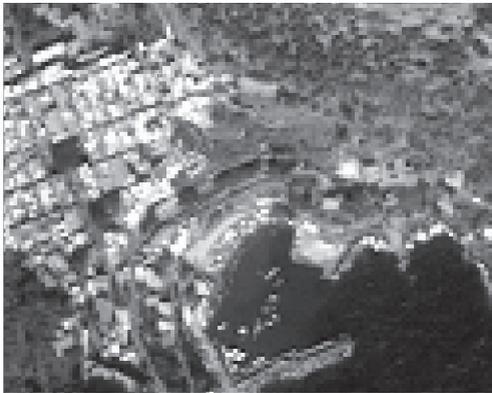
Oltre che dalla stessa visualizzazione, la bontà del risultato può essere determinata anche per via analitica, ad esempio mediante l'impiego di coefficienti di correlazione calcolati tra ciascun canale della composizione RGB di volta in volta ottenuta e le corrispondenti bande multispettrali di partenza. Si riportano nella tabella in figura 3 i valori assunti da tali coefficienti nel caso in esame.



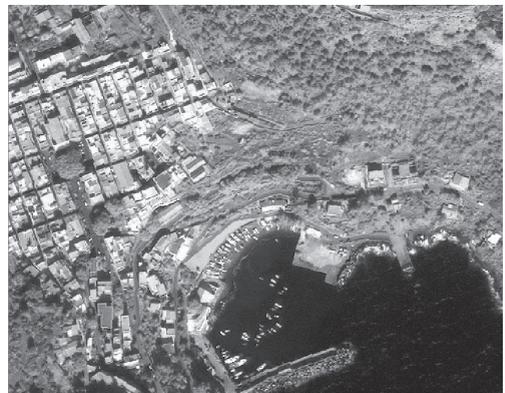
(a)



(b)



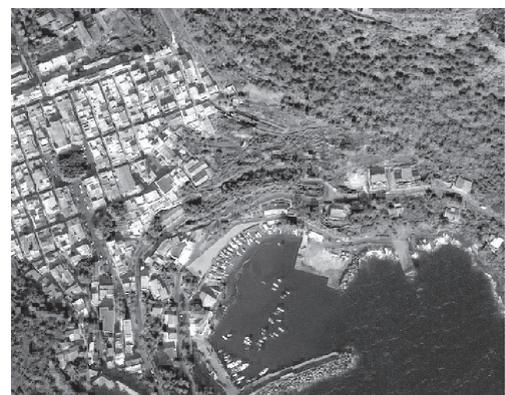
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 2 - Confronto tra le immagini: panchromatica (a), multispettrale nella banda del rosso (b), RGB 4 m x 4 m (c), RGB ottenuta con tecniche di Pan-Sharpener IHS con il valore δ (d), RGB ottenuta con il valore δ' (e), RGB ottenuta con il valore δ'' (f)

| | [4] | [5] | [6] |
|---|--------|--------|--------|
| R | 0,6111 | 0,7700 | 0,8610 |
| G | 0,6488 | 0,8128 | 0,9060 |
| B | 0,6446 | 0,8259 | 0,9378 |

Figura 3 – Coefficienti di correlazione nei tre casi determinati dall'applicazione dei valori δ , δ' e δ'' espressi, rispettivamente, dalle formule [4], [5] e [6]

Conclusioni

Le tecniche di Pan-Sharpening basate sul modello IHS risultano essere di facile applicazione anche per le immagini IKONOS. Infatti, la specificità di tali dati satellitari obbliga alla ricerca di soluzioni ad hoc che però trovano facile implementazione con semplici funzioni di Map Algebra, facilmente applicabili praticamente tramite qualsiasi software per l'elaborazione di dati telerilevati e/o di tipo GIS.

Le distorsioni cromatiche, come ad esempio quelle che interessano la vegetazione, vengono notevolmente ridotte e i risultati risultano soddisfacenti, come rilevabile sia in maniera visiva che tramite l'impiego di coefficienti di riferimento, come quelli di correlazione adoperati nella applicazione trattata.

Bibliografia

- B. Aiazzi, L. Alparone, S. Baronti, A. Garzelli (2003), "Context-driven fusion of high spatial and spectral resolution images based on oversampled multiresolution analysis", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 40, pp. 2300–2312, October 2003
- M. Choi (2006), "A new intensity–hue–saturation fusion approach to image fusion with a tradeoff parameter," *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 44, no. 6, pp. 1672–1682, Jun. 2006
- K. A. Kalpoma, J. Kudoch (2007), "Image Fusion Processing for IKONOS 1-m Color Imagery", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 45, No 10, pp. 3075-3085, October 2007
- Z. Teague (2001), "IKONOS pan-sharpened products evaluation," *Proceedings High Spatial Resolution Commercial Imagery Workshop*, 20 March 2001, Available: http://ldcm.gsfc.nasa.gov/library/HSRCIW01/PanSharp_ProductsEval_Teague.pdf
- T. M. Tu, P. Huang, C.L. Hung, C. P. Chang (2004). "A Fast Intensity–Hue–Saturation Fusion Technique With Spectral Adjustment for IKONOS Imagery", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol. I, No 4, pp. 309-312, October 2004
- T. M. Tu, S. C. Su, H. C. Shyu, P. S. Huang (2001), "Anewlook at IHS-like image fusion methods", *Inform. Fusion*, Vol. 2, pp. 177–186, 2001

SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI SU *WEB*: INTEGRAZIONE DI GEONETWORK CON LA *SPATIAL DATA* INFRASTRUCTURE DEL WORLD FOOD PROGRAMME

Paolo PASQUALI

ITHACA, via P.C. Boggio 61, 10138 Torino, Italy. Tel. +39-011-19751872, fax +39-011-19751122,
e-mail: paolo.pasquali@ithaca.polito.it

Riassunto

La *Spatial Data Infrastructure* (SDI) delle Nazioni Unite è un progetto nato per iniziativa dello *United Nations Geographic Information Working Group* (UNGIWG) con lo scopo di promuovere l'uso efficiente dell'informazione geografica definendo norme e meccanismi per la realizzazione, condivisione e mantenimento di mappe fra le varie agenzie.

ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance Cooperation and Action*) collabora con il *World Food Programme* (WFP), la più grande agenzia umanitaria della Nazioni Unite, alla realizzazione di questo progetto. Inoltre ITHACA fornisce cartografia di analisi ricavata da immagini satellitari sulle zone colpite da disastri naturali.

GeoNetwork è lo strumento *open source* di catalogazione che consente di usufruire di dati spaziali in maniera efficiente e flessibile. Componente fondamentale di GeoNetwork è GeoServer. Mentre il primo cataloga collezioni di dati geografici, il secondo li immagazzina per la consultazione.

Il presente progetto riguarda l'integrazione dei dati della SDI in GeoNetwork. Lo scopo è quello di permettere al WFP di avere rapidamente informazioni sulle aree in questione e sul numero della popolazione coinvolta per poter organizzare un efficace intervento umanitario.

Abstract

The United Nations Spatial Data Infrastructure (SDI) is a project set up by the United Nations Geographic Information Working Group (UNGIWG) with the aim to improve the efficient use of geographic information for better decision-making. The UNGIWG defines standards and guidelines for maps creation, sharing and maintaining among the UN agencies.

ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance Cooperation and Action*) supports the World Food Programme (WFP), the largest humanitarian United Nations agency, to achieve the project goals. Furthermore ITHACA produces thematic maps derived from satellite imagery analysis about areas affected by natural disasters.

GeoNetwork is an open source software that improves the accessibility of a wide variety of data, together with the associated information, at different scale and from multidisciplinary sources, organized and documented in a standard and consistent way.

This project is about the integration between the SDI and GeoNetwork in order to share with the WFP and other UN agencies quick, reliable and up to date cartographic products as a basis for action and better plan.

1. La SDI del World Food Programme

Lo *United Nations Geographic Information Working Group* (UNGIWG), formato nel 2000, è composto da professionisti che operano nel campo della cartografia e dei sistemi informativi territoriali. Lo scopo del gruppo è quello di definire specifiche e linee guida relative all'utilizzo di informazioni a carattere geografico da parte delle agenzie delle Nazioni Unite e degli Stati Membri. Il concetto di sviluppare una *Spatial Data Infrastructure* (SDI) delle Nazioni Unite è stato approvato dal UNGIWG nell'ottobre 2005, ed è considerato essenziale per far interagire le agenzie facilitando lo scambio e l'interoperabilità dei dati spaziali.

Il *World Food Programme* (WFP) è la più grande agenzia delle Nazioni Unite. Si occupa di distribuire generi alimentari alle popolazioni colpite da calamità e di supportarne lo sviluppo economico e sociale. Le aree di competenza del WFP sono quelle dell'Africa sub-sahariana, del Medio Oriente, dell'America Latina, dell'Asia e del Pacifico.

Alla realizzazione della SDI del World Food Programme collabora da oltre un anno ITHACA che si è occupata di censire le fonti dati disponibili, definendo specifiche e criteri per la riorganizzazione basati sulle esigenze espresse dalle varie unità operative del WFP. I dati raccolti sono informazioni geografiche omogenee e consistenti a scala globale, libere da diritti per scopi non commerciali.

Sono state quindi definite delle regole e procedure per la gestione, l'accesso e la documentazione dei dati. Da questa analisi si è arrivati a definire un'architettura di sistema composta da due ambienti distinti:

- 1) di produzione, avente Oracle 10g come *database management system* (dbms) e ArcSDE come Gateway;
- 2) di pubblicazione, completamente *open source*, avente come database *read only* PostgreSQL 8.2 e come server di pubblicazione http GeoServer 1.6.4.

Il database di pubblicazione viene allineato periodicamente tramite procedure a quello di produzione. La grande quantità di dati da trattare e le complesse procedure di aggiornamento di dati eterogenei come quelli della SDI hanno dettato la scelta di escludere un ambiente *open source* per la produzione in quanto considerato non ancora sufficientemente maturo in favore di un ambiente commerciale consolidato. La soluzione adottata consente di avere elevate prestazioni in entrambi gli ambienti, essendo produzione e pubblicazioni caratterizzati da esigenze e carichi di lavoro sostanzialmente diversi.

2. Caratteristiche di GeoNetwork

GeoNetwork è un'applicazione *open source* di catalogazione di risorse georeferite. È un *framework* di metadati, utenti e strumenti che sono interattivamente connessi (come nodi) per poter usufruire di dati spaziali in maniera efficiente e flessibile. Si basa sul principio di decentralizzazione del dato, che viene gestito dal suo creatore e condiviso con gli altri utenti tramite la rete internet. L'obiettivo principale del progetto è quello di accrescere la collaborazione, ridurre la duplicazione del dato, aumentare la consistenza e qualità dell'informazione e infine migliorare l'accessibilità a una grande varietà di dati geografici. Utilizzando il protocollo standard *client-server* Z39.50 per la ricerca e l'estrazione di dati da *database* distribuiti, GeoNetwork è sia in grado di accedere ad altri cataloghi remoti che rendere disponibili i propri dati ad altri servizi di catalogazione.

La prima versione di GeoNetwork è stata rilasciata nel 2003 per iniziativa di FAO (*Food and Agriculture Organization*) e WFP, a cui si è aggiunto nello sviluppo UNEP (*United Nations Environment Programme*) l'anno successivo, con lo scopo di condividere in maniera effettiva i propri *geodatabase* e le proprie risorse geografiche quali immagini satellitari, mappe e relativi dati statistici. L'applicazione è stata realizzata come *Free and Open Source Software* (FOSS) per consentire alla comunità di utenti di beneficiare dei risultati ottenuti e di contribuire allo sviluppo. GeoNetwork si basa sugli *Open Standards* per servizi e protocolli come l'ISO/TC 211 e le specifiche dell'*Open Geospatial Consortium* (OGC). L'architettura di GeoNetwork aderisce in massima parte al *Geospatial Portal Reference Architecture*, cioè alle linee guida definite dall'OGC



Figura 1 – Ricerca di metadati in GeoNetwork

per la l'implementazione di un portale geospaziale aderente agli standard. Il software viene rilasciato con licenza *GNU General Public License* (GPL) ed è disponibile come progetto *open source* sul sito SourceForge.net (<http://sourceforge.net/projects/geonetwork>).

La funzionalità di ricerca distribuita è stata migliorata nelle varie versioni, consentendo di trovare rapidamente dati aggiornati evitando duplicati. Nel supportare un'emergenza, un fattore chiave è infatti la velocità con cui si reperiscono le informazioni. L'utilizzo di immagini satellitari per valutare l'entità dell'emergenza e quindi ricavare una cartografia di analisi è di supporto alla definizione di una strategia di intervento. Occorre quindi poter condividere rapidamente le informazioni ricavate con le altre agenzie e gli uffici dislocati nelle varie parti del mondo.

Al progetto hanno aderito altre agenzie delle UN ed enti tra cui la *UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs* (UNOCHA), la *World Health Organization* (WHO), il *Consultative Group on International Agricultural Research* (CGIAR), il *Bureau de recherches géologiques et minières* (BRGM), l'Agenzia Spaziale Europea (ESA), il *Federal Geographic Data Committee* (FGDC) il *Global Change Information and Research Centre* (GCIRC) of China. GeoNetwork può considerarsi ormai uno standard de facto delle Nazioni Unite.

3. Installazione e configurazione di GeoNetwork

L'installazione di GeoNetwork avviene su una piattaforma web già esistente. I server di ITHACA sono basati sulla LAMP, cioè avente GNU/Linux come sistema operativo, Apache come *Web server*, MySQL come *database* e PHP e Python come linguaggi di *scripting*. Ad Apache è stato affiancato Tomcat per consentire il funzionamento di GeoServer (*server open source* Java per la visualizzazione e l'*editing* di dati spaziali). Per far coesistere i due server, Apache è stato configurato in modo tale da fare da *proxy* verso le *webapp* Java.

La versione 2.2.0 di GeoNetwork consente diversi tipi di installazione sia per sistemi operativi Windows che Linux e Mac OS X. Essendo un applicativo Java si è potuto configurare Tomcat perché caricasse GeoNetwork come una propria *webapp*.

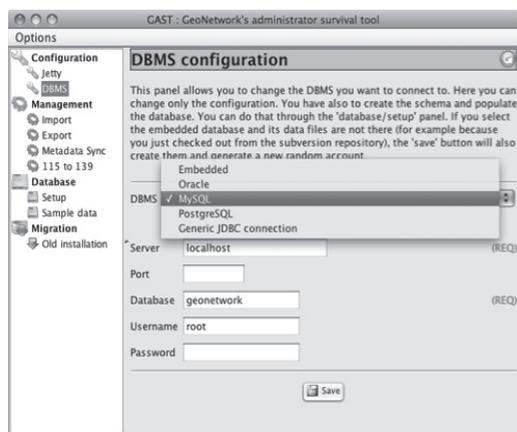


Figura 2 – Finestra di configurazione del DBMS in GAST

Per il *dababase* si è configurato GeoNetwork con i parametri di connessione al MySQL residente.

L'operazione di cambio di *servlet* e di *database* è possibile tramite l'interfaccia grafica chiamata *Geonetwork Administrator Survival Tool* (GAST), uno dei componenti anch'esso Java che vengono installati da GeoNetwork. Una volta connesso l'installazione procederà in automatico alla creazione delle tabelle necessarie al funzionamento dell'applicazione. Tra le opzioni offerte, è anche possibile installare GeoNetwork come applicazione *stand alone*, includendo come *web server* Jetty e come *dbms* McKoi, entrambi prodotti *open source* Java.

Gli altri componenti fondamentali di GeoNetwork sono GeoServer e Intermap.

GeoServer è un *server open source* per la visualizzazione e l'*editing* di dati spaziali. All'interno di GeoNetwork viene usato per la consultazione dei *layers* della SDI. Ciò è possibile in quanto GeoServer supporta i protocolli WFS (*Web Feature Service*) e WMS (*Web Map Service*) dell'OGC per produrre JPEG, PNG, SVG, KML/KMZ, GML, PDF e Shapefiles.

Intermap, anch'esso *open source* integrabile in GeoNetwork, è un visore di mappe per internet che permette agli utenti attraverso il *browser* di combinare interattivamente *layers* di *map server* remoti. Supporta lo standard WMS.

4. Caricamento dei dati spaziali

Il primo passo per la condivisione del dato spaziale (di qualunque formato sia) avviene creando in GeoNetwork il metadato che lo descrive. I profili dei metadati usati sono basati su standard internazionali quali l'ISO 19115:2003, il FGDC (lo standard adottato dal *Federal Geographic Data Committee* degli Stati Uniti) e il *Dublin Core*.

Le informazioni che l'autore deve fornire riguardano l'identificazione del dato (titolo, data di creazione o pubblicazione, edizione, abstract ecc.), la sua reperibilità via web (come scaricarlo o visualizzarlo tramite un *map service*), il sistema di riferimento (proiezione, datum, ellissoide), la qualità (informazioni generali su come è stato prodotto il dato) e informazioni sul metadato stesso (la lingua, il *character set* e le informazioni sull'autore). Il sistema quindi genererà un *Global Unique Identifier* o GUID, un identificativo univoco a livello globale del metadato.

Figura 3 - Particolare dell'interfaccia web di compilazione del metadato.

All'interfaccia web di caricamento corrisponde un file XML del metadato che viene compilato e permetterà al motore di ricerca di GeoNetwork di reperire ogni informazione inserita. Una caratteristica importante di GeoNetwork è la possibilità di assegnare dei privilegi di accesso alla mappa inserita. Definendo dei *work groups* si potrà selezionare quindi se una mappa per esempio potrà essere visibile a tutti gli utenti di internet piuttosto che solo per uso interno (via intranet).

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <StyledLayerDescriptor version="1.0.0"
3   xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/ald/StyledLayerDescriptor.sld
4     xmlns="http://www.opengis.net/ald" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
5     xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
6     xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
7   <NamedLayer>
8     <name>LineSymbolizer</name>
9     <UserStyle>
10      <FeatureTypeStyle>
11        <FeatureTypeName>Railways</FeatureTypeName>
12        <Rule>
13          <LineSymbolizer>
14            <Stroke>
15              <CssParameter name="stroke">
16                <ogc:Literal>#000000</ogc:Literal>
17              </CssParameter>
18              <CssParameter name="stroke-width">
19                <ogc:Literal>1</ogc:Literal>
20              </CssParameter>
21            </Stroke>
22          </LineSymbolizer>
23        </Rule>
24      </FeatureTypeStyle>
25    </UserStyle>
26  </NamedLayer>
    
```

Figura 4 – Esempio di XML usato da GeoServer per simbolizzare i layers

Una volta inserito il metadato e la risorsa in GeoNetwork è possibile pubblicarlo in GeoServer. Nell'architettura di ITHACA i *layer* cartografici della SDI sono disponibili in sola lettura in PostgreSQL. Attraverso l'interfaccia web di configurazione di GeoServer si inseriscono i parametri

di connessione al *database* del *Feature Data Set*. Quindi si definisce lo stile del *layer* tramite un file XML. La simbolizzazione avviene tramite regole (*Rules*) a cui sono associate le istruzioni di *rendering*. Essenzialmente si possono applicare filtri alle *feature* e *range* di scale di visualizzazione a cui la regola deve essere applicata. A seconda del tipo di oggetto (linea, poligono, punto, testo, raster), sempre all'interno della regola, viene poi applicato il simbolizzatore (*Symbolizer*) che definisce come deve essere rappresentato l'oggetto.

Una volta associato lo stile così composto al *layer* si può verificarne il risultato in anteprima in GeoServer (*Map Preview*).

Il *layer* cartografico sarà quindi immediatamente disponibile all'interno di GeoNetwork. L'utente potrà con il *map viewer* aggiungere *layers* dal server locale e da server remoti con la possibilità di combinarli fra loro.

5. Harvesting e aggiunta di nodi

GeoNetwork sfrutta le potenzialità della rete internet per condividere i metadati con gli altri nodi. Questa operazione consiste di un processo periodico di raccolta di metadati remoti (*harvesting*) che vengono archiviati localmente per avere un accesso più rapido. Un normale processo di ricerca distribuita non risulterebbe efficace in paesi dove la connessione internet non sia adeguatamente veloce, per esempio in Africa dove GeoNetwork viene normalmente utilizzato. Inoltre l'*harvesting* non si limita a fare un import dei metadati degli altri nodi, ma li mantiene allineati verificandone le differenze.

Le fonti da cui GeoNetwork può raccogliere metadati sono, oltre ad altri nodi di versione 2.0 o superiore, anche i server web DAV, CSW e AOI-PMH.

La funzionalità di *harvesting* così descritta è un meccanismo di raccolta dati che rispetta sia i diritti di accesso dati che la protezione della loro proprietà.

Per includere nella ricerca server remoti occorre impostare i relativi parametri di connessione (indirizzo, porta, eventuale utenza e password). È anche possibile definire dei criteri di ricerca per raffinare l'operazione di *harvesting* (per esempio per parola chiave e per tipo di dato).

Riferimenti bibliografici

GeoNetwork Opensource. *The Complete Manual*, <http://geonetwork-opensource.org/documentation>

Lalonde W. (2002), *Styled Layer Descriptor Implementation Specification*, <http://www.opengeospatial.org/standards/sld>

Müller M. (2006), *Symbology Encoding Implementation Specification*, <http://www.opengeospatial.org/standards/symbol>

UNGIWG (2007), *“UNSDI COMPENDIUM. A UNSDI Vision, Implementation Strategy and Reference Architecture”*, http://www.ungiwg.org/docs/unsdi/UNSDI_Compendium_13_02_2007.pdf

UNGIWG (2007), *“STRATEGY for developing and implementing a United Nations Spatial Data Infrastructure in support of Humanitarian Response, Economic Development, Environmental Protection, Peace and Safety”*, http://www.ungiwg.org/docs/unsdi/UNSDI_Strategy_Implementation_Paper.pdf

UN METODO PER VALUTARE L'ACCURATEZZA DI ENTITÀ LINEARI APPLICATO AL PERIMETRO DI AREE PERCORSE DA INCENDIO

Elisabetta PECCOL (*), Maurizio BUTTAZZONI (**)

Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Università degli Studi di Udine,
Via delle Scienze n. 208, 33100 Udine, peccol@uniud.it
Servizio gestione forestale e antincendio boschivo, Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali,
Regione Autonoma Friuli Venezia-Giulia, Via Sabbadini, 31, 33100 Udine,
maurizio.buttazzoni@regione.fvg.it

Abstract

Nella regione Friuli Venezia-Giulia, i perimetri di aree percorse dal fuoco sono rilevati a terra con strumentazione GPS, dal personale della Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali della Regione. Un metodo finalizzato alla valutazione dell'accuratezza posizionale di entità lineari è stato applicato ai rilievi di perimetri di quattro aree test percorse da incendio. Il metodo stima la percentuale della lunghezza totale del rilievo da testare che ricade all'interno di un buffer creato intorno al rilievo di controllo, più accurato e assunto come esatto.

In the Friuli Venezia-Giulia region, the margins of burnt forest areas are surveyed with GPS by the personnel of the Central Direction of agricultural, natural and forestry resources of the Regional Authority. A method to assess the positional accuracy of linear features, is applied here to the surveys of the margins of four burnt areas used as test sites. The method estimates the percentage of the total length of the tested survey that falls within a buffer created around the reference survey, which is more accurate.

Introduzione

La perimetrazione delle superfici a bosco percorse dal fuoco è prevista dalla legge quadro in materia di incendi boschivi L.353/2000. In questo contesto è necessario definire procedure per il rilievo delle superfici percorse dal fuoco, produrre linee guida rivolte agli addetti ai rilievi e un archivio informatizzato degli stessi. In alcuni casi, come in Regione Lombardia e in Provincia di Arezzo, sono state prodotte linee guida per la perimetrazione delle superfici percorse da incendio (AA.VV., 2005; AA.VV., 2006) al fine di garantire l'applicazione di metodologie operative e procedure corrette e standardizzate per il rilevamento degli incendi, in ottemperanza a quanto previsto dalla normativa nazionale.

Nella regione Friuli Venezia Giulia la direzione delle operazioni di spegnimento, il rilievo dei danni e del perimetro degli incendi, il trattamento e la formazione dei dati statistici e l'attività di indagine e repressione dei reati è affidata al Corpo Forestale Regionale, struttura che fa parte della Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali. Per quanto riguarda l'entità degli incendi, la situazione è relativamente buona rispetto alla condizione italiana, sia per quanto riguarda il numero degli incendi, sia per l'estensione media per incendio (tabella 1).

Se si considera il numero di incendi per classe di estensione in Friuli Venezia Giulia nel periodo 1998 – 2008 (grafico 1), 1010 incendi ovvero il 74%, ha una dimensione inferiore all'ettaro e il 91,5 % un'estensione minore di 5 ha.

Data l'alta percentuale di incendi di ridotte dimensioni, la Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali, utilizza per il rilievo delle superfici percorse dal fuoco prevalentemente tecniche di rilievo a terra, basate su strumentazione GPS. Gli strumenti normativi regionali esistenti in materia di incendi boschivi sono anteriori alla legge quadro nazionale e la Regione sta già

presentato un nuovo disegno di legge N. 248 "Norme regionali di antincendio boschivo" e sta mettendo a punto le prime sperimentazioni finalizzate a definire i criteri per il rilievo di aree percorse dal fuoco con lo scopo di redigere linee guida in materia.

| Anno | N. incendi Media regionale | N. incendi Friuli VG | Sup. bruciata tot. (ha) Media regionale | Sup. bruciata totale (ha) Friuli VG | Sup. media incendio (ha) Italia | Sup. media incendio (ha) Friuli VG |
|------|----------------------------|----------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1994 | 579 | 175 | 6817 | 489 | 11,8 | 2,8 |
| 1995 | 369 | 186 | 2444 | 1339 | 6,6 | 7,2 |
| 1996 | 455 | 172 | 2899 | 554 | 6,4 | 3,2 |
| 1997 | 581 | 223 | 5562 | 4039 | 9,6 | 18,1 |
| 1998 | 477 | 261 | 7778 | 900 | 16,3 | 3,4 |
| 1999 | 347 | 130 | 3556 | 571 | 10,3 | 4,4 |
| 2000 | 430 | 128 | 5732 | 210 | 13,3 | 1,6 |
| 2001 | 357 | 105 | 3821 | 542 | 10,7 | 5,2 |
| 2002 | 230 | 134 | 2040 | 761 | 8,9 | 5,8 |
| 2003 | 485 | 272 | 4554 | 2041 | 9,5 | 7,5 |
| 2004 | 321 | 35 | 3009 | 30 | 9,4 | 0,8 |
| 2005 | 398 | 74 | 2379 | 65 | 6,0 | 0,9 |
| 2006 | 282 | 123 | 1.997 | 459 | 7,1 | 3,7 |
| 2007 | 532 | 92 | 11.386 | 164 | 21,4 | 1,8 |

Tabella 1- Incendi boschivi: confronto fra Italia e Friuli Venezia Giulia (fonte RAFVG)

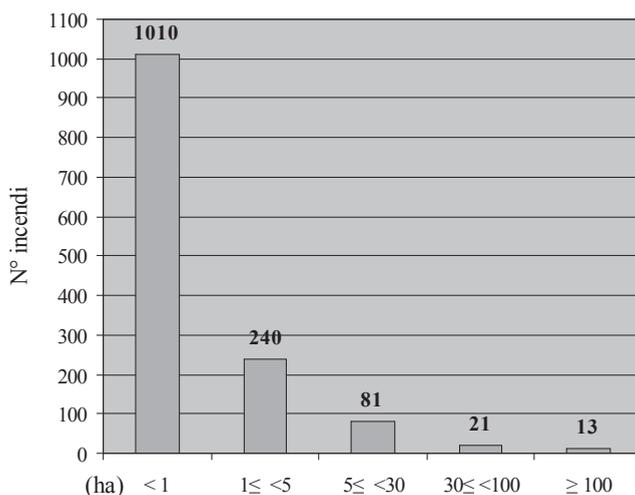


Grafico 1- N° di incendi per classe di estensione in Friuli V.G. dal 1998 al 2008 (fonte RAFVG)

La valutazione dell'accuratezza posizionale dei perimetri di aree percorse da incendio

Attualmente, i rilievi dei perimetri di aree percorse da incendio sono effettuati dal personale delle Stazioni Forestali, in assenza di linee guida comuni redatte secondo la più recente normativa. I rilievi sono effettuati con GPS Leica GS20, utilizzando tecniche di rilievo differenziale, agevolate dalla presenza di una rete regionale di stazioni fisse GPS costituita da 10 stazioni permanenti, che consente lo scaricamento gratuito di file Rinx per correzione differenziale post-processing e un servizio di posizionamento in tempo reale distribuito via Internet con protocollo Ntrip, previo accreditamento. Il ricevitore GPS, oltre a poter essere accoppiato con antenna esterna groundplane AT501, consente la scelta tra varie impostazioni usate in funzione delle condizioni di ricezione sul

posto, con l'obiettivo di ottenere un dato avente accuratezza analoga alla cartografia di riferimento, identificabile nella carta tecnica regionale 1:5.000.

I rilievi vengono effettuati in modalità cinematica per tracciamento del limite più interno del bordo dell'incendio con le seguenti impostazioni dello strumento:

- rilievo 3D (minimo 4 satelliti spazialmente ben distribuiti);
- PDOP mask ≤ 6 ;
- rapporto segnale rumore medio;
- tecnica pseudorange : basata sull'uso dei codici delle onde radio satellitari e non della loro fase;
- impiego di antenna esterna AT501 (ormai in dotazione a quasi tutte le Stazioni forestali).

In tale contesto, il Servizio gestione forestale e antincendio boschivo della Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali ha voluto valutare l'accuratezza posizionale dei rilievi (*rilievi standard*) effettuati dal personale delle Stazioni in quattro aree di prova colpite da incendi le cui caratteristiche sono riportate in tabella 2.

| Località | Data evento | Data rilievo | Sup. (ha) | Copertura | Quota media | Pendenza |
|-------------------------------|-------------|--------------|-----------|---|-------------|-----------------------------------|
| Pieris (GO) | 24/06/2007 | 25/07/2007 | 1,76 | giovane arboreto | 8 m | pianeggiante |
| Savogna d'Isonzo (GO) | 10/08/2007 | 22/08/2007 | 0,42 | 40 % coltivi 60% arbusti e alberi | 40 m | pianeggiante |
| Amula-Avasinis-Trasaghis (UD) | 28/07/2007 | 13/08/2007 | 0,24 | prato arborato con 40 % conifere pino nero | 1050 m | misto pianeggiante e pendenza 50% |
| Pontebba(UD) | 20/09/2007 | 03/10/2007 | 0,22 | 50% bosco misto 50% incolto | 670 m | pendenza dal 50 % al 100% |

Tabella 2 - caratteristiche delle aree incendiate rilevate

La valutazione dell'accuratezza è stata basata sul confronto con rilievi (*rilievi di controllo*) effettuati indipendentemente dal Servizio gestione forestale e antincendio boschivo della Direzione regionale con GPS Leica GS20. Per questi si sono adottate le stesse impostazioni dei GPS utilizzate dalle Stazioni, ma è stata scelta la modalità cinematica per punti, ognuno dei quali è stato misurato alcune decine di volte (da 10 a 30 posizioni per ogni punto a seconda della qualità della ricezione del valore di PDOP) e poi unito a due a due a ricomporre la poligonale. Tale rilievo, a parità di condizioni, è più accurato del rilievo cinematico per tracciamento ed è anche più agevole, in quanto non vincola alla percorrenza di tutto il perimetro e può quindi rivelarsi utile in zone accidentate o impervie. Il post-processamento dei dati ha previsto lo scaricamento su PC e l'utilizzo del programma GIS Data Pro per effettuare la correzione differenziale. Quest'ultima si è basata sui file Rinex della medesima sessione oraria di ogni rilievo, originati dalla stazione permanente della rete GPS della Regione Friuli Venezia Giulia più vicina al luogo dell'incendio. Dall'esame dei dati di post-processing si può affermare che la precisione del rilievo cinematico per punti con ricevitori monofrequenza in modalità DGPS raggiunge una precisione nell'ordine del metro, submetrica se dotati della precitata antenna esterna AT501.

I rilievi di controllo della Direzione centrale si sono basati su criteri per la determinazione del margine d'incendio fissati indipendentemente rispetto a quelli usati dalle Stazioni forestali, come:

- rilevare i punti in prossimità del confine tra area bruciata e area non bruciata;
- rilevare isole di vegetazione non bruciata all'interno o bruciata all'esterno del perimetro dell'incendio solamente se superano i 100 m² sottraendo la superficie delle prime o sommando quella delle seconde;
- lingue di incendio o introflessioni della vegetazione non bruciata si misurano solo se maggiori di 50 m² o se di forma molto allungata con un rapporto inferiore a 1/10 tra dimensione minore e dimensione maggiore;

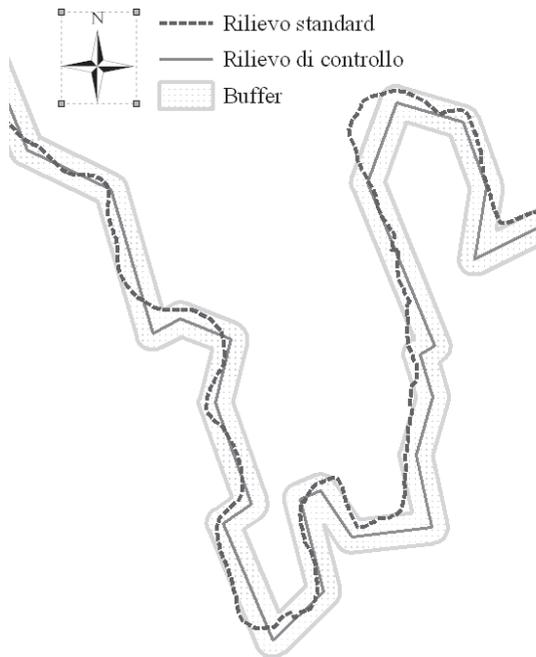


Figura 1 - Un buffer intorno al rilievo di controllo è intersecato con la linea del rilievo standard da verificare per calcolare la percentuale di questo compreso all'interno del poligono del buffer.

- la retta che congiunge idealmente un punto al successivo non deve distare più di 3 m (nel punto più lontano) dal bordo reale dell'area bruciata.

La valutazione dell'accuratezza planimetrica dei rilievi effettuati dal personale delle Stazioni Forestali sulle quattro aree di prova è stata effettuata utilizzando un metodo inizialmente proposto da Goodchild e Hunter (Goodchild e Hunter, 1998) per la valutazione dell'accuratezza di una linea di costa del dataset "Digital Chart of the World" e successivamente applicato anche su altre entità lineari come, ad esempio, reti stradali (Van Niel e McVicar, 2002). È un metodo non-parametrico che consente di effettuare la valutazione quantitativa dell'accuratezza posizionale di una linea (*linea standard*) confrontata con una *linea di controllo*, di accuratezza più elevata, intorno alla quale è stato creato un buffer di larghezza x (figura 1). L'indicatore di accuratezza è $p(x)$, ovvero la percentuale della lunghezza della *linea standard* che ricade all'interno del buffer x . Goodchild e Hunter (1997) equiparano la funzione $p(x)$ a una distribuzione di probabilità cumulata con $p(0) = 0$ e $p(\infty) = 1$, dove i valori di x possono essere fatti corrispondere ai

percentili della distribuzione: es. il 95° percentile è la distanza x (ampiezza del buffer) all'interno della quale ricade il 95% della lunghezza della linea da testare. A livello applicativo, la valutazione di accuratezza prevede la determinazione del valore del buffer x per un valore prestabilito di accuratezza y , identificabile ipoteticamente con il 90% o 95%, in modo che $p(x) = y$. L'ampiezza del buffer che soddisfa questa condizione si ottiene dopo una serie di iterazioni, che prevedono l'aumento progressivo dell'ampiezza del buffer iniziale, stabilita solitamente sull'accuratezza planimetrica del dato di controllo (se nota), finché i risultati non tendono a stabilizzarsi (Tveite et al., 1999).

Le condizioni per l'applicazione del metodo sono state:

- utilizzare i rilievi della Direzione centrale effettuati in modalità cinematica per punti quali rilievi di controllo;
- utilizzare quattro rilievi delle Stazioni quali *rilievi standard* da valutare;
- utilizzare un programma GIS vettoriale, con il quale sono stati calcolare i buffer, le intersezioni e le lunghezze dei segmenti.
- il rilevamento per intero delle linee a confronto (tutti i perimetri degli incendi);

La procedura ha previsto le seguenti operazioni:

- importare in un GIS vettoriale i rilievi da testare e i rilievi di controllo in *layers* distinti e come *features* lineari aventi lo stesso sistema di riferimento, in questo caso Gauss Boaga fuso Est;
- predeterminare il livello di accuratezza atteso (90%);
- impostare un'ampiezza del buffer di partenza, in questo caso 2 m, e produrre un buffer intorno al rilievo di controllo;

– calcolare la lunghezza di tutto il rilievo da testare e della percentuale p che ricade all'interno del buffer, dopo aver effettuato un'operazione di intersezione con il programma GIS.

Se $p \geq y$ dove p è la percentuale calcolata e y l'accuratezza voluta la procedura si ferma; altrimenti si effettua una seconda iterazione ripetendo la procedura con successivi incrementi del buffer, che nel nostro caso sono stati di 2 m.

Risultati e conclusioni

Il rilievo dell'incendio di Savogna, risulta essere il più accurato per posizionamento del perimetro: infatti supera valori del 90% già entro un buffer di 2m e del 95% per un buffer di 4 m (grafico 2).

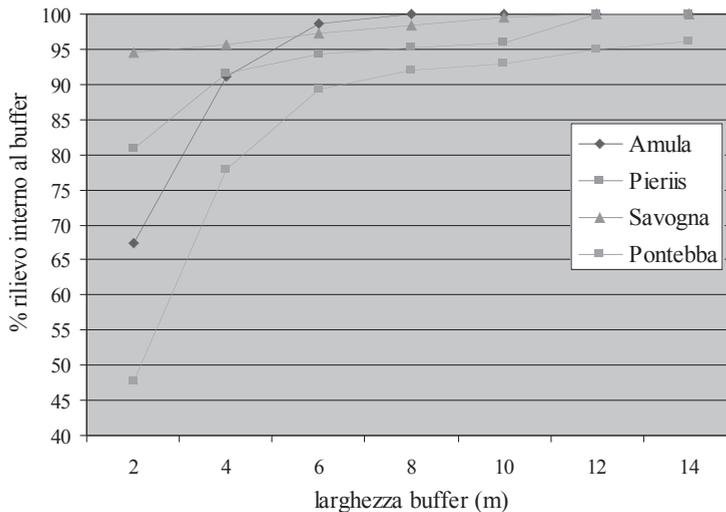


Grafico 2 - Accuratezza dei rilievi delle Stazioni Forestali per incrementi progressivi del buffer

Il rilievo dell'incendio di Pontebba risulta essere il meno accurato, a causa probabilmente di problemi nella ricezione del segnale satellitare derivanti dal fatto che la zona è in gran parte circondata da rilievi montuosi: questo può aver causato la presenza di una lingua di circa 16 m nel rilievo della Stazione Forestale, che di fatto non sussiste nell'area incendiata e pertanto non risulta nel rilievo di controllo; inoltre a causa di questo evento estremo, il rilievo non raggiunge l'accuratezza del 100% neanche quando il buffer è di 14 m. Per gli altri tre rilievi, valori di accuratezza nel posizionamento del perimetro che superano il 90% si ottengono entro un buffer di 4 m, mentre è necessario ampliare il buffer a 8 m per raggiungere accuratezze del 95%.

Inoltre per valori di buffer di 2 m, i rilievi di Amula e di Pontebba evidenziano le accuratezze più basse, in considerazione anche della maggior difficoltà che caratterizza i rilievi in queste aree, entrambe montagnose, in pendenza e almeno parzialmente coperte da vegetazione d'alto fusto.

L'indicatore di accuratezza $p(x)$ è utile in situazioni, come nel rilievo di aree incendiate, dove è difficoltoso trovare punti di controllo comuni al rilievo di controllo ed al rilievo da testare e quando l'incertezza nel posizionamento del perimetro può dipendere dalla tecnologia (es. condizioni e modalità del rilievo) o da errori umani nella scelta della superficie da misurare o nella determinazione del margine dell'incendio. Il metodo è relativamente insensibile alle deviazioni estreme e agli eventi rari, come nel caso di estroflessioni o introflessioni derivanti da errori macroscopici nel segnale o nel tracciamento del perimetro dell'incendio. La sua applicabilità non è limitata a rilievi a terra con GPS, ma può essere estesa anche a rilievi effettuati da immagini aeree o satellitari, purché il confronto avvenga con un rilievo di controllo più accurato.

Tale procedura per la valutazione dell'accuratezza si è dimostrata più facilmente implementabile in realtà come il Friuli Venezia Giulia dove la maggior parte delle aree percorse dal fuoco (vedi grafico 1) ha superfici inferiori ai 5 ha e quindi diventa più praticabile l'opzione di rilevare i perimetri con GPS. Tuttavia l'applicazione del metodo ad aree incendiate di vaste dimensioni, dove produrre con GPS un rilievo di controllo di un intero perimetro può risultare oneroso, potrebbe essere effettuabile tramite la verifica di un campione rappresentativo del perimetro, selezionando tratti di questo tra punti comuni a entrambi i rilievi e identificabili sul terreno.

Infine, la valutazione dell'accuratezza dei perimetri delle aree incendiate effettuata con questo metodo, può essere considerata una misura integrativa e non sostitutiva della misura delle superfici.

Gli autori ringraziano l'Ing. Alberto Beinat dell'Università degli Studi di Udine ed il Dott. Emanuele Moro della Direzione centrale risorse agricole, naturali e forestali per i costruttivi commenti alla prima stesura del lavoro.

Si ringrazia inoltre il Servizio sistema informativo territoriale e cartografia della Direzione centrale pianificazione territoriale, energia, mobilità e infrastrutture di trasporto per la concessione in comodato d'uso gratuito della cartografia numerica.

Bibliografia

AA.VV., 2005. Linee guida per la perimetrazione a terra delle superfici percorse da incendio. Supporto ai Comuni per l'applicazione della legge 353/2000. Regione Lombardia /ERSAF / Corpo Forestale dello Stato.

AA.VV., 2006. Perimetrazione degli incendi boschivi. Criteri, strumenti e tempi di realizzazione (Progetto pilota in provincia di Arezzo).-Provincia di Arezzo - Assessorato Agricoltura e Foreste Regione Toscana Compagnia delle Foreste DISTAF – Università di Firenze 2005

GOODCHILD, MICHAEL F. and HUNTER, GARY J. (1997) 'A simple positional accuracy measure for linear features', *International Journal of Geographical Information Science*, 11:3, 299 - 306

TVEITE H. e LANGAAS S., 1999, An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering. *International Journal of Geographical Information Science*, 13, 27–47.

VAN NIEL, T. G. e MC VICAR, T.R. (2002) 'Experimental evaluation of positional accuracy estimates from a linear network using point- and line-based testing methods', *International Journal of Geographical Information Science*, 16:5, 455 – 473

STIMA DI MOVIMENTI SUPERFICIALI DEL TERRENO E DI MAPPE DIGITALI DI ELEVAZIONE IN CINA TRAMITE DATI SAR DA SATELLITE

Daniele PERISSIN, Claudio PRATI, Fabio ROCCA, Teng WANG

Politecnico di Milano, Via Ponzio 34/5, 20133 Milano, Italy
daniele.perissin@polimi.it

Riassunto

Dal 2004 ad oggi è in atto un progetto di ricerca sino-europeo centrato su tematiche legate al telerilevamento, finanziato dalle agenzie spaziali cinese (NRSCC) ed europea (ESA). In questo contesto, il Politecnico di Milano ha operato in collaborazione con l'università di Wuhan nell'analisi di fenomeni chiave in territorio cinese quali le subsidenze urbane, frane in zone montane ed il monitoraggio di grandi infrastrutture per mezzo di dati radar ad apertura sintetica (SAR) acquisiti da piattaforme satellitari (prevalentemente dai satelliti ESA ERS ed Envisat). La capacità di estrazione di modelli digitali di elevazione (DEM) da tali dati è stata inoltre oggetto di studio in particolare nella zona della Diga delle Tre Gole, mastodontico progetto per la generazione di energia elettrica che ha visto modificare il paesaggio lungo il corso del fiume Yangtze per centinaia di chilometri. In questo lavoro vengono mostrati i principali risultati ottenuti nel corso del progetto e le tecniche sviluppate per risolvere i problemi incontrati, quali l'esiguo numero di dati disponibili e la decorrelazione dovuta al terreno vegetato. Le analisi riguardano le zone urbane di Shanghai e Tianjin, e aree montane nella zona delle Tre Gole, in particolare in corrispondenza della città di Badong. In ultimo, si riportano i risultati relativi al terremoto del 12 maggio 2008 nella provincia del Sichuan, ricavati dall'analisi dei dati in banda X dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) acquisiti dal nuovo satellite Cosmo SkyMed.

Abstract

Since 2004 a cooperation project between Europe and China, financed by the respective space agencies ESA and NRSCC, has been conducted on the field of remote sensing. In this context, Politecnico di Milano has been working together with the Wuhan University on key phenomena in the Chinese country as urban subsidences, landslides in mountainous areas and big structures monitoring by means of synthetic aperture radar (SAR) data acquired by spaceborne platforms (mainly ESA satellites ERS and Envisat). The capacity of producing digital elevation models (DEM) from such data has been analysed, in particular in the area of the Three Gorges Dam, colossal project for the generation of electrical power that modified the landscape along the Yangtze River for hundreds of kilometres. In this work the main results obtained within the project are shown, together with the techniques developed for solving the encountered problems, as the small number of available images or the decorrelation due to vegetated terrain. The analyses concern the urban areas of Shanghai and Tianjin and mountainous areas near the Three Gorges, in particular around Badong city. Finally the results achieved by processing X band SAR data acquired by the Italian Space Agency (ASI) new satellite Cosmo SkyMed are reported.

Introduzione

Considerando la vastità e la varietà dell'immenso territorio cinese, i satelliti risultano particolarmente utili per il suo studio. La Cina si estende infatti su di una superficie di 9,6 milioni di



Figura 1. Circa 10,000 PSs rilevati nella città di Tianjin. Scala di colori: tasso di spostamento medio (-30 ÷ 30 mm/anno)

chilometri quadrati, dalle vette himalayane alle pianure tropicali. In tutto il pianeta, 1 persona su 5 è di nazionalità cinese e la Cina rappresenta la seconda economia più grande al mondo e quella con la crescita più rapida. Il Programma Dragon è un'iniziativa congiunta che coinvolge l'Agenzia Spaziale Europea, il Ministero della Scienza e della Tecnologia (MOST) cinese e il Centro di Telerilevamento Nazionale della Cina (NRSCC). Il suo obiettivo è quello di incoraggiare il maggiore sfruttamento delle risorse spaziali dell'ESA all'interno della Cina e favorire una più intensa cooperazione scientifica tra Cina ed Europa nel campo della scienza e della tecnologia di Osservazione della Terra.

Il prof. Fabio Rocca del Politecnico di Milano è il co-P.I. insieme al prof. Deren Li dell'Università di Wuhan per il progetto di rilevamento preciso della topografia e del movimento del suolo, che sfrutta i dati dei radar dell'ESA. L'Interferometria SAR (Synthetic Aperture Radar), o in breve InSAR, prevede la combinazione di due o più immagini radar dello stesso punto, in modo da effettuare misurazioni esatte del movimento del suolo che si verifica tra le acquisizioni.

La subsidenza è un problema che si riscontra in diverse aree della Cina. Le tecnologie europee ne consentono il rilevamento con precisione millimetrica e costi estremamente contenuti, rendendo la materia interessante per ulteriori sviluppi congiunti. La cooperazione, infatti, consente di lavorare combinando l'efficacia del telerilevamento e l'analisi approfondita delle condizioni del terreno per creare protocolli d'interpretazione e un'immediata reazione in presenza di nuovi dati. L'intento è lo sviluppo di strumenti d'utilizzo immediato per gli enti di protezione civile. Il valore del Programma Dragon, nella sua interezza, risiede nella possibilità di avere contatti più stretti con la Cina, un grande Paese con migliaia di esperti scienziati, con un programma spaziale ben sviluppato e nel quale il telerilevamento è un fattore importante per uno sviluppo rapido e sicuro.

In questo articolo si riportano i principali risultati ottenuti nell'ambito del progetto Dragon per ciò che concerne il telerilevamento SAR da satellite.

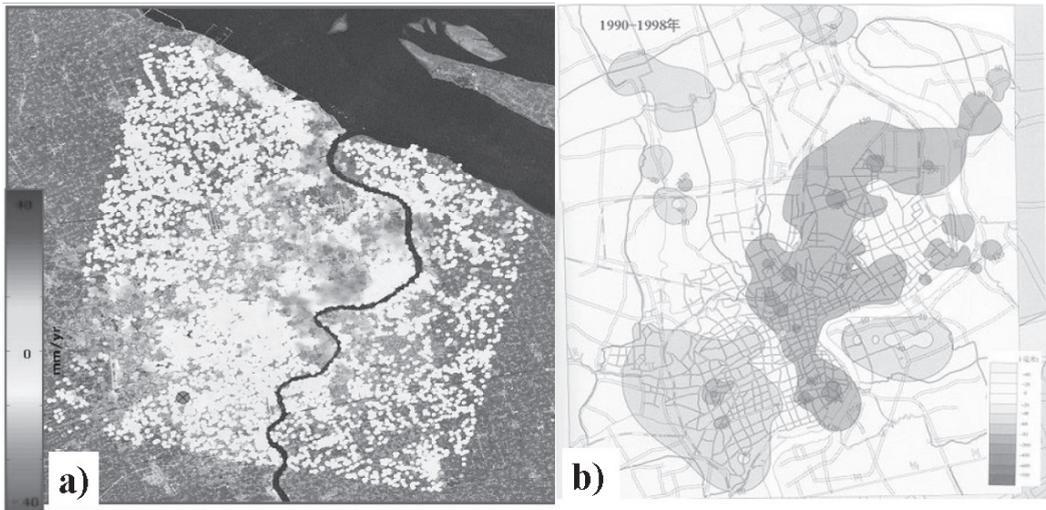


Figura 2. Confronto tra tasso di spostamento stimato con la tecnica PS (sinistra) e con livellazione ottica (destra) nell'area urbana di Shanghai.

Subsidenza in Tianjin

L'area della Repubblica Popolare cinese che si estende tra la capitale Pechino ed il Mar Giallo è nota essere affetta da instabilità geologica. Il terremoto avvenuto a Tangshan il 28 luglio 1976 è stato uno tra i più devastanti in termini di perdita di vite umane nella storia moderna. L'epicentro del terremoto era nei pressi della città industriale di Tangshan, provincia Hebei, che ospita circa un milione di abitanti. Ma gli eventi sismici non sono l'unico problema che affligge la stabilità del suolo di quest'area. A causa della rapida crescita dell'economia locale, la subsidenza del terreno causata da prelievi idrici ha cominciato a riguardare molte città. Tianjin è uno dei quattro maggiori comuni in Cina, con elevata popolazione e storia particolarmente antica. Nel 1960, a causa dello sviluppo dell'industria locale ed il conseguente incremento di abitanti, l'approvvigionamento idrico divenne di primaria importanza. In tali condizioni, fu prelevata acqua dalla falda in eccesso, causando una subsidenza progressiva che ha raggiunto finora fino a 3 metri di spostamento. Secondo le indagini locali, negli ultimi anni il tasso di subsidenza nel centro di Tianjin è diminuito a 10 mm/anno. In Figura 1 è riportato il tasso di spostamento medio stimato con la tecnica dei diffusori permanenti (Permanent Scatterers, PS, Ferretti et al 2001) nel centro urbano di Tianjin (sullo sfondo la mappa di riflettività radar dell'area). L'immagine mostra che in centro città non ci sono spostamenti relativi rilevanti, mentre nelle zone più periferiche, in particolare sul lato destro del fiume Hai He, è attiva una subsidenza con tasso di spostamento fino a -15mm/anno , in buon accordo con le conclusioni tratte dalle indagini locali (Perissin et al, 2005).

Subsidenza in Shanghai

Costruita su un substrato costale sabbioso ed argilloso a 70m sotto la superficie terrestre, Shanghai è affetta da una subsidenza strisciante come Los Angeles, Città del Messico, New Orleans, Osaka e Venezia. Esperti locali concordano che lo smodato sfruttamento della falda acquifera resta la principale causa della subsidenza urbana. Shanghai iniziò l'estrazione di acqua dalla falda nel 1860 quando i commercianti internazionali vi si riversarono ed iniziarono a trasformare la piccola cittadina in una metropoli. Allorchè immensi edifici di granito di banche e centri d'affari spuntarono formando il distretto Bund a lato del fiume, la popolazione della città crebbe fino a circa 5 milioni negli anni '40. Già nel 1921 i geologi scoprirono che Shanghai stava lentamente sprofondando. Dagli anni '20 600km² dell'area centrale della città sono sprofondati in media di 2m

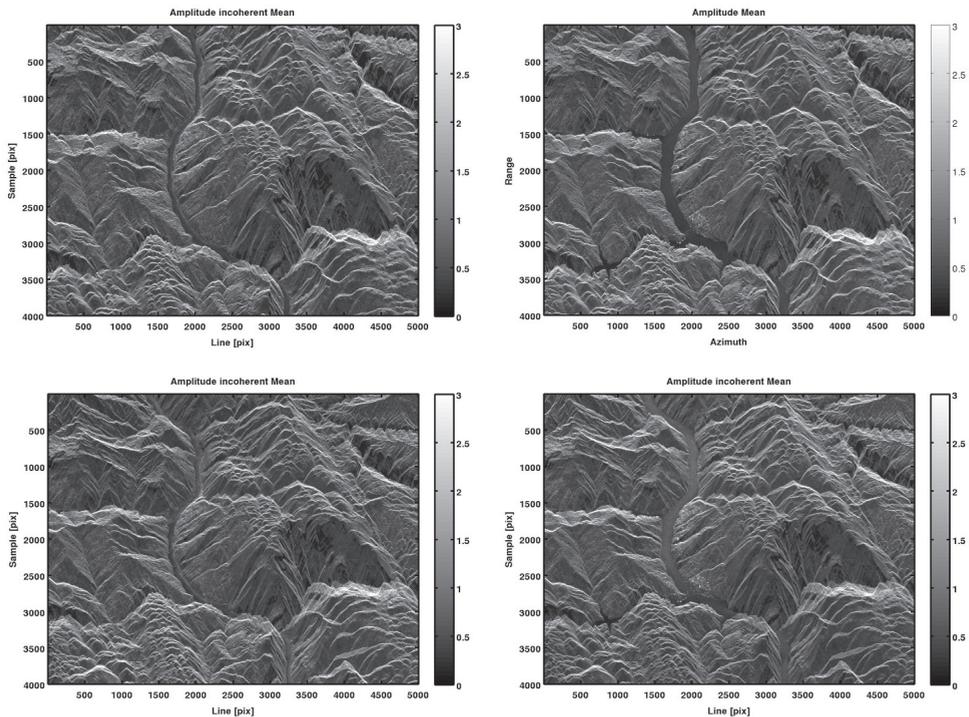


Figura 3. Mappe di riflettività nella zona delle Tre Gole intorno alla città di Badong. Immagini in alto: Track 75; in basso: Track 347. Immagini di sinistra: ERS (prima del 2002); destra: Envisat (dopo il 2003). L'innalzamento del livello del fiume è evidente.

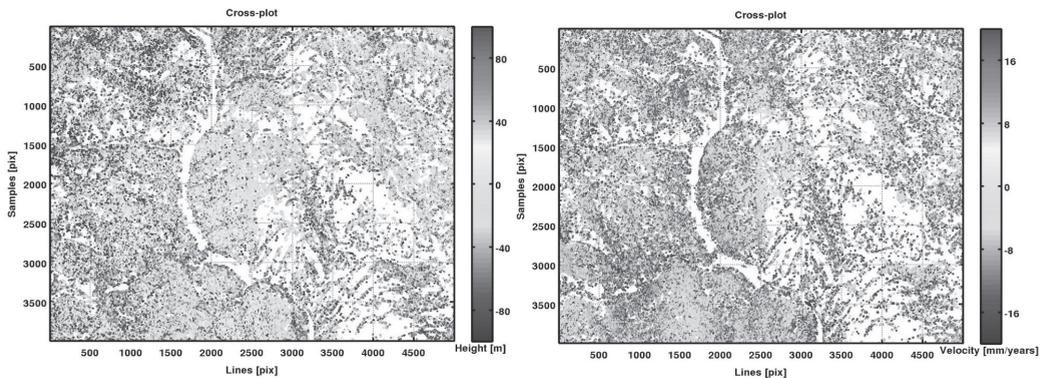


Figura 4. Topografia residua (sinistra) e tasso di spostamento lineare (destra) stimati in Badong. Circa 200.000 punti senza post-selezione.

e fino a 3m in alcune aree. Come la maggior parte delle metropoli urbane in terra cinese, il terreno di Shanghai ora sorregge più di 2000 edifici alti almeno 100m nei soli 600kmq del centro città. Così, oltre allo sfruttamento smodato della falda, gli esperti sono convinti che lo spuntare dei grattacieli nel centro di Shanghai faccia la sua parte nella subsidenza in atto.

Il risultato principale dell'analisi PS condotta con 43 dati ERS, acquisiti nel periodo 1992-2003 è mostrato in figura 2a. Ciascun punto colorato nell'immagine corrisponde a un PS (circa 30.000 in 1000kmq) ed il colore mostra il trend di spostamento lineare. La scala di colori si estende tra -40 e

40 mm/anno. Le aree rosse nell'immagine identificano le zone di Shanghai con il tasso di subsidenza più elevato. La figura 2b riporta la mappa di subsidenza prodotta dal centro di indagini geologiche cinese per mezzo di dati da livellazione ottica raccolti negli anni 1990-1998. La buona correlazione spaziale trovata rappresenta la prima validazione della tecnica usata. Per quantificare l'accordo tra le due misure, le serie temporali di spostamento di 10 capisaldi della rete di livellazione sono state comparate con quelle dei PS più prossimi. La deviazione standard tra le due misure è risultata essere inferiore a 2mm/anno (Perissin et al, 2007a).

Frane e DEM nell'area delle Tre Gole

Badong si trova sulla sponda meridionale del fiume Yangtze, a est delle montagne Daba. La città è uno snodo di comunicazione strategico tra le province del Sichuan e del Hubei ed è il principale centro di raccolta e smistamento di beni provenienti dall'area montana del Hubei occidentale. Con l'avvento della diga delle Tre Gole, Badong fu ricostruita circa 2 miglia a monte sulla riva sud, in fronte a Guandukou, con la quale è ora collegata per mezzo di un ponte sorretto da cavi metallici. Da quando la diga è stata costruita ed il livello del fiume si è alzato di 135m, l'area circostante ha iniziato ad essere affetta da movimenti del terreno.

I dati ESA disponibili nell'area di interesse sono stati acquisiti dai satelliti ERS ed Envisat lungo le track 347 (35 immagini) e 75 (45 immagini). La figura 3 mostra 4 mappe di riflettività, 2 per track, ottenute come media incoerente delle immagini radar acquisite da un singolo sensore. Per ciascuna track si hanno dunque una mappa ERS (immagini acquisite prima del 2002) ed una Envisat (immagini acquisite dopo il 2003). Confrontandole, è facile riconoscere l'innalzamento del livello dell'acqua lungo il fiume e la migrazione dell'area urbana.



Figura 5. Interferogramma cosismico geocodificato nell'area a oriente di Chengdu ottenuto dai dati in banda X acquisiti dal satellite dell'ASI Cosmo SkyMed. Si distinguono chiaramente le frange dovute allo spostamento con una coerenza notevole persino in aree vegetate.

In figura 4 sono mostrati i risultati della tecnica denominata “quasi-PS” (Perissin et al., 2007b) che sfrutta anche diffusori parzialmente coerenti per ricavare una stima della quota del terreno e dello spostamento superficiale. Nelle 2 immagini sono riportati i 200.000 punti analizzati, senza alcuna post-selezione. Sulla sinistra il colore è proporzionale alla topografia residua stimata (+-100m dopo aver sottratto la quota SRTM), mentre sulla destra al trend di spostamento medio (+-20mm/anno). Le quote stimate sono particolarmente ragionevoli ed il risultato permette di apprezzare molti dettagli in più rispetto al dato SRTM. Lo spostamento stimato è più rumoroso. Inoltre, un piano di errore di velocità (probabilmente dovuto a possibili errori orbitali) può essere notato (da blu a rosso da sinistra a destra). Nondimeno, le aree in subsidenza (blu) lungo il fiume sono facilmente identificabili (Wang et al 2008 e Perissin et al, 2007c).

Terremoto in Sichuan

L'ultimo risultato che si riporta riguarda il devastante terremoto avvenuto nella provincia del Sichuan, epicentro a meno di 100km da Chengdu, nel maggio del 2008. Il bilancio definitivo del sisma non è noto, ma la cifra degli 80.000 morti è stata certamente superata (probabilmente oltre i 100.000). Grazie ai dati acquisiti dal sistema satellitare dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) COSMO SkyMed, il Politecnico di Milano, in collaborazione con il Dipartimento di Protezione Civile, ha realizzato quello che è in assoluto il primo interferogramma dell'evento sismico, qui riportato in figura. Delle due immagini utilizzate, la prima è stata acquisita il 13 aprile, la seconda il 15 maggio, a tre giorni dal terremoto. La risoluzione è di 10x10 mq. Le frange interferometriche mostrano lo spostamento del terreno tra le due riprese. È impressionante notare l'alta coerenza dell'interferogramma persino in presenza di terreno vegetato.

Conclusioni

In questo lavoro vengono presentati alcuni fra i principali risultati ottenuti all'interno del programma di scambio sino-europeo sui temi del telerilevamento sul suolo cinese. Analisi di subsidenze urbane (come Tianjin e Shanghai) sono riportate insieme allo studio delle frane e della topografia nell'area delle Tre Gole. Infine, viene mostrato il primo interferogramma del terremoto avvenuto in Sichuan nel maggio del 2008 per mezzo dei dati acquisiti dal sistema Cosmo SkyMed, che rileva lo spostamento cosismico avvenuto nella piana ad oriente di Chengdu.

Riferimenti bibliografici

- Ferretti A., Prati C., Rocca F. (2001), “Permanent Scatterers in SAR Interferometry”, IEEE TGARS, Vol. 39, no. 1.
- Perissin D., Parizzi A., Prati C., Rocca F. (2005) "Monitoring Tianjin subsidence with the Permanent Scatterers technique", Proceedings of Dragon Symposium 2005, Santorini (Greece), 27 June - 1 July.
- Perissin D., Prati C., Rocca F., Li D., Liao M. (2007a), "Multi-track PS analysis in Shanghai", ENVISAT 2007, Montreux (Switzerland), 23-27 April.
- Perissin D., Ferretti A., Piantanida R., Piccagli D., Prati C., Rocca F., Rucci A., de Zan F., (2007b) "Repeat-pass SAR interferometry with partially coherent targets", Fringe 2007, Frascati (Italy), 26-30 November.
- Perissin D., Rocca F., Wang T., (2007c) “DEM retrieval and landslide monitoring in Badong, Three Gorges, China by means of InSAR partially coherent targets”, Proceedings of Dragon Symposium 2007, Aix en Provence, (France) 18-22 June.
- Wang T., Liao M., Perissin D., Rocca F., (2008) “Deformation monitoring by long term D-InSAR analysis in Three Gorges area, China”, Proceedings of IGARSS 2008, Boston, MA, 6-11 July.

LA RAPPRESENTAZIONE DELLE FORME DELL'ANFITEATRO MORENICO DI RIVOLI-AVIGLIANA (ALPI OCCIDENTALI) ATTRAVERSO STRUMENTI GEOMATICI

Luigi PEROTTI, Walter ALBERTO, Marco GIARDINO

(*) Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra, GeoSitLab
Via Valperga Caluso 35, Torino, luigi.perotti@unito.it

Riassunto

In questi ultimi anni la Geomatica ha introdotto cambiamenti radicali nelle metodologie di studio geomorfologico, prevalentemente in relazione all'impiego dei dati digitali in campo applicativo. In particolare sono state realizzate numerose innovazioni nell'analisi e nella rappresentazione del dato di rilevamento: la prospettiva è quella di integrare i dati di terreno con quelli telerilevati per ottenere interpretazioni e rappresentazioni del territorio sempre più "reali". In questo preciso contesto, attraverso l'elaborazione di dati telerilevati, è stato realizzato un lavoro di elaborazione ed analisi di dati riguardanti alcune forme del paesaggio connesse a processi geomorfologici a lungo termine (come il Glacialismo Pleistocenico), finalizzato all'interpretazione morfoevolutiva dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli Avigliana (AMRA) situato allo sbocco della Valle di Susa, nelle Alpi occidentali. L'AMRA ha una sua identità geomorfologica che permette di distinguerlo dai complessi di forme fluviali e di versante circostanti. Tramite l'utilizzo dei dati vettoriali, di immagini da satellite e di foto aeree è stato possibile esaltare questa identità, ottenendo carte tematiche e visioni in 3D molto efficaci per lo studio e la ricostruzione delle fasi evolutive.

Abstract

In the last few years Geomatics deeply changed geomorphological methods, especially related to the use of digital data in applied studies. Particularly innovative results has been achieved in the analysis and representation of landforms: field evidences and remote-sensing data have been coupled to get close-to-reality reconstruction of the whole geomorphological aspects, multitemporal and multispatial ones. Regarding the most recent evolutionary phases, these modern techniques allow a qualitative and quantitative evaluation of the topographical surface changes.

Some research lines have been started: particularly, the geological-geomorphological analysis of the lower Susa Valley and the Rivoli-Avigliana Morainic Amphitheatre (AMRA) has been enhanced, by means of Digital Elevation Models (Dems) created from ASTER stereo images. These data was used for the individualization of the AMRA terminal moraines, with respect to fluvial landforms and other landscape features around AMRA. Finally, by using vectors data, satellite images and aerial photos, 3D visions has been produced in order to improve the identification of significant landforms for the reconstruction of the Pleistocene glacial evolutionary phases of the area.

Introduzione

Nell'ottica geomorfologica, l'evoluzione del paesaggio alpino è la risultante di condizionamenti statici (essenzialmente parametri lito-strutturali) e dinamici (climatici e tettonici) alla forma del rilievo montuoso. L'analisi delle fasi evolutive del rilievo richiede di indagare il rapporto tra i tassi della deformazione e la velocità del modellamento: questo comporta un approccio di tipo multitemporale e multispaziale e la Geomatica si dimostra estremamente utile attraverso dati e metodologie digitali. L'indagine sviluppata nella bassa Valle di Susa (Figura 1) ha comportato l'analisi di ampie aree per il riconoscimento delle tendenze generali in termini di evoluzione del

rilievo alpino; in particolare, l'analisi delle forme glaciali intravallive e dell'anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana è stata effettuata attraverso l'utilizzo di modelli digitali del terreno.

Interazione fra geodinamica e morfogenesi nella bassa Valle di Susa

Le considerazioni sopra esposte hanno guidato l'analisi del paesaggio attuale della Valle di Susa e la ricostruzione degli eventi della sua storia geomorfologica. In particolare si è tenuto conto della conservatività delle forme e della loro dimensione originaria. A questo proposito si è compreso che il ruolo dell'attività geodinamica nell'evoluzione geomorfologica viene esplicato da alcuni processi le cui testimonianze sono riconoscibili a grande scala, ad esempio nella progressiva migrazione dello spartiacque alpino verso l'esterno. Il generalizzato sollevamento isostatico determina un "incastramento" delle forme più recenti in quelle più antiche; in questo caso l'effetto più evidente comprende le tracce degli antichi fondovalle glaciali conservati sui fianchi della Valle di Susa a quote sempre maggiori in funzione dell'età (Carraro & Giardino, 2004).



Figura 1 - Area di studio (bassa Valle di Susa, Piemonte).

L'Anfiteatro Morenico di Rivoli-Avigliana (AMRA)

L'AMRA è un insieme di bassi rilievi morenici e depressioni intermoreniche, a tratti con andamento rettilineo e parallelo, a tratti più o meno nettamente arcuato; nel settore meridionale le forme glaciali relitte separano la bassa Valle di Susa dal medio corso del Sangone. L'origine di questi rilievi va posta in un intervallo di tempo compreso tra oltre 750.000 e 12.000 anni fa ed è legata alle pulsazioni dall'antico ghiacciaio valsusino, ospitato all'interno del sistema vallivo della Valle di Susa (Figura 2).

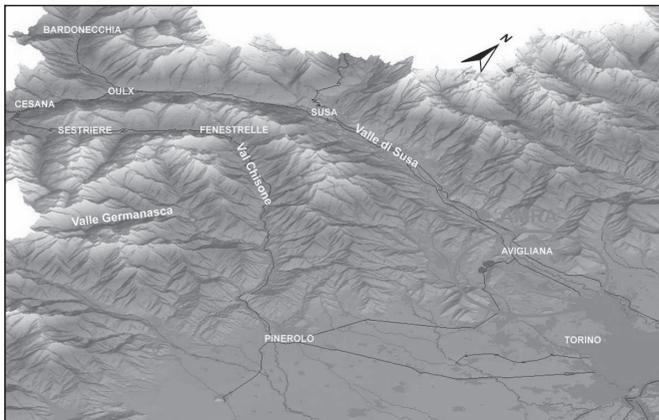


Figura 2 - Rappresentazione tridimensionale in ambiente GIS della Valle di Susa, fino all'AMRA, eseguito con dati altimetrici regionali - passo 250 m.

L'AMRA ha una sua identità geomorfologica che permette di distinguerla dai complessi di forme fluviali e di versante circostanti. Tramite l'utilizzo dei dati vettoriali, di immagini da satellite e di foto aeree è possibile esaltare questa identità, ottenendo carte tematiche e visioni in 3D molto efficaci per lo studio e la ricostruzione delle fasi evolutive. Ovviamente è possibile anche creare diverse prospettive dell'anfiteatro morenico da vari punti di vista, estremamente utili dal punto di vista didattico (Giardino & Mortara, 2004). Alcuni tentativi

di visualizzazione tridimensionale sono stati eseguiti nel passato con l'utilizzo di dati cartografici su base regionale ma la cui scarsa accuratezza finale ha limitato l'interpretazione. Nel caso specifico

dell'AMRA sono stati utilizzati i dati altimetrici estratti da immagini telerilevate ASTER in modalità stereoscopica dal sensore.

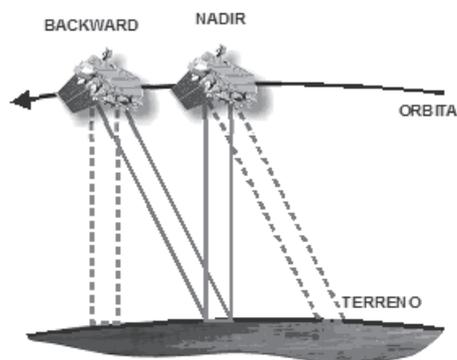
I Modelli Digitali della Superficie (DSM)

I Modelli digitali di Elevazione del Terreno (DEM-DTM) costituiscono oggi un valido strumento per molti ambiti applicativi ed in particolare per l'analisi geomorfologica del territorio e la produzione di ortofoto. In particolare la disponibilità di immagini satellitari stereoscopiche a media ed alta risoluzione geometrica consente la generazione di Modelli Digitali della Superficie (DSM) cioè modelli digitali del terreno in cui sono compresi gli oggetti (boschi, edifici...) che insistono stabilmente sulla superficie. In ogni caso l'approssimazione della quota rimane ampiamente dentro l'errore stimato per i dati a media risoluzione. In ogni caso l'utilità per aree di cui manchi adeguata copertura cartografica è evidente, ma che potrebbero rivelarsi interessanti (soprattutto per i costi e l'elevata ripetibilità) anche in ambiti diversi. Tale adeguatezza deve però essere sempre valutata per definirne potenzialità e limiti in modo rigoroso.

Dati satellitari utilizzati

In questo lavoro sono stati effettuati test di estrazione semi-automatica di DSM da dati ASTER (di cui esiste una consistente bibliografia).

Si è proceduto alla generazione dei DSM utilizzando software commerciali disponibili quali AsterDTM (ENVI) senza trascurare gli aspetti conoscitivi degli algoritmi adottati. Sulla base dei DSM generati in fase di sperimentazione sono state condotte analisi per valutarne la qualità metrica, l'eventuale presenza di errori sistematici e la loro natura. La qualità metrica (precisione) dei prodotti ottenuti è stata valutata attraverso opportune analisi statistiche dei residui calcolati per confronto con dati altimetrici di riferimento. Sono stati presi in considerazione punti quotati estratti da cartografia tecnica a scala adeguata e DTM regionali per il calcolo delle differenze; ulteriori verifiche qualitative sono state condotte mediante la sovrapposizione di profili altimetrici relativi a sezioni caratteristiche. Da alcuni anni sono disponibili le immagini ASTER che rappresentano per la geologia una ottima fonte di dati sia di tipo radiometrico che di tipo metrico. Proprio da questo punto di vista la disponibilità di dati stereoscopici da satellite risulta essere molto interessante. Il sensore ASTER consente di acquisire immagini in modalità stereoscopica *along-track*, geometriche particolari. Aster acquisisce sistematicamente coppie stereo nella banda dell'IR vicino (Figura 3), attraverso due ottiche fisse uguali ma orientate secondo angoli di vista pari a 0° (*nadir view*) e 27,6° (*backward view*). Il sistema di acquisizione è di tipo *pushbroom* (caratteristica comune a tutti i sensori ad alta risoluzione).



| Parametro | Terra (Aster) |
|-----------------------------------|---------------|
| Risoluzione geometrica (m, nadir) | 15 m |
| Quota dell'orbita (km, H) | 705 |
| Lunghezza focale (m, c) | 3.29 |
| B/H | -0.6 |

Tabella 1 – Caratteristiche della piattaforma

Figura 3– Schema di acquisizione stereoscopica delle piattaforme Terra (Aster)

Nella Tabella 1 sono riportate le principali caratteristiche di questa piattaforma che consentono di valutare quale potrebbe essere la precisione nella determinazione delle quote. Nell'ipotesi di

un'acquisizione fotogrammetrica classica (prospettiva centrale), in condizioni normali tale valore può essere determinato secondo la relazione [Kraus]:

$$\sigma_z = m_b \cdot \frac{H}{B} \cdot \sigma_p \quad [1]$$

Dove, per quanto riguarda Aster, σ_z (m) varia tra 12 e 25 m. Poiché l'acquisizione satellitare si discosta dal modello di prospettiva centrale unica per l'intera scena per cui vale la [1], il valore di precisione riportato è da considerarsi unicamente come dato di riferimento (Boccardo, 2004).

Per questo lavoro si è proceduto alla generazione di alcuni DSM (Digital Surface Model) per poter testare anche la qualità in base ad alcune scelte di parametri e di distribuzione/numero di punti di appoggio. Ai fini della generazione del DSM è stato utilizzato il software AsterDTM, modulo aggiuntivo di ENVI. Il software utilizza per la determinazione delle quote algoritmi fotogrammetrici consolidati: si procede all'orientamento esterno delle immagini mediante individuazione di punti di appoggio a terra e punti di legame (utilizzando un apposito modello di sensore); in seguito avviene la generazione delle immagini "quasi-epipolari", ovvero normalizzazione delle immagini in cui sono annullate le parallassi di altezze lungo η (righe); successivamente viene determinato il maggior numero possibile di punti omologhi mediante tecniche di autocorrelazione; infine, si effettua il calcolo del valore di quota a partire dalla misura della parallasse lungo ξ (colonne) relative ai punti individuati nel passaggio precedente e l'interpolazione dei valori di quota per ottenere un DSM come grigliato regolare. Sulla base della precisione potenziale precedentemente stimata mediante la [1], sono stati utilizzati come dati di riferimento altimetrici il DTM della Regione Piemonte (restituito con un passo di 80m ed interpolato a 50m), la cui precisione altimetrica nominale è di circa 2.5m, e 40 punti quotati estratti dalla cartografia tecnica regionale (CTR) in forma numerica alla scala 1:10.000, con la stessa precisione altimetrica. Questa cartografia è stata utilizzata anche per l'individuazione dei punti di appoggio e dei punti di legame iniziali. La validazione è stata condotta sulla zona della bassa Valle di Susa, prestando particolare attenzione all'area di Rivoli-Avigliana (Figura 4), e cioè allo sbocco vallivo sulla pianura, zona in cui l'antico ghiacciaio valsusino ha lasciato l'impronta più evidente durante le fasi del suo ritiro. Tale area è stata scelta considerandone l'elevata escursione altimetrica (circa 3000m) che consente valutazioni più robuste sulla precisione ottenibile dai dati altimetrici satellitari. Inoltre, la presenza di deformazioni importanti (con spostamenti verticali anche metrici) suggerisce di verificare se i DSM ottenuti da immagini satellitari possano essere utilizzati in fase di monitoraggio ed eventualmente con quali limitazioni.

La stima della precisione altimetrica dei DSM estratti è stata condotta mediante il calcolo delle differenze tra il DTM di riferimento (il quale si può ragionevolmente ritenere omogeneo rispetto al prodotto derivato dalle immagini satellitari, in quanto entrambi sono una rappresentazione discreta della superficie reale) e quello ottenuto dalle immagini satellitari. Sono state ricavate le differenze in quota e calcolati i valori di media e deviazione standard della distribuzione (tagliandone le code al 2% e 5%) per valutare rispettivamente la presenza di eventuali sistematismi ed una stima della precisione altimetrica. La stessa procedura è stata utilizzata mantenendo come riferimento i punti quotati. I valori di media delle differenze ottenute variano tra 12m e 19m mentre lo scarto quadratico medio varia tra 22m e 26m, con i risultati migliori che riguardano il confronto con i punti quotati. Il limite maggiore in questo confronto è dovuto al fatto che il modello generato dalle immagini satellitari con procedure automatiche è concettualmente un DSM, ovvero un modello digitale di superficie in cui le quote riportate si riferiscono al terreno solo laddove questo non sia ricoperto da oggetti quali vegetazione, edifici o infrastrutture; inoltre non possono essere escluse differenze indotte da un diverso passo di restituzione/interpolazione e dal diverso posizionamento planimetrico dei punti di cui viene misurata la quota. Successivamente è stato effettuato un confronto qualitativo tra i dati di riferimento e quelli generati dalle immagini satellitari mediante la sovrapposizione di profili altimetrici caratteristici: longitudinali e trasversali rispetto alla valle, longitudinali rispetto alle cime.

Risultati

I risultati ottenuti dal dato ASTER evidenziano precisioni prossime a quelle attese. Tuttavia è possibile notare un sistematismo consistente (sovrastima delle quote) ed una forte dipendenza della precisione dalla morfologia del terreno (esposizione dei versanti e pendenza). Un decremento della precisione in funzione dell'aumento della pendenza era sicuramente atteso, mentre la dipendenza dalla esposizione è ancora un aspetto da indagare. I valori di precisione ottenuti dimostrano come i dati ASTER DSM non siano comunque sufficienti per scopi di monitoraggio di fenomeni geomorfologici, ma si ritiene che gli ambiti applicativi maggiormente idonei a questa tipologia di DSM siano la geologia strutturale da una parte e, per quello che riguarda la rappresentazione del territorio, l'analisi geomorfologica a scala regionale e locale (Figura 4), utile per la ricostruzione di fasi morfoevolutive che hanno portato all'attuale configurazione del paesaggio. Considerando la qualità del dato satellitare questo può essere comunque utilizzato per l'ortoproiezione di immagini satellitari ad alta risoluzione (Boccardo, 2004).



Figura 4 – Rappresentazione del DSM Aster in modalità TIN (Triangulated Irregular Network), si può notare come la zona di sbocco vallivo sia interessata da una morfologia molto variabile.

di fasi morfoevolutive che hanno portato all'attuale configurazione del paesaggio. Considerando la qualità del dato satellitare questo può essere comunque utilizzato per l'ortoproiezione di immagini satellitari ad alta risoluzione (Boccardo, 2004).

Valutazioni e conclusioni

Il confronto fra le visualizzazioni tridimensionali ottenute e le rappresentazioni cartografiche dell'anfiteatro disponibili nella letteratura geologica e geomorfologica (Figure 5, 6, 7) ha permesso di valutare molto positivamente il contributo degli strumenti geomatici sperimentato nel presente lavoro. Il dato ASTER si dimostra infatti sufficientemente accurato per rappresentare le forme dell'AMRA.

Le viste tridimensionali più efficaci si sono dimostrate quelle predisposte attraverso la creazione di Triangular Irregular Network (TIN) e mediante la rappresentazione delle fasce altimetriche con colori di tono crescente con la quota. Attraverso questi modelli si sono potute riconoscere e rappresentare con precisione le differenti forme glaciali dell'edificio morenico, nonché alcuni importanti lineamenti morfostrutturali (trasversali rispetto alle forme glaciali) difficilmente individuabili attraverso la cartografia esistente.

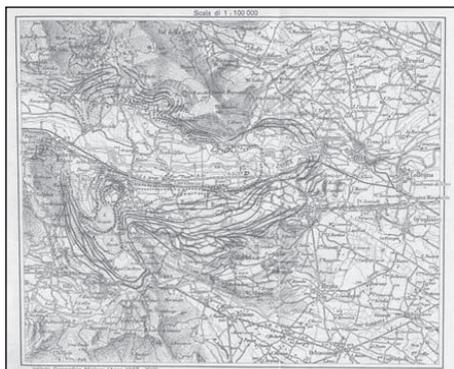


Figura 5 – Carta dell'Anfiteatro Morenico di Rivoli, frutto degli studi di Federico Sacco (1887, 1921) – Questa carta geomorfologica evidenzia bene il complesso di cerchie moreniche edificate dal ghiacciaio della Valle di Susa nel corso delle sue numerose fasi di avanzata e di ritiro.

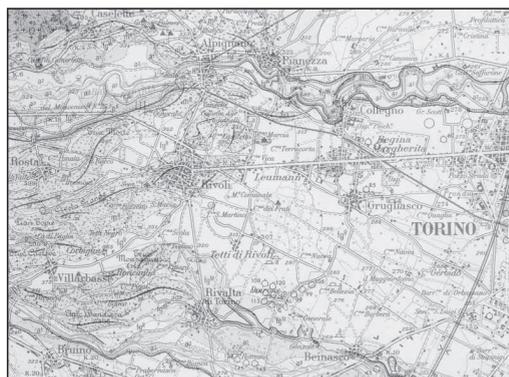


Figura 6 – Particolare del Foglio "Torino" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Bortolami et Al., 1969) – Si può notare come la necessità di far prevalere la rappresentazione delle formazioni geologiche renda le forme dell'Anfiteatro morenico di Rivoli-Avigliana poco riconoscibili nel loro complesso.

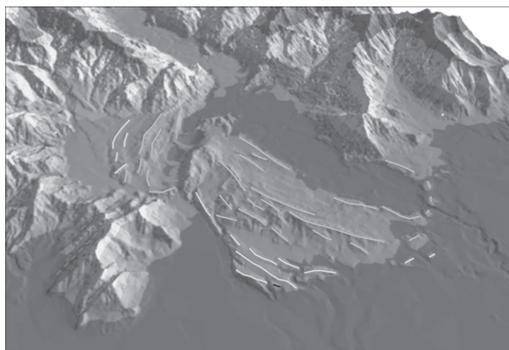


Figura 7 – Attraverso la visualizzazione del DSM Aster si sono potute riconoscere e rappresentare con precisione le morfostrutture vallive glaciali dell'edificio morenico (in blu), nonché alcuni lineamenti tettonici principali (in rosso).

Riferimenti Bibliografici

AA.VV. (2003), "AsterDTM 2.0. Installation and user's guide", SulSoft Ltda, 7-24.

Boccardo P., Bellone T., Borgogno Mondino E., Giulio Tonolo F., Perotti L. (2004), "Valutazione di DSM derivati da immagini satellitari stereoscopiche mediante software commerciali", VIII Conferenza Nazionale ASITA, pp. 461-466, Roma, Dicembre 2004.

Bortolami G.C., Crema G.C., Malaroda R., Petrucci F., Sacchi R., Sturani C., Tavaglini S. & Venzo S. (1969), "Foglio 56 "Torino" della Carta Geologica d'Italia", II ed., scala 1:100.000. Serv. Geol. It., Roma.

Carraro F. & Giardino M. (2004) "Quaternary glaciations in the western Italian Alps" in Ehlers J. & Gibbard J. (eds.): Quaternary Glaciations - Extent And Chronology, Elsevier B.V. 201-208.

Giardino M. & Mortara G. (a cura di) (2004), "I geositi nel paesaggio della Provincia di Torino". Pubblicazione del Servizio Difesa del Suolo della Provincia di Torino, 3 volumi.

Sacco F. (1887), "L'anfiteatro morenico di Rivoli", Boll. R. Comit. Geol. Ital., 5-6: 45 pp.

Sacco F. (1921), "Il glacialismo della Valle di Susa", L'Universo, 2: 561-592.

L'USO COMBINATO DI FOTOGRAMMETRIA DIGITALE TERRESTRE, LASER SCANNER, TECNICHE TOPOGRAFICHE TRADIZIONALI E GNSS PER L'ANALISI DELLA DINAMICA GRAVITATIVA DI VERSANTE: IL CASO DELL'ORIONDÉ (CERVINO, VALLE D'AOSTA)

Luigi PEROTTI (*), Marco GIARDINO (*), Walter ALBERTO (*),
Davide MARTELLI (**), Andrea TAMBURINI (**)

(*) Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra, GeoSitLab
Via Valperga Caluso 35, Torino luigi.perotti@unito.it

(**) IMAGEO s.r.l. , Spin-off dell'Università di Torino, imageo@unito.it

Riassunto

L'accelerazione dei processi di instabilità naturale verificatisi in tempi recenti per effetto di cambiamenti climatici impone particolare attenzione ai problemi di sicurezza dell'ambiente montano ad alta frequentazione turistica e suggerisce approcci innovativi su cui basare l'analisi del rischio: ad esempio, integrando monitoraggi locali tecnologicamente avanzati (fotogrammetria digitale, GNSS e Laser Scanner) con dati GIS a carattere regionale.

Al fine di studiare l'evoluzione nel tempo della dinamica gravitativa dei versanti Alpini valdostani, sono state svolte alcune campagne di rilevamento morfostrutturale sulle pareti rocciose del Cervino, mediante l'utilizzo di tecnologie innovative di rilievo. Il lavoro è stato svolto affiancando tecniche innovative ai tradizionali rilievi geomorfologici e geologico-strutturali, utili per evidenziare come i fenomeni di crollo dalle pareti rocciose siano strettamente dipendenti, da un lato, dalle caratteristiche geologiche intrinseche dell'ammasso e, dall'altro, siano in grado di condizionare profondamente l'evoluzione morfologica del rilievo.

Abstract

The acceleration of the natural instability processes taken place in recent times for effect of the climatic changes, imposes special caution to the problems of safety into high tourist frequentation environment, and suggests innovative approaches on which basing the risk analysis: as an example, integrating local monitorings (photogrammetry, GNSS and Laser Scanner) with regional GIS data.

In order to study the evolution of the gravitativ dynamics of the Valle d'Aosta Alpine landscape, some geomatics campaigns has been carried out with morpho-structural survey on the rocks walls of the Matterhorn. The job has been carried out supporting the geomatics survey with to the traditional geomorphological and geo-structural ones, useful in order to evidence the landslide phenomena induced on one side from the intrinsic geological characteristics of the heap and, from the other side, they are in a position to deeply conditioning the morphologic evolution of the relief.

Introduzione

Per dare nuovo impulso alla ricerca nell'ambito della caratterizzazione morfostrutturale degli ammassi rocciosi è stata sperimentata la scansione Laser Scanner del versante roccioso della parte bassa del versante italiano del Cervino: è stata condotta una campagna di riprese fotogrammetriche digitali con camera calibrata, ed il loro orientamento attraverso appositi *software*. L'intero rilievo è stato appoggiato alla cartografia di base grazie ad una rete di inquadramento creata sulla base di rilievi GNSS/Topografici. Tutto ciò al fine di indagare in modo rapido ed il più possibile preciso l'andamento delle discontinuità dell'ammasso roccioso. L'individuazione delle principali fratture è

L'individuazione delle principali fratture è avvenuta sia mediante rilievo diretto in parete (Figura 3), sia mediante l'analisi geometrica delle nuvole derivanti dalle scansioni Laser, e sia mediante restituzione delle immagini digitali in stereoscopia.



Figura 3. Fasi del rilievo in parete Oriondè (Pogliotti, 2006).

È stato necessario eseguire un lavoro di inquadramento topografico/cartografico in modo tale da inserire i singoli rilievi in un unico sistema cartesiano di riferimento.

Le fasi di lavoro possono essere così riassunte:

- creazione di capisaldi del rilievo;
- campagna GNSS di acquisizione coordinate dei capisaldi;
- campagna di acquisizione scansioni Laser terrestri a partire dai capisaldi;
- rilievo topografico di appoggio con apertura a terra e celerimetrico in parete;
- campagna fotogrammetrica di acquisizione prese da terra;
- creazione monografie dei punti;
- orientamento fotogrammi digitali;
- restituzione ed analisi dati fotogrammetrici;
- allineamento e georeferenziazione dati Laser Scanner a partire anche dalle prese fotogrammetriche;
- restituzione ed analisi dati Laser.

Rete di Inquadramento

La porzione di versante esaminato è ubicato nel settore sud del Cervino nella porzione mediana del rilievo, ha un'estensione di circa 600 m in altezza e 300 m in larghezza e si presenta notevolmente articolata dal punto di vista morfologico.

In primo luogo sono state acquisite le coordinate assolute di 3 punti alla base della parete (Figura 4). E' stata fatta una campagna GNSS differenziale doppia frequenza in modalità *fast-static* con strumentazione Topcon HyperPro GPS+GLONASS, fissando i punti con chiodi nella roccia in posto ben individuabili e da cui sono state anche eseguite le misure Laser Scanner. Il post-processamento dei dati acquisiti ha comportato una fase di compensazione degli stessi, facendo riferimento ai dati di alcune stazioni GPS Master fisse presenti nell'arco alpino occidentale. Collegandosi a questi punti, è stato possibile progettare ed eseguire l'operazione di appoggio per la fotogrammetria e per la georeferenziazione dei dati Laser.

Mediante l'utilizzo di una Stazione Totale, è stata realizzata l'acquisizione delle mire misurando alcuni punti in parete, ben riconoscibili morfologicamente, per la collimazione dei fotogrammi nelle applicazioni fotogrammetriche (Figura 5).

Per quanto riguarda l'allineamento delle scansioni Laser è stato previsto l'utilizzo dei tre capisaldi GNSS acquisiti per posizionare i punti di presa a causa dell'impossibilità di sistemare direttamente le mire riflettenti in parete. Dopo la fase di orientamento fotogrammetrico comunque è stato possibile restituire in stereoscopia i punti per l'allineamento delle scansioni Laser. Per ogni punto battuto è stata realizzata una monografia fotografica completa che permetterà in futuro l'appoggio dei rilievi successivi.

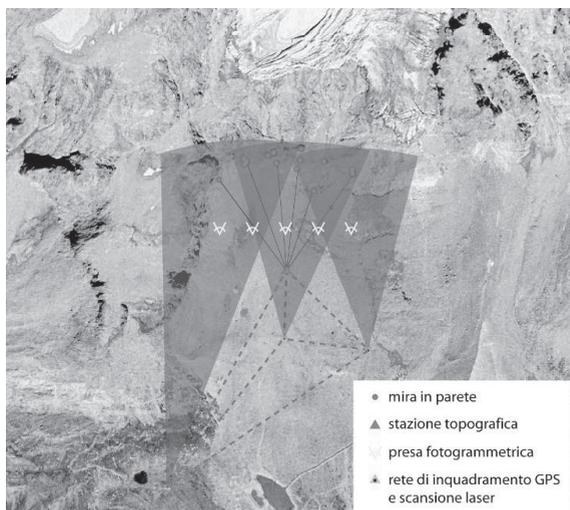


Figura 4. Geometrie dei rilievi e delle scansioni Laser sulla parete.

Rilievo fotogrammetrico

La fotogrammetria digitale da terra ha consentito di effettuare misure geometriche sulle pareti attraverso una ricostruzione stereoscopica delle stesse ottenuta sfruttando il concetto di stereoscopia propria del processo visivo umano. Per il rilievo è stata utilizzata una camera non-metrica con obiettivo calibrato modello Nikon D70s con sensore da 6 milioni di pixel e ottica da 24mm. Il progetto del rilievo ha previsto la realizzazione di 5 prese con un rapporto B/H di 1/3 per avere il massimo rigore fotogrammetrico compatibilmente con l'ambiente di lavoro. Sono state effettuate prese fotogrammetriche inclinate al versante indagato (circa 18°), con distanza tra i punti di presa corrispondente a circa 50 m (un terzo della distanza punto di presa-parete), che è stata mantenuta invariata in tutte le prese.

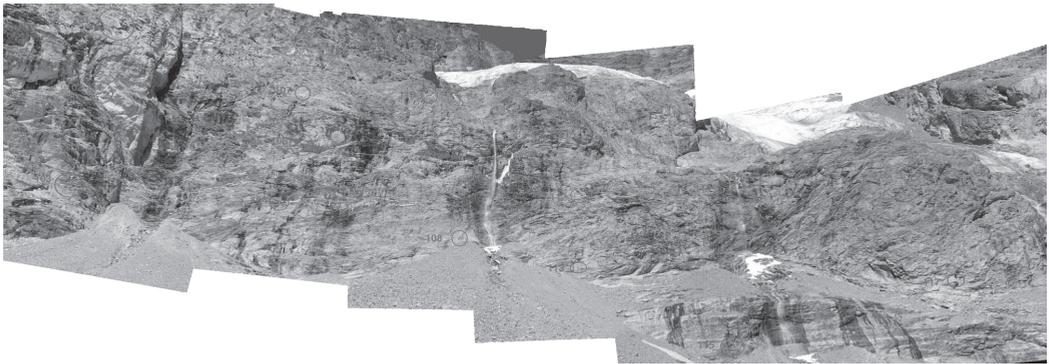


Figura 5. Localizzazione dei punti sul versante per la collimazione delle immagini.

La fase di orientamento è stata al momento eseguita su una coppia di fotogrammi. I risultati dell'orientamento "relativo-assoluto", condotto con il software "Z-glif", sono del tutto soddisfacenti: gli scarti sui punti d'appoggio utilizzati per l'assoluto sono dell'ordine dei 30 cm considerando le prese inclinate (Figura 6). A causa della distanza di scatto (oltre 200 m) e alla risoluzione della camera (6 Mpixel) non è stato possibile identificare particolari di dettaglio. Si può però constatare che l'analisi delle discontinuità strutturali e delle caratteristiche geomorfologiche della parete è facilitata dalla possibilità offerta dalla fotogrammetria digitale terrestre di esaminare l'oggetto in modalità stereoscopica. I presupposti del progetto erano di poter sviluppare e collaudare un metodo di raccolta dati veloce ed economico, quindi si è optato per una camera commerciale digitale e per un software fotogrammetrico come Z-Glif (che utilizza una visione anaglifica solo per coppie stereo) ma che risulta avere comunque un motore fotogrammetrico professionale. La restituzione anaglifica delle fratture individuate ha consentito di estrapolare ed analizzare un'ampia gamma di informazioni sulla geometria delle discontinuità dell'ammasso roccioso da confrontare poi con il dato Laser.

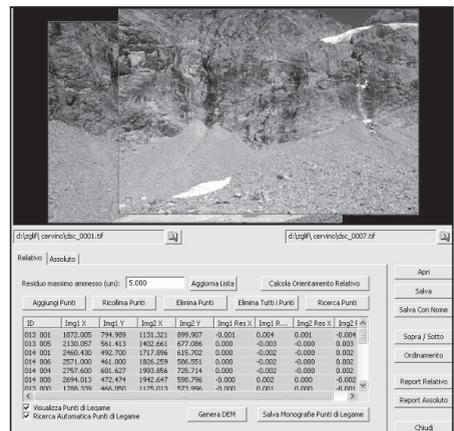


Figura 6. Procedura di Orientamento fotogrammetrico relativo-assoluto.

Rilievo laser

La scansione della parete rocciosa effettuata con Laser Scanner OPTECH Ilris 3D ha permesso di ottenere una nuvola di punti in grado di rappresentare tridimensionalmente la geometria del versante (Figura 7).

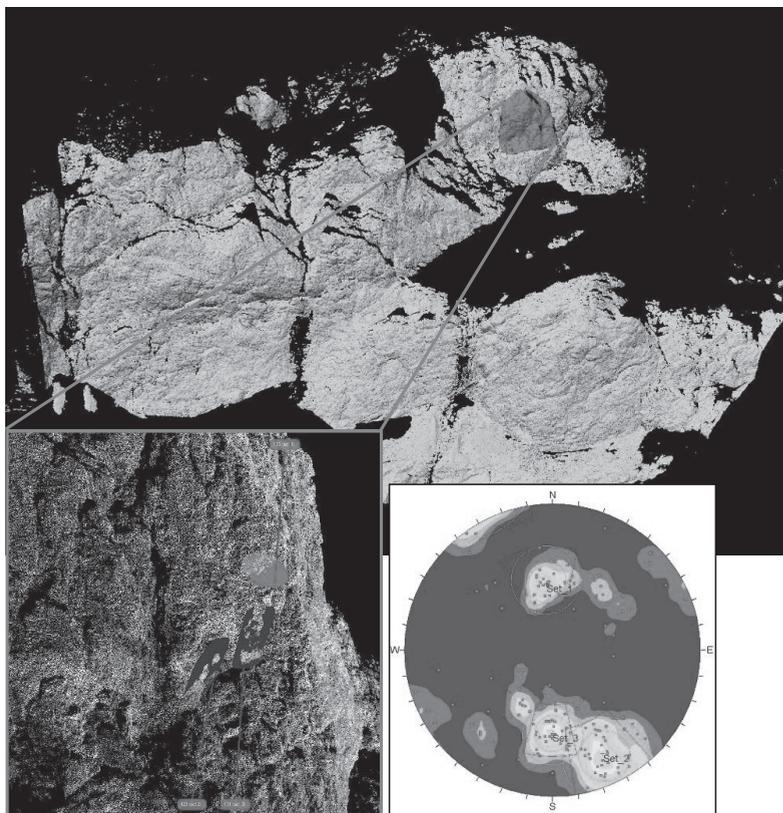


Figura 7. A partire dall'immagine solida prodotta da LSR (in alto, vista complessiva), selezione dei piani di discontinuità (dettaglio in basso a sinistra, i colori rosso e blu rappresentano rispettivamente la superficie superiore ed inferiore di ciascun piano) con individuazione automatica dei valori di immersione ed inclinazione proiettati sul diagramma strutturale (emisfero inferiore) in basso a destra.

Sono state realizzate tre scansioni del versante da diverse posizioni e successivamente orientate attraverso le coordinate dei punti di stazione (note dal rilievo GPS) e da specifiche monografie create ad hoc dalla restituzione foto-

grammetrica. In questo modo, senza l'utilizzo di mire riflettenti in parete, è stato possibile georiferire l'intero rilievo del versante. L'acquisizione prevede anche la presa calibrata contemporanea di fotogrammi digitali con una camera interna di bassa qualità radiometrica. Si è preferito ricorrere all'analisi della nuvola di punti drappeggiata artificialmente e di utilizzare direttamente le prese orientate fotogrammetriche attraverso la rototraslazione tra i sistemi di riferimento del Laser e della camera collimando manualmente i punti corrispondenti individuati sulla nuvola di punti. Questa operazione ha consentito di sovrapporre alla nuvola di punti un'immagine della parete. Tramite il software Polyworks è stato quindi possibile, mediante una macro creata appositamente, ricavare direttamente coordinate di punti, distanze e giaciture di piani.

Considerazioni conclusive

L'applicazione di tecnologie innovative quali la fotogrammetria digitale terrestre ed il Laser Scanner per lo studio delle condizioni di fratturazione e della stabilità dei versanti rocciosi alle alte quote nella zona dell'Oriondè (Cervino) ha rivelato pregi e limiti delle due tecniche. Nel corso della ricerca è stata messa a punto una metodologia di lavoro sul terreno in grado di restituire dati sulla morfologia della parete senza necessità di raggiungere la parete stessa per misure e posizionamento di mire riflettenti; è stata inoltre posta particolare attenzione alla fase di trattamento dei dati per la quale sono stati testati diversi software. I primi test svolti rivelano come la fotogrammetria consenta

di individuare visivamente le discontinuità morfologiche sul versante ma la precisione del dato dipenda dall'accuratezza in fase di restituzione legata alla distanza di presa ed ovviamente alla qualità fotografica utilizzata; inoltre vi sono limiti nella precisione e nel posizionamento dei punti di presa, in particolare in ambiente montano. La scansione Laser, al contrario, può dare ottimi risultati nell'analisi di porzioni di versante anche ampie, indipendentemente dai punti di presa (scelti a discrezione dell'operatore in funzione delle possibilità logistiche). La messa a punto, l'applicazione e la verifica delle metodologie innovative proposte per l'analisi morfostrutturale risultano molto utili per garantire un approccio "completo" all'analisi dei fenomeni gravitativi di versante a differente scala, qualitativo e quantitativo, sia in senso temporale (infra-pluriannuali) che spaziale (dalla singola parete all'intero massiccio). In conclusione si evidenzia la complementarità delle tecniche tra la fotogrammetria, dalla quale si può estrarre un'informazione d'insieme, e il Laser Scanner, con il quale si può entrare in maggior dettaglio riservando a quest'ultimo la scansione delle porzioni di interesse per l'estrazione di informazioni geometriche di maggior dettaglio.

Riferimenti Bibliografici

- Bornaz L., Dequal S. (2003), "*L'immagine solida: un concetto innovativo e le sue applicazioni*", ASITA 2003.
- Bornaz L., Rinaudo F. (2004), "*terrestrial laser scanner data processing*", Proceedings of XX ISPRS Congress.
- Giardino M, Chiuminatto D., Perotti L., Marenchino D., (2006) *Fotogrammetria Digitale Terrestre per l'analisi della dinamica gravitativa di versante: Il caso del bacino del Miage*. ASITA 2006.
- Haerberli W., Wegmann M. & Muhll D.V. (1997), "*Slope stability problem related to glacier shrinkage and permafrost degradation in the Alps*". *Eclogae geol. Helv.*, 90, 407-414.
- Orombelli G., Tanzi G. & Ravazzi C. (2004), "*Glacier extent over the Italian Alps during the HCO*". In: *Climex Maps Italy, Litho-Palaeoenvironmental Maps of Italy during the Last Two Climatic Extremis*, Explanatory notes.
- Pogliotti P. (2006), "*Analisi morfostrutturale e caratterizzazione termica di ammassi rocciosi recentemente deglaciat*". Tesi di laurea inedita, Università di Torino, 191 pp.
- Wegmann M., Gudmundsson G.H. & Haerberli W. (1998), "*Permafrost changes in Rock Wall and the Retreat of Alpine Glaciers: a Thermal Modelling Approach*". *Permafrost Perigl. Process.*, 9, 23-33.

TELERILEVAMENTO E GIS PER L'ANALISI TEMATICA, LA CARATTERIZZAZIONE E LA RAPPRESENTAZIONE DI ELEMENTI GEOMORFOLOGICI NEGLI ARCIPELAGHI DELLA MACARONESIA (ATLANTICO ORIENTALE)

Luigi PEROTTI (*), Marco GIARDINO (*),
Giulia BERTOLINO (*), Gianni MORTARA (**)

(*) Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra, GeoSitLab
Via Valperga Caluso 35, Torino, luigi.perotti@unito.it

(**) CNR-IRPI, Istituto di ricerca per la protezione idrogeologica, Torino - Italia

Riassunto

Nell'Atlantico Nord orientale gli arcipelaghi delle Azzorre, Capo Verde, Canarie, Madeira e Isole Selvagge costituiscono la Macaronesia, termine moderno derivato dal greco col significato di "isole fiorite", utilizzato dai geografi antichi per riferirsi alle isole che si trovavano al di là dello Stretto di Gibilterra. Si tratta di una trentina di piccole isole di origine vulcanica la cui complessità del geosistema favorisce la diversità biologica, tanto da creare una provincia botanica a se stante di pari importanza rispetto a quelle continentali.

In questo contesto è stato sviluppato un Sistema Informativo Territoriale completo per la raccolta dei dati telerilevati disponibili ad oggi a media scala e con costi relativamente contenuti o gratuiti (immagini ASTER, LANDSAT e SRTM) che permettono di indagare la complessità dei geosistemi presenti attraverso l'analisi del territorio da remoto sugli aspetti geomorfologici e vulcanici. Attraverso la scelta ragionata dei dati a disposizione sarà possibile procedere ad analisi geomorfometriche sulle forme vulcaniche (caldere), tematiche sullo stato di attività vulcanica recente e passata (riconoscimento colate laviche) e possibile individuazione di elementi precursori dell'attività vulcanica (fenomeni di degassamento, latenza termica).

Attraverso l'utilizzo dei dati tridimensionali derivati (DSM SRTM e Aster DSM) è stato possibile creare modelli digitali del terreno e relativi scenari 3-D. Questi modelli si sono dimostrati utili alle analisi morfometriche ma soprattutto indispensabili al supporto di un'analisi divulgativa sulla conservazione del patrimonio naturale al fine di favorire un turismo sostenibile, oggi sempre più necessario di fronte alla naturale evoluzione delle forme geologiche ed all'incessante intervento antropico.

Abstract

Macaronesia consists of a group of several islands scattered in the North-East Atlantic off the coast of Africa. This region includes the Canary Islands (Spain), Madeira (Portugal), and the Azores (Portugal), which are outermost regions (OR) of the European Union, and Cape Verde. Macaronesia is modern term derived from the greek with the meaning of "islands flowers". The Macaronesian islands are of volcanic origin and are characterized by very steep landscapes. The Teide volcano on the Island of Tenerife in the Canaries culminates at an altitude of 3,718 metres. Macaronesia has a sub-tropical climate. In this context a comprehensive Geographic Information System was developed for the collection of remotely sensed data available today (ASTER images, LANDSAT and SRTM) that allow to investigate the complexity of Macaronesia geosystem through analyses of some geomorphological, geomorphometric and volcanic aspects. Through the use of 3-D data derived (DSM SRTM and Aster DSM) and its 3-D scenarios morphometric analysis have been created also for the support of the conservation of natural heritage in order to promote sustainable tourism.

Introduzione

Si tratta di isole emerse dal mare dopo successive eruzioni sottomarine di magmi fondamentalmente basici (basalto), che si sono ripetute dal Miocene all'Attuale, attraverso fratture e zona di debolezza della crosta oceanica. Fanno eccezione Lanzarote e Fuerteventura che essendo più vicine al continente poggiano su crosta di transizione, continentale-oceanica. Gli studi oceanografici dei fondali atlantici delle ultime decadi hanno rivelato che la loro età aumenta mano a mano che ci si allontana (1 o 2 cm all'anno) dalla dorsale. Allo stesso modo, gli assi strutturali principali della geotettonica atlantica condizionano le direzioni e gli allineamenti degli arcipelaghi nei quali si osserva un predominio delle strutture NE-SW e NNW-SSE. Tranne le Azzorre, tutti gli altri arcipelaghi si trovano all'interno della placca tettonica africana, che gli conferisce un minore rischio sismico e una minore attività tettonica; allo stesso tempo, le isole Azzorre possiedono una maggiore attività vulcanica e sismica a causa della loro posizione sul bordo della placca in entrambi i lati della dorsale. La fisionomia che ne risulta è caratterizzata da numerosi cono vulcanici e rocce ignee ma anche da depositi sedimentari e campi di dune eoliche.

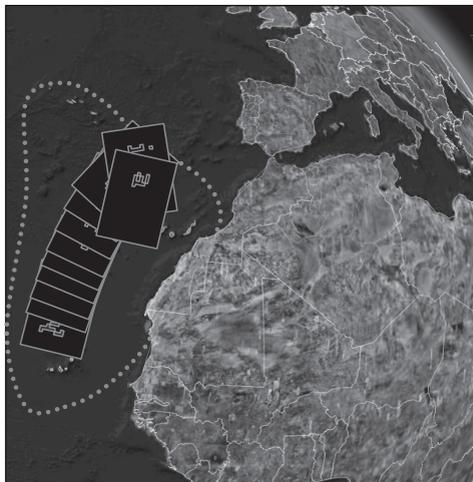


Figura 1. Ubicazione degli arcipelaghi della Macaronesia.

Obiettivi del lavoro

In generale, le isole oceaniche rappresentano indicatori sensibili degli aspetti dinamici dei sistemi della Terra. Le loro forme (incluso le coste) e le loro coperture rispondono rapidamente a disturbi causati sia da fattori naturali che da fattori antropogenici. Questo programma di ricerca prevede l'utilizzo di una prospettiva remota da satellite per comprendere l'evoluzione delle caldere delle isole vulcaniche della Macaronesia. Esaminando le caldere, l'uso del suolo e le coperture nonché l'attività vulcanica di tali isole, ci si auspica di caratterizzarne il trend geomorfologico; i confronti avverranno anche analizzando dati storici con mappe ed immagini ad alta risoluzione e dati termali. I Modelli di Elevazione del Terreno (DEM) costituiscono un valido strumento in molti ambiti applicativi e, in particolare, per l'analisi geomorfologica del territorio. La disponibilità di immagini satellitari stereoscopiche a media ed alta risoluzione geometrica consente la generazione di DSM in aree in cui manca un'adeguata copertura cartografica, ma si rivelano indispensabili anche in ambiti naturali differenti. Questo progetto di ricerca è stato suddiviso in più fasi: una prima fase di raccolta dati e costruzione del Sistema Informativo Geografico (GIS); una seconda fase di pre-elaborazione dei dati; una terza fase di test su alcuni dati campione ASTER, su cui verranno effettuate prove di estrazione semi-automatica di DSM utilizzando software commerciali quali AsterDTM (ENVI); si procederà infine sulla base dei dati ottenuti, all'analisi delle immagini multi spettrali ed all'analisi geomorfologica/geomorfometrica dell'intero territorio anche attraverso l'estrazione di dati da modelli stereoscopici o 3-D.



Figura 2. Isole della Macaronesia

Raccolta dati disponibili

Per ogni arcipelago della Macaronesia sono state raccolte le immagini satellitari disponibili ad oggi a media scala e con costi relativamente contenuti e/o gratuiti; queste sono state inserite in un *GIS* per la gestione delle successive fasi (tabella 1):

| Arcipelago | Landsat 7 ETM+ | SRTM | Mosaici Landsat | Aster | Totale immagini per arcipelago |
|--|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-----------------------------------|
| Azzorre | 5 | 4 | 2 | 6 | 17 |
| Canarie | 7 | 8 | 1 | 14 | 30 |
| Capo Verde | 7 | 7 | 4 | 9 | 27 |
| Madeira | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 |
| Tot. immagini per tipologia | 20 | 20 | 8 | 31 | 79 |

Tabella 1. Dati disponibili

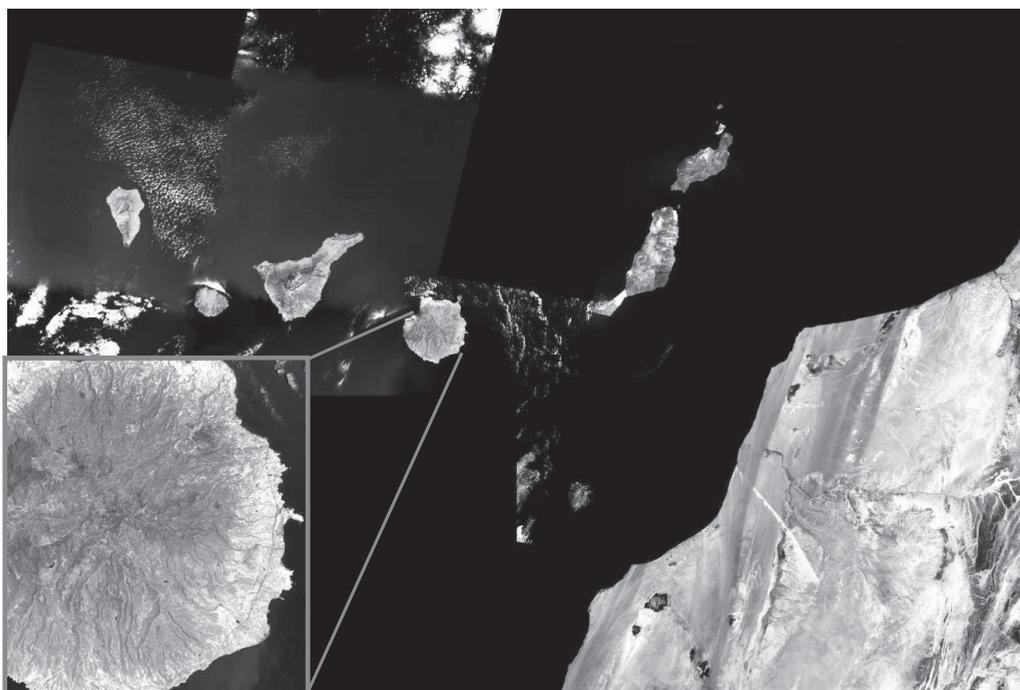


Figura 3. Esempio di Mosaico Landsat delle isole Canarie e particolare dell'immagine ASTER in falsi colori (321).

Gestione dei dati

L'intero set di dati raccolti è stato inserito in ambiente *GIS* (Arcgis 9.2) in cui sono stati anche plottati tutti i limiti delle immagini disponibili. Per ciascun poligono (quindi immagine disponibile) sono stati inoltre associati i dati relativi alla tipologia del dato, all'arcipelago di appartenenza, all'isola, la data di acquisizione dell'immagine e, quando possibile, i dati relativi alla nuvolosità. La creazione di un *GIS* risulta indispensabile per la gestione organizzativa dei dati, soprattutto in riferimento ad analisi su un ambito così vario di isole distribuite su un'area atlantica vasta (figura 4).

L'analisi delle immagini satellitari in ogni caso non sarà conducibile interamente nell'ambito GIS (nato per la gestione dei dati vettoriali) ma verrà fatta attraverso l'utilizzo di software specifici.

Successivamente i risultati delle elaborazioni verranno importati all'interno dell'ambiente ArcGis.

Elaborazione Dati

I dati raccolti sia sotto forma di metadato informativo sia di dato raster completo, necessitano comunque di una serie di preelaborazioni di base per predisporli alla successiva fase di analisi. Si tratta in primo luogo di preelaborazioni di tipo geometrico necessarie per correggere l'acquisizione satellitare dagli errori dovuti al rilievo e per l'inserimento in un contesto cartografico. Nel caso specifico non sono disponibili cartografie di base a scale sufficienti (almeno 1:25.000), si è quindi scelto di utilizzare come base cartografica di riferimento, le immagini Landsat acquisite in versione Orthoready. Le immagini Aster sono state quindi ortorettificate mediante l'acquisizione di Punti di Controllo (GCPs) acquisiti sulle stesse

immagini Landsat che garantiscono un'accuratezza di posizionamento inferiore a 2 pixel e con le quote raccolte dai DSM SRTM che garantiscono una sufficiente accuratezza verticale per l'ortorettifica. Per ciascuna immagine sono stati acquisiti circa 10 punti planaltimetrici e sono state prodotte le ortofoto tramite il modello implementato all'interno del software ENVI 4.3. Le preelaborazioni radiometriche comprendono una fase di calibrazione del sensore necessaria a passare a valori di riflettanza per ogni pixel dell'immagine ed una fase di eliminazione del disturbo atmosferico; infine si procede alla calibrazione topografica ove l'orografia sia particolarmente accidentata. A titolo di esempio, sulle immagini acquistate (Aster LIB) sono state eseguite le operazioni di calibrazione radiometrica ed atmosferica con il modulo FLAASH (disponibile in ENVI) che si basa sui modelli atmosferici di MODTRAN. L'immagine risultante è un dato in valori di riflettanza pronto per essere elaborato attraverso le tecniche del telerilevamento.

Modelli digitali della Superficie (DSM)

Per questo progetto è stato previsto l'acquisto di immagini ASTER (le uniche a pagamento) per la possibilità di estrarre un DSM in modo semi-automatico da confrontarsi con il dato gratuito prodotto dalla missione Shuttle SRTM. Di fatto, per esigenze cartografiche a scale medio piccole, il

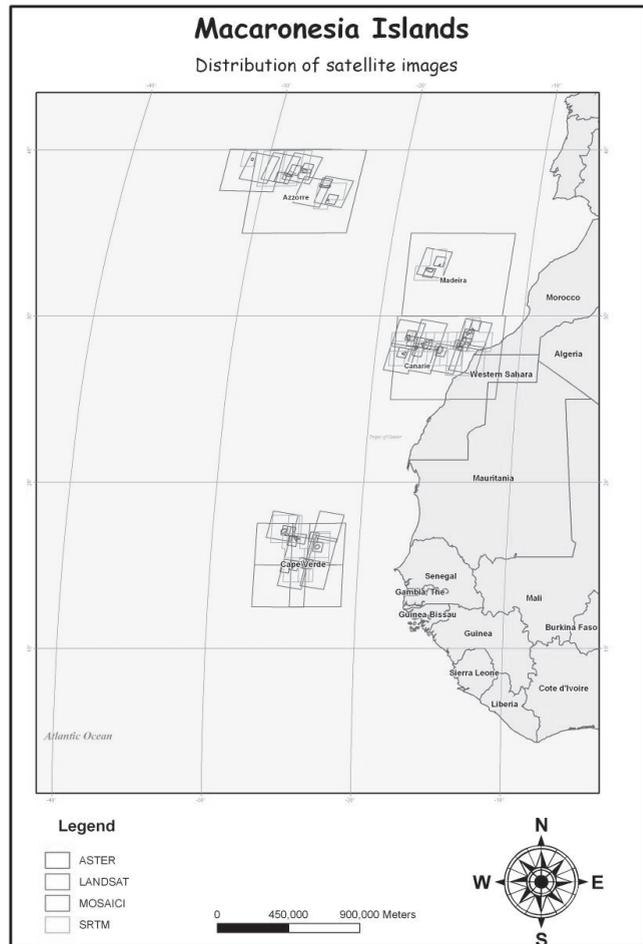


Figura 4. Esempio di Mappa ricavata dal progetto GIS.

DSM SRTM risulterebbe sufficiente. In questo contesto geomorfologico è stato previsto di confrontare i due dati al fine di ottenere un DSM il più possibile fedele al contesto. I fattori che permettono di ottenere un buon DSM, sono il tipo di rilievo (meglio collinare che accidentato con

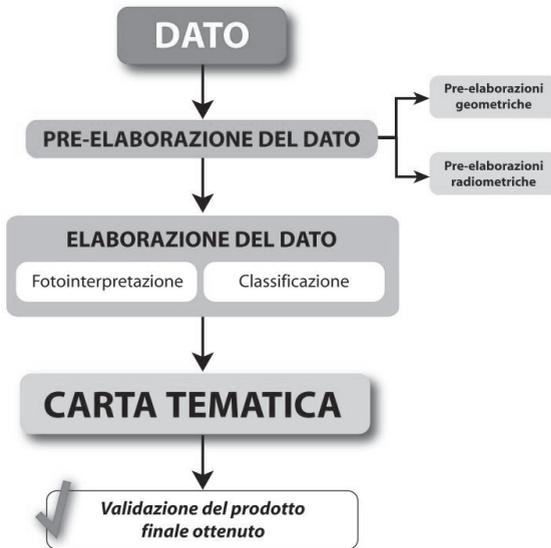


Figura 5. Diagramma delle fasi di lavoro

SRTM soprattutto in morfologie variabili e con salti di pendenza frequenti in cui SRTM ha dimostrato una tendenza ad appiattire la morfologia. Dai test effettuati e dalla bibliografia esistente i modelli numerici ricavati risultano, dal punto di vista metrico, adatti ad analisi morfometriche e geomorfologiche a scala variabile tra il 100.000 ed il 50.000. La qualità complessiva del DSM Aster è risultata molto soddisfacente per l'estrazione di informazioni sulle forme mesoscopiche e macroscopiche del territorio (caldere) tenendo presente che la risoluzione spaziale ottenuta è dell'ordine dei 15m.

Analisi dati e Conclusioni

L'analisi dei dati è avvenuta su un set di dati appartenenti alle isole di Fogo e di Boa Vista nell'arcipelago di Capo Verde. Dal punto di vista geomorfometrico, a partire dal dato ASTER DSM sono state prodotte una serie di cartografie di base da utilizzare per le caratterizzazioni geomorfologiche delle isole dell'arcipelago. In particolare per la restituzione di forme quali le caldere si è dimostrata molto utile la visualizzazione anaglifca sui modelli stereoscopici creati durante la procedura di elaborazione del DSM stesso. Dal punto di vista spettrale le analisi sono state condotte sia dal punto di vista qualitativo (fotointerpretazione) che quantitativo (classificazioni). Le prime risultano utili per lo studio morfometrico delle forme. Le altre per la caratterizzazione delle coperture (es: distinzione delle fasi vulcaniche).

Lo scopo del lavoro, in futuro, sarà di analizzare le forme e le coperture vulcaniche di ciascun arcipelago per poter correlare il tipo di forma geomorfometrica al tipo di vulcanismo attivo o quiescente in modo da definire i rapporti esistenti nell'origine vulcanica di tutta la Macaronesia. Per fare ciò oltre all'analisi qualitativa dei parametri geomorfometrici sarà indispensabile uno studio spettrale per l'individuazione di analogie (o meno) nella composizione delle rocce vulcaniche.

Attualmente sono in fase di creazione su alcune aree test alcuni modelli 3-D interattivi, costruiti a partire dai dati satellitari da utilizzare a scopo divulgativo e come esempio per la protezione e conservazione dei beni geomorfologici naturali che caratterizzano la Macaronesia.

UN METODO DI TRACCIAMENTO DEI SONDAGGI ARCHEOLOGICI CON L'UTILIZZO DELLA CARTOGRAFIA ANTICA NEL PARCO DELLA REGGIA DELLA VENARIA REALE

Luca PERRICONE

(*) Studio Tecnico Perricone & Zonza Geometri, Via Sordevolo 3/B, 10154 Torino;
tel 011/2876043, e-mail studio@perricone-zonza.it

Riassunto

Un metodo topografico appositamente progettato, ha permesso di utilizzare un antico rilievo (rilievo Falchetti - Perratone 1796-1798) per tracciare il perimetro dei corpi di fabbrica del Parco Alto, in modo da consentire all'archeologo, Dott. Marco Subbrizio, il posizionamento più valido dei cinque sondaggi di ridottissime dimensioni richiesti dalla Soprintendenza ai Beni Archeologici del Piemonte. L'obiettivo dei sondaggi era accertare l'esistenza e la qualità dei resti delle strutture murarie del Parco, per questo motivo, il corretto posizionamento degli scavi, in un'area di oltre 37,00 Ha senza punti di riferimento vicini, assumeva un'importanza fondamentale per il lavoro archeologico. Infatti, un piccolo errore nel tracciamento dei punti di sondaggio avrebbe potuto dare origine a risultati dubbi o falsamente negativi. Il metodo qui descritto, fondato su reiterate correzioni, ha prodotto validi risultati.

Abstract

A specifically designed topographic method enabled the use of a historical survey (the Falchetti Perratone survey 1796-1798) to demarcate the perimeter of the buildings of the Upper Park, so as to allow the archaeologist (Dott. Marco Subbrizio) to position the five bores of very small dimensions required by the Superintendence for Archaeological Heritage of Piedmont in the most effective way. The aim of the bores was to ascertain the existence and quality of the remains of the masonry walls of the Park and for this reason the correct positioning of the excavations, in an area of over 37.00 ha without any nearby reference points, assumed fundamental importance for the archaeologist's work. In fact, a small deviation in the positioning of the bores could have led to falsely negative results. The method described here, based on reiterated corrections, produced valid results.

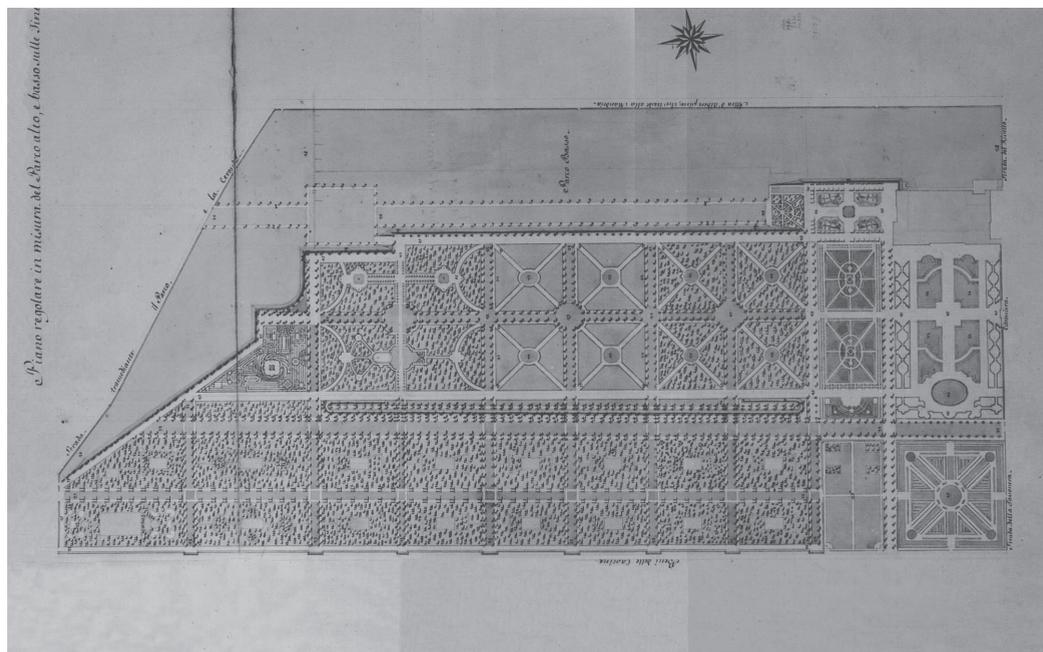
Informazioni generali

Luogo: Reggia della Venaria Reale (TO); Committente: STUDIUM del Dott. Marco Subbrizio Archeologo; Dir. Scientifica Sopr. BB. AA. e P. del Piemonte; Progetto topografico, elaborazioni e rilievi: StudioTecnico Perricone & Zonza.

La cartografia utilizzata

La cartografia utilizzata, selezionata tra altri documenti dagli storici, è un rilievo realizzato nel 1796-97-98 da Giacinto Falchetti per la formazione del "Cabreo dei possedimenti della Corona alla Venaria Reale e alla Mandria" (Archivio di stato di Torino), revisionato con apposizione di firma da Ludovico Perratone Regio Misuratore nel 1826. Il disegno, su foglio di 80*50cm circa, in carta spessa, a china e acquerello con disegno preparatorio a matita, è in trabucchi piemontesi, senza linee di parametratura ma con scala grafica di riferimento da 0 a 200 trabucchi. Il disegno raffigura viali e strutture del parco e una porzione del perimetro della Reggia.

Il Prelievo di misure e coordinate



*Figura 1- "Piano regolare in misura del Parco alto e basso sulle fini della Venaria"
Rilievo Falchetti del 1796-1798 revisionato da Ludovico Perratone nel 1826 dal "Cabreo dei
possedimenti della Corona alla Venaria Reale e alla Mandria".*

Il prelievo di coordinate è stato fatto dal documento originale conservato presso l'Archivio di Stato di Torino (Fig. 1). Per mezzo del tradizionale metodo di scalimetro e lente di ingrandimento, sono state rilevate le misure grafiche di un copioso numero di segmenti sia della geometria dei giardini sia della porzione del perimetro della Reggia raffigurati sul documento. Nell'operazione di prelievo delle misure grafiche si è utilizzata la scala grafica da 0 a 200 trabucchi disegnata dall'antico misuratore al margine destro del disegno. Le misure così prelevate sono state proporzionate in base agli intervalli riportati sulla scala grafica e quindi trasformate da trabucchi a metri.

La conversione da trabucchi a metri

Dal suo arrivo in Piemonte sul finire del 1700, con le idee nuove della Repubblica Francese, il sistema metrico decimale ha dovuto attendere, per la sua completa stabilizzazione, fino al 1845 quando il Regio Editto dell'11 settembre lo rese obbligatorio in tutti gli stati di terraferma a partire dal 1 gennaio 1850. In questo ampio arco di tempo, il sistema metrico decimale ha convissuto, con alterne fortune, con le misure tradizionali piemontesi e numerosi sono stati i tentavi, di eruditi o delle autorità, di fornire esatti calcoli di conversione e tabelle di raffronto tra i due sistemi. Per questo motivo, la bibliografia di riferimento non fornisce, per la trasformazione da trabucchi a metri, un valore univoco. I valori variano di pochi millimetri: in generale da 3,083 m o a 3,086 m. Tale differenza, notevole dal punto di vista del calcolo topografico classico, non era invece rilevante in questo specifico lavoro in quanto gli scarti dati dall'utilizzo di una o l'altra misura erano paragonabili all'inevitabile errore di graficismo insito tanto nella creazione del disegno, quanto nel prelievo da esso delle misure (Fig. 2).

In questo caso, visto il periodo di creazione e revisione del rilievo, si è considerato il trabucco pari a 3.083 m per arrotondamento del valore calcolato di 3.0826 m nel “Saggio del sistema metrico della Repubblica Francese col rapporto delle sue misure a quelle del Piemonte” (Vassalli Eandi), successivamente ribadito nelle “Tavole di ragguaglio delle misure e dei pesi metrici decimali con le misure e coi pesi del Piemonte e viceversa secondo le basi della Commissione creata dal Prefetto del Dipartimento del Po il 27 giugno 1807” (Giacomino).

| segmenti | misure grafiche prelevate dalla mappa | | misure reali calcolate in trabucchi piemontesi | | conversione misure reali da trabucchi a metri | | | |
|-------------|---------------------------------------|---------------|--|--------------|---|-----------------|--------|-------------------------|
| | misure grafiche | scala grafica | scala dei trabucchi | misure reali | misure reali | misure reali | scarti | misure reali utilizzate |
| | cm | cm | trabucchi | trabucchi | m (tr=3,083) | m (tr=3,086) | m | m (tr=3,083) |
| AB | 9,50 | 21,75 | 200,00 | 87,36 | 269,32 | 269,58 | -0,26 | 269,32 |
| BC | 19,45 | 21,75 | 200,00 | 178,85 | 551,40 | 551,93 | -0,54 | 551,40 |
| CD | 9,50 | 21,75 | 200,00 | 87,36 | 269,32 | 269,58 | -0,26 | 269,32 |
| DA | 19,60 | 21,75 | 200,00 | 180,23 | 555,65 | 556,19 | -0,54 | 555,65 |
| AC | 21,68 | 21,75 | 200,00 | 199,36 | 614,62 | 615,21 | -0,60 | 614,62 |
| BD | 21,72 | 21,75 | 200,00 | 199,72 | 615,75 | 616,35 | -0,60 | 615,75 |
| OP | 2,20 | 21,75 | 200,00 | 20,23 | 62,37 | 62,43 | -0,06 | 62,37 |
| QR | 2,20 | 21,75 | 200,00 | 20,23 | 62,37 | 62,43 | -0,06 | 62,37 |
| ST | 2,30 | 21,75 | 200,00 | 21,15 | 65,20 | 65,27 | -0,06 | 65,20 |
| TU | 1,51 | 21,75 | 200,00 | 13,89 | 42,81 | 42,85 | -0,04 | 42,81 |
| VZ | 1,02 | 21,75 | 200,00 | 9,38 | 28,92 | 28,94 | -0,03 | 28,92 |
| YX | 0,98 | 21,75 | 200,00 | 9,01 | 27,78 | 27,81 | -0,03 | 27,78 |
| X1X2 | 12,33 | 21,75 | 200,00 | 113,37 | 349,52 | 349,86 | -0,34 | 349,52 |
| X1O | 4,52 | 21,75 | 200,00 | 41,58 | 128,20 | 128,32 | -0,12 | 128,20 |

Figura 2- Prelievo e calcolo delle misure reali dal rilievo Falchetti - Perratone

La valutazione della qualità del disegno

Per poter procedere era fondamentale poter valutare in via preliminare l'attendibilità della mappa dal punto di vista geometrico e topografico, cioè valutare il grado di incertezza che le informazioni desunte dal disegno, avrebbero dato alle coordinate e all'appoggio topografico della poligonale di tracciamento. Tale valutazione è stata fatta rilevando in sito i punti del perimetro del corpo di fabbrica della Reggia (Figg. 3 e 4) e quindi svolgendo dei confronti tra le misure dei segmenti rilevate topograficamente e le corrispondenti misure ricavate dal disegno (Fig. 5). Sono state rilevate in sito le misure di 13 segmenti del perimetro e la distanza tra l'asse dei giardini e l'asse della citroniera (X1AS), quindi si è proceduto con due distinti metodi di valutazione della qualità del disegno: 1) per confronto diretto delle differenze lineari; 2) con il metodo della *fitting* e della valutazione degli scarti quadratici medi. Il primo metodo di cui si riportano i risultati (Fig.5) valuta le differenze lineari in base alla tolleranza prevista dal §15 dell'Istruzione V del 1889 del Regio Catasto (Costa) per l'utilizzo di mappe presistenti. Si noti che il disegno su cui si è basato tutto il lavoro non è nato con finalità catastali in senso stretto, esso è stato realizzato come parte di un cabreo cioè di un inventario di beni utile per la gestione degli stessi. Tuttavia si è ritenuto, per analogia e vicinanza cronologica, che le tolleranze stabilite dalla citata Istruzione V, valide nel 1889 per le mappe preesistenti, potessero essere utilizzate per il disegno Falchetti - Perratone del 1826.

Si è quindi utilizzato la formula:

$$\text{Tolleranza in terreni facili: } 0,00025N + 0,1\sqrt{D} + 0,01D \text{ [1]}$$

Tale calcolo ha permesso sia di definire attendibile, in via preliminare, il disegno, sia di escludere alcuni segmenti (4 sui 14 considerati) risultati fuori tolleranza. Ulteriori due segmenti sono stati esclusi in quanto non rilevati per ostacoli imprevisti. Le misure degli otto segmenti risultati entro tolleranza nel passo precedente sono state utilizzate nel successivo passo di controllo, per definire, sfruttando l'ortogonalità dell'intera struttura geometrica dei giardini e dei lati del perimetro della Reggia, le coordinate cartesiane dei punti X1, O, S, T, X, AS. Tali punti sono stati inseriti come punti di orientamento di coordinate note di un sistema fittizio, nel calcolo del rilievo celerimetrico già svolto, da cui è stato possibile calcolare, con una procedura di *fitting* gli scarti quadratici medi ed escludere, per passi successivi, i punti di maggior scarto (Fig. 6). In questo modo si è arrivati a individuare tre punti opportunamente distribuiti (X1, T, X) (Fig. 3) le cui coordinate sarebbero state utilizzate per la calibrazione della mappa consentendo un posizionamento topografico con un'ellisse d'errore alta, ma comunque inferiore al grado di precisione attribuibile al disegno di partenza.

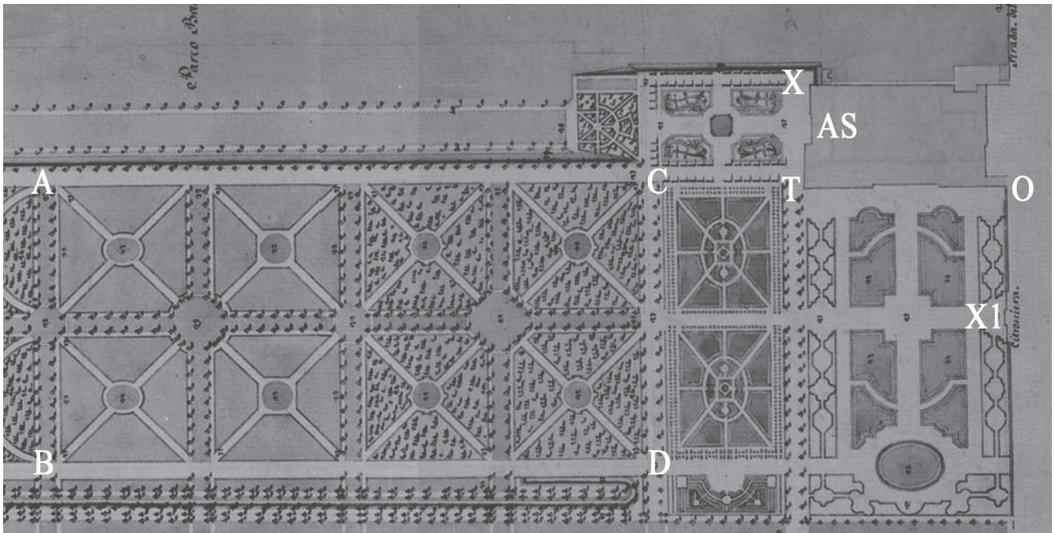


Figura 3 - Rilievo Falchetti - Perratone, stralcio con i punti rilevati graficamente e punti topografici

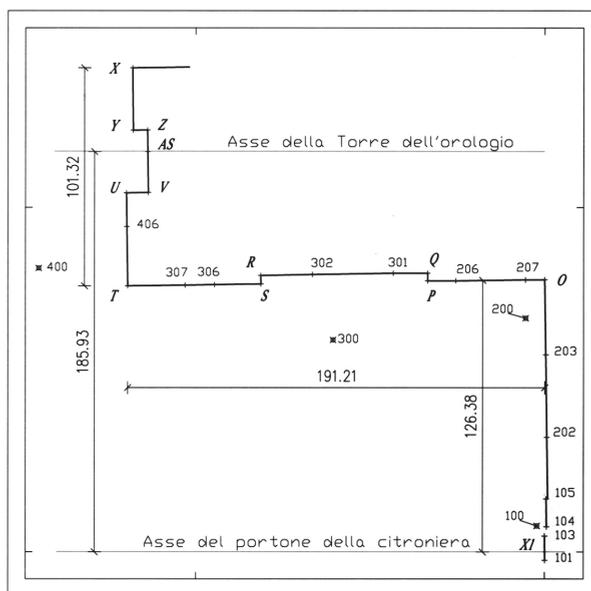


Figura 4 - Rilievo celerimetrico di porzione del perimetro della Reggia

| segmenti | misure grafiche prelevate dalla mappa | misure rilevate topograficamente | differenze lineari | Tolleranza | note |
|----------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|------------|-----------------|
| XIO | 128,20 | 126,38 | 1,82 | 3,12 | accettabile |
| OP | 62,37 | non rilevata | - | 2,12 | non rilevata |
| PQ | 2,83 | 3,99 | -1,16 | 0,91 | non attendibile |
| QR | 62,37 | non rilevata | - | 2,12 | non rilevata |
| RS | 2,83 | 3,99 | -1,16 | 0,91 | non attendibile |
| ST | 65,20 | 60,96 | 4,24 | 2,17 | non attendibile |
| TU | 42,81 | 43,27 | -0,46 | 1,79 | accettabile |
| UV | 5,67 | 10,00 | -4,33 | 1,00 | non attendibile |
| VZ | 28,92 | 29,06 | -0,14 | 1,54 | accettabile |
| ZY | 1,98 | 6,52 | -4,54 | 0,87 | non attendibile |
| YX | 27,78 | 28,98 | -1,20 | 1,51 | accettabile |
| TX | 99,49 | 101,32 | -1,83 | 2,70 | accettabile |
| XIAS | 188,44 | 185,93 | 2,51 | 3,97 | accettabile |
| OT | 189,92 | 191,21 | -1,29 | 3,99 | accettabile |

Figura 5 - Valutazione della validità del rilievo Falchetti - Perratone in base al confronto tra misure grafiche e rilevate, secondo la tolleranza prevista dall'Istruzione V del 1889 del Regio Catasto

| P.ti | Coordinate grafiche | | 1° calcolo | | | 2° calcolo | | | 3° calcolo | | |
|------|---------------------|----------|------------|----------|--------|------------|----------|--------|------------|----------|--------|
| | Coordinate grafiche | | Coordinate | | scarti | Coordinate | | scarti | Coordinate | | scarti |
| | nord | est | nord | est | s.q.m. | nord | est | s.q.m. | nord | est | s.q.m. |
| XI | 0,000 | 0,000 | 1,669 | -0,002 | 1,669 | 1,189 | -0,668 | 1,364 | 0,758 | -0,586 | 0,958 |
| O | 128,200 | 0,000 | 128,053 | 1,035 | 1,046 | 127,569 | 0,872 | 1,076 | | | |
| S | 128,200 | -124,720 | 127,128 | -129,214 | 4,620 | | | | | | |
| T | 128,200 | -189,920 | 126,727 | -190,178 | 1,496 | 127,003 | -190,345 | 1,271 | 126,906 | -190,040 | 1,300 |
| X | 227,690 | -187,080 | 228,067 | -187,093 | 0,377 | 228,329 | -186,858 | 0,677 | 228,226 | -186,374 | 0,887 |
| AS | 188,440 | -184,250 | 189,087 | -180,518 | 3,788 | | | | | | |

Figura 6 - Valutazione della validità del rilievo Falchetti - Perratone in base al confronto tra coordinate grafiche e coordinate rilevate, fitting e valutazione degli scarti

Calibrazione del disegno Falchetti Perratone

Per fare in modo che il disegno, una volta calibrato e vettorizzato, permettesse di estrarre le coordinate dei punti da tracciare senza alterare le coordinate topografiche vere dei tre punti d'orientamento, essenziali per il corretto stazionamento topografico, si è svolta una "calibrazione a punti sparsi", traslando in un unico sistema di riferimento passante in A, sia le coordinate desunte dai segmenti grafici dei punti A, B, C, D, sia le coordinate vere dei punti rilevati per l'orientamento XI, T, X.

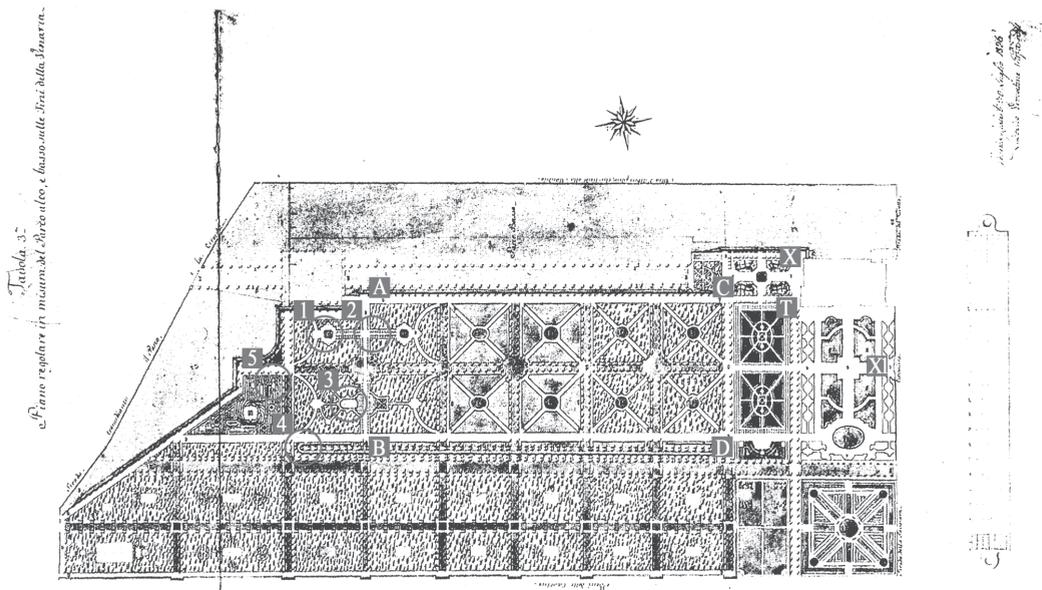


Figura 7 - Planimetria calibrata, punti di calibrazione e localizzazione sondaggi

In questo modo, la calibrazione svolta dal *soft-ware* ha distribuito le deformazioni su tutto il disegno, facendo sì che le coordinate dei punti di orientamento post calibrazione, rimanessero molto vicine a quelle misurate permettendo così il corretto appoggio della poligonale di tracciamento e il rispetto dell'ortogonalità dell'asse del tracciamento con la geometria del corpo di fabbrica della

Reggia. La calibrazione del disegno è stata eseguita utilizzando una scansione in formato *bit map* in bianco/nero con alta definizione (Fig. 7).

Geometrizzazione e vettorizzazione

Svolta la calibrazione si è proceduto a vettorizzare in ambiente cad le geometrie dei corpi di fabbrica oggetto della ricerca archeologica (Sondaggi: n.1 il bacino delle statue; n.2 il viale delle piramidi; n. 3 il palcoscenico del teatro di verzura; n. 4 l'allea del maglio; n. 5 il labirinto verde) e gli assi delle geometrie principali del parco, quindi le coordinate dei punti sono state trasferite alla stazione totale per il primo tracciamento.

Operazioni topografiche e metodo iterativo:

Il disegno di partenza, pur controllato con i metodi descritti precedentemente non poteva fornire, per quantità e qualità, dati sufficienti per un tracciamento rispettoso degli *standards* della topografia classica (Tani). I punti certi erano pochi e non perfettamente distribuiti, la sproporzione tra la base di aggancio posta sui lati della Reggia di circa 226.0 m e la dimensione longitudinale del tracciamento di circa 1130.0 m esponevano il tracciamento a possibili e forti effetti di sbandieramento, inoltre mancavano punti di riscontro e conferma. Si è svolto dunque, un primo tracciamento "debole" basato sui pochi dati disponibili e, conseguentemente, affetto da un'ampia ellisse d'errore o, se si vuole, di incertezza, quindi appena eseguito il primo scavo, così posizionato, si è provveduto a rilevare topograficamente le coordinate di quanto messo in luce dall'archeologo e a inserire questi dati nel calcolo per un nuovo passo di elaborazione con il conseguente affinamento dei dati per un successivo tracciamento. Tale sequenza è stata ripetuta alcune volte fino a posizionamento ultimato. Un rilievo celerimetrico complessivo a scavo ultimato ha completato il lavoro.

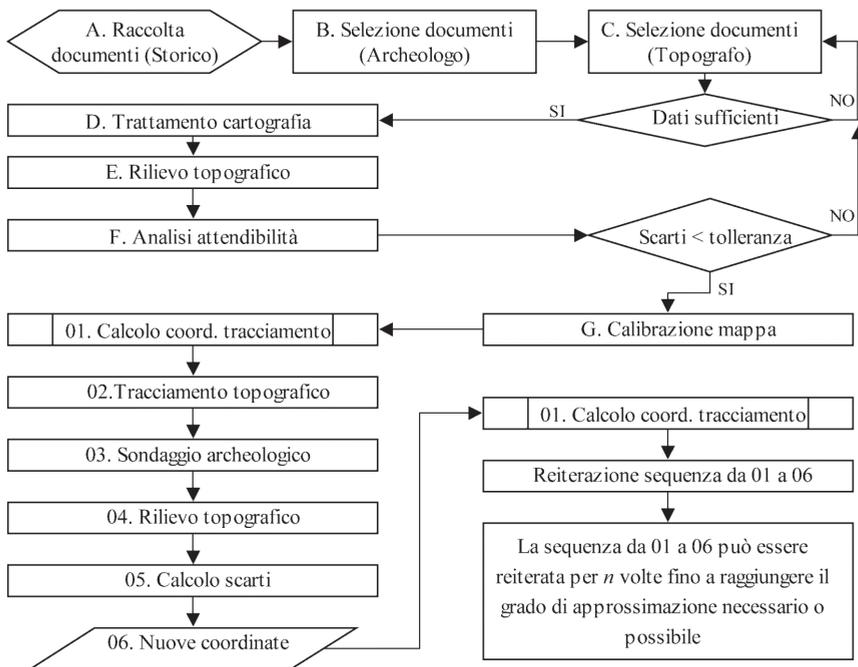


Figura 8 - Diagramma di flusso delle operazioni topografiche e dei passi di elaborazione

Risultati e conclusioni

Le sagome delle geometrie dei corpi di fabbrica tracciate con picchetti in sito sono sempre risultate posizionate sulla proiezione verticale dei manufatti con minimi scarti di seguito riportati. Le valutazioni dei singoli scarti, espresse in δx e δy , sono state fatte sui punti di tracciamento, ove esattamente riconoscibili sul manufatto o, in alternativa, sulle linee delle geometrie di perimetro dei singoli manufatti.

Sondaggio n° 1 scavo nell'area del bacino delle statue: scarto di: (δx) di 1.10 m e (δy) di 0.50 m

Sondaggio n° 2 il viale delle piramidi: scarto di: (δx) 0.30 m e (δy) di 2.15 m

Sondaggio n° 3 il palcoscenico del teatro di verzura: scarto di: (δx) di 0,80 m e (δy) di 0,80 m

Sondaggio n° 4 l'allea del maglio: (δx) di 3,80 m e (δy) di 3.70 m

Sondaggio n° 5 l'area N del labirinto verde: non è stato trovato nessun manufatto.

Il metodo ha permesso di svolgere ogni fase di tracciamento controllando e conoscendo a priori l'ellisse d'errore con cui si operava, riducendone progressivamente l'ampiezza entro un grado di accettabilità per gli scopi archeologici. Inoltre, ha permesso all'archeologo di modificare e migliorare l'ampiezza e la tipologia dei sondaggi a seconda dei risultati che ogni fase di tracciamento e calcolo produceva. Gli scavi e le strutture in essi rinvenute dall'archeologo, hanno dimostrato la qualità del rilievo Falchetti -Perraton e l'efficacia del metodo adottato.

Ringraziamenti

Si ringraziano per la collaborazione prestata:

- La Soprintendenza ai Beni Archeologici del Piemonte;
- L'Archivio di Stato di Torino
- L'Archeologo Dott. Marco Subbrizio

Bibliografia

- Archivio di stato di Torino, Versamento Genio civile 1936, "Dotazione immobiliare della Corona"
- Costa A.(1995), "Il riconfinamento: aspetti giuridico legali, uso dell'informatica ed esempi", Atti del Convegno "Riconfinazione, aspetti tecnici e giuridici" Verona, Ed. Collegio dei Geometri di Verona e Provincia.
- Giacomino G. (1846), "Tavole di Ragguaglio delle misure e dei pesi metrici decimali con le misure e coi pesi di Piemonte e viceversa", Stamperia sociale degli artisti tipografici, Torino. Pag. 3 e 4.
- Tani P. (1992), "Aspetti tecnici dell'azione di regolamento di confini" Edizioni Maggioli, Rimini.
- Vassalli Eandi A. (1802), "Saggio del sistema metrico della Repubblica Francese col rapporto delle sue misure a quelle del Piemonte" – seconda edizione riveduta e accresciuta. Presso i librai Ferrero e Pomba, Torino. Pag. 69 e pag. 76.

GOGPS: UN SOFTWARE PER NAVIGARE VINCOLATI A LINEE E SUPERFICI

Lisa PERTUSINI, Eugenio REALINI, Mirko REGUZZONI

(*) DIAR - Politecnico di Milano, Polo Regionale di Como - via Valleggio 11 - 22100 Como,
Tel. ++39-0313327557 - Fax ++39-0313327519 -
E-mail lisa.pertusini@mail.polimi.it, eugenio.realini@polimi.it, mirko.reguzzoni@polimi.it

Riassunto

L'utilizzo di ricevitori GPS si sta diffondendo sempre più in diverse fasce di mercato anche grazie all'integrazione di chipset di basso costo in diversi dispositivi, quali telefoni cellulari, palmari, computer portatili, ecc. Il crescente interesse nei confronti dei servizi di localizzazione individuale (LBS – Location Based Services) e delle applicazioni di e-government contribuisce a stimolare la ricerca verso una sempre maggiore precisione nel posizionamento utilizzando ricevitori a basso costo in grado di processare un solo codice e una sola fase.

Il raggiungimento di tale obiettivo è attualmente perseguito non solo mediante innovazioni tecnologiche, che portano inevitabilmente ad un aumento dei costi, ma anche cercando di ottimizzare il processamento dei dati disponibili attraverso nuovi algoritmi di calcolo.

In questo lavoro presentiamo alcuni esperimenti di navigazione effettuati mediante un software (goGPS) implementato in modo da integrare dati grezzi GPS con informazioni derivate da stazioni permanenti e da vincoli di percorso (es. reticolo stradale) o vincoli di superficie (es. DTM).

I risultati ottenuti mostrano che l'uso di goGPS in condizioni di buona ricezione del segnale permette di stimare la traiettoria planimetrica di ricevitori a basso costo con un'accuratezza dell'ordine del decimetro. L'ausilio del DTM migliora significativamente il posizionamento in quota.

Abstract

The use of GPS receivers is spreading in several market segments, thanks to the integration of low-level chipsets into various devices, such as mobiles, PDAs, laptops, etc. The increasing interest in LBS (Location Based Services) and e-government furthers research towards better positioning precision by using low-cost receivers that are able to process only one code and one phase.

At present this objective is pursued not only by means of constant technological innovations, that necessarily cause a cost increase, but also trying to optimize available data processing through new computation algorithms.

Here some navigation experiments are shown, made by a software (goGPS) that can manage raw GPS data together with information derived by permanent stations and either path constraints (e.g. road network) or surface constraints (e.g. DTM).

The results show that by using goGPS it is possible to estimate the 2D position of low-cost receivers with an accuracy of some decimetres. By exploiting DTM information the altitude positioning significantly improves.

1. Introduzione

Questo lavoro si focalizza sull'implementazione in ambiente MATLAB di un nuovo software (goGPS) in grado di processare dati grezzi GPS in modalità differenziale rispetto ad una rete di stazioni permanenti. GoGPS è in grado di elaborare sia misure di codice (C/A, P) che misure di fase (L1, L2), adattandosi ai dati forniti dai diversi strumenti. Esso applica un filtro di Kalman (Grewal

et al., 2001) che agisce direttamente sulle osservazioni GPS stimando le posizioni istante per istante, sulla base di un modello dinamico a velocità o ad accelerazione costante (Brovelli et al., 2007). Il posizionamento è supportato opzionalmente da vincoli di percorso, al momento limitati ad anelli chiusi composti da un numero qualunque di nodi. Inoltre per ovviare alla minor accuratezza in quota, è stata introdotta all'interno del filtro la possibilità di sfruttare l'informazione derivante da un modello digitale del terreno (DTM), considerata come un'ulteriore osservazione. I parametri del filtro sono facilmente modificabili dall'utente per adattarlo alle diverse modalità di navigazione. L'informazione altimetrica è stata ottenuta da un DTM LiDAR con risoluzione di 2 metri ed accuratezza media di 30 centimetri, fornito dalla Regione Lombardia, Settore Sistema Informativo Territoriale.

2. Sperimentazione

Sono stati eseguiti esperimenti utilizzando diversi mezzi di trasporto ed in differenti condizioni di degradazione/occlusione del segnale GPS. Sono stati utilizzati un ricevitore geodetico (Leica GPS1200) e due ricevitori di basso costo dotati di chipset u-blox ANTARIS4. Di questi ultimi uno fornisce dati solo in formato NMEA (eBonTek eGPS597), mentre l'altro è in grado di restituire in output le osservazioni grezze (evaluation kit u-blox AEK-4T). GoGPS è pensato per lavorare in tempo reale su dispositivi portatili, ricevendo istante per istante i dati dalle stazioni permanenti via RTCM 3.0 tramite una connessione a Internet ed i dati grezzi dai ricevitori su una porta COM (USB, bluetooth, etc.). Tuttavia ai fini di questo lavoro si è deciso di operare in modalità post-processing (utilizzando l'informazione derivata da file RINEX), in quanto la versione real-time è ancora in fase di test.

3. GoGPS per il posizionamento di precisione

La prima prova effettuata consiste nella valutazione dell'accuratezza di posizionamento ottenibile utilizzando ricevitori di basso costo in condizioni ottimali (buona visibilità del cielo). Il ricevitore eBonTek e l'evaluation kit u-blox sono stati installati su un carrello spinto manualmente lungo il perimetro di un campo di calibrazione rettangolare.

L'accuratezza degli strumenti è stata valutata in base agli scarti di ogni punto rispetto al perimetro (i cui vertici sono noti con precisione centimetrica in quanto misurati con il ricevitore Leica GPS1200 in modalità statico-rapido).

I risultati ottenuti tramite il software goGPS, con e senza l'informazione DTM, sono riportati rispettivamente in Figura 1 e Figura 2; la traiettoria stimata in contemporanea lungo lo stesso percorso dal ricevitore eBonTek è illustrata in Figura 3. In queste figure e in tutte quelle che seguiranno le posizioni stimate dai dati del ricevitore GPS sono riportate come una sequenza di punti, mentre la traiettoria di riferimento è rappresentata con una linea continua.

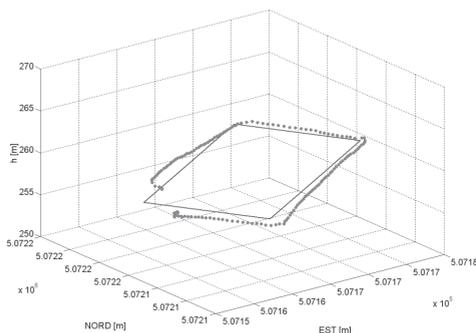


Figura 1: stima delle posizioni con goGPS senza l'ausilio del DTM.

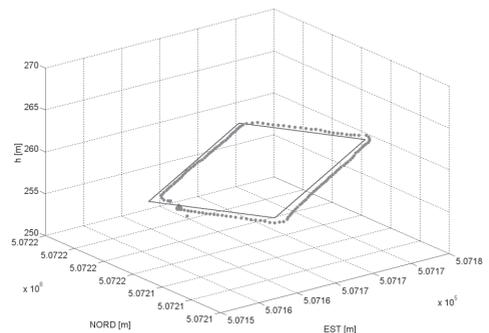


Figura 2: stima delle posizioni con goGPS con l'ausilio del DTM.

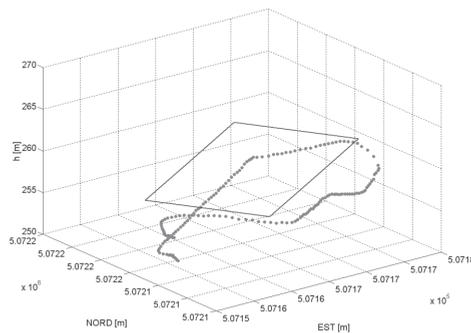


Figura 3: stima delle posizioni con il ricevitore eBonTek.

Per completezza sono confrontate anche le traiettorie in planimetria (EST, NORD) stimate con i due ricevitori e rispettivi algoritmi di processamento dati. I risultati sono riportati in Figura 4 (goGPS senza l'ausilio del DTM) e in Figura 5 (eBonTek). L'introduzione del DTM non modifica significativamente la soluzione planimetrica di goGPS, pertanto la figura corrispondente non è riportata.

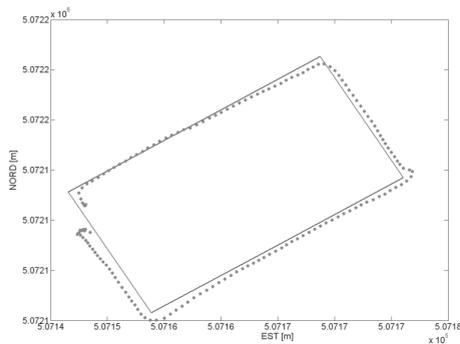


Figura 4: stima delle posizioni con goGPS (planimetria).

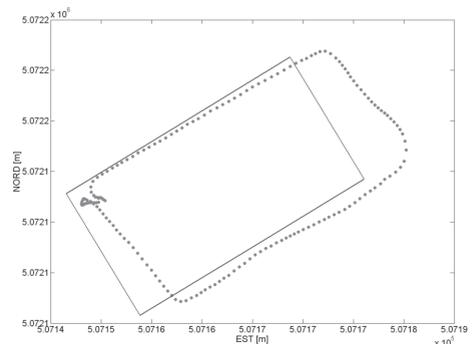


Figura 5: stima delle posizioni con il ricevitore eBonTek (planimetria).

Si può notare come la soluzione fornita da goGPS segua più fedelmente la traiettoria di riferimento sia in planimetria che in quota rispetto alla soluzione fornita dal ricevitore eBonTek. Questo può essere attribuito prevalentemente all'uso delle doppie differenze rispetto alla stazione permanente di Como, facente parte della Rete di Stazioni Permanenti della Regione Lombardia (Biagi et al., 2006), che consente di eliminare gli errori sistematici dovuti ai ritardi atmosferici (cfr. Figure 4,5). Inoltre occorre sottolineare come un'opportuna scelta dei parametri del filtro di Kalman, solitamente non modificabili nei ricevitori commerciali, abbia permesso a goGPS di adattarsi meglio alle caratteristiche specifiche di questo esperimento. Il ricevitore eBonTek è infatti progettato per una navigazione a medio-alta velocità, come quella degli autoveicoli (cfr. i risultati ottenuti nel paragrafo 4).

Per valutare da un punto di vista quantitativo le differenze tra i due ricevitori è stata calcolata la distanza tra ogni punto stimato e la sua proiezione ortogonale sulla traiettoria di riferimento sia nel caso tridimensionale che in quello planimetrico. Sono state quindi calcolate le statistiche riportate in Tabella 1.

| Campo di calibr. (3D) | goGPS | goGPS con DTM | eBonTek597 |
|-----------------------|-------|---------------|------------|
| media [m] | 1.059 | 0.749 | 4.987 |
| minimo [m] | 0.274 | 0.079 | 2.100 |
| massimo [m] | 2.208 | 1.313 | 8.420 |
| std [m] | 0.477 | 0.224 | 1.624 |

| Campo di calibr. (2D) | goGPS | goGPS con DTM | eBonTek597 |
|-----------------------|-------|---------------|------------|
| media [m] | 0.649 | 0.732 | 1.835 |
| minimo [m] | 0.071 | 0.049 | 0.043 |
| massimo [m] | 1.361 | 1.360 | 5.633 |
| std [m] | 0.305 | 0.225 | 1.453 |

Tabella 1: statistiche relative alle prove sul campo di calibrazione.

4. GoGPS in ambito urbano

La navigazione in ambito urbano, o comunque in condizioni di scarsa visibilità del cielo o di bassa qualità del segnale ricevuto, necessita lo sfruttamento di tutta l'informazione disponibile affinché, pesando in modo opportuno i diversi livelli di degradazione del segnale, si riesca ad ottenere un posizionamento il più possibile preciso.

Non essendo possibile utilizzare ricevitori professionali, pensati per effettuare posizionamenti di precisione in condizioni di buona visibilità del cielo, gli esperimenti sono stati eseguiti esclusivamente con ricevitori dotati di chipset a basso costo. Come riferimento è stato utilizzato il reticolo stradale fornito da TeleAtlas, dopo aver verificato che il ricevitore Leica a doppia frequenza non forniva un numero sufficiente di punti da consentire un confronto lungo tutto il percorso (Figure 6,7). Sono state effettuate prove lungo un percorso nel centro storico di Como nelle tre seguenti modalità: senza l'ausilio di dati esterni, aggiungendo l'informazione di quota ottenuta dal DTM, introducendo un vincolo tridimensionale derivante dal reticolo TeleAtlas.

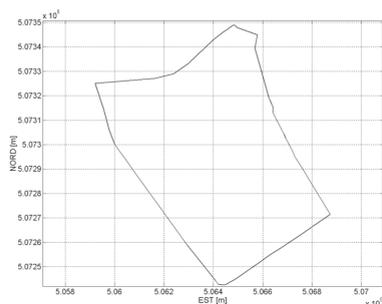


Figura 6: riferimento stradale TeleAtlas.

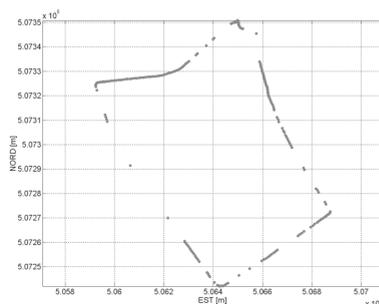


Figura 7: posizionamento ottenuto con il ricevitore Leica a doppia frequenza.

4.1. Posizionamento senza vincoli

La traiettoria stimata utilizzando goGPS (Figura 8) risulta comparabile a quella ottenuta con il ricevitore eBonTek (Figura 9), così come le statistiche degli errori riportate in Tabella 2 (prima e terza colonna).

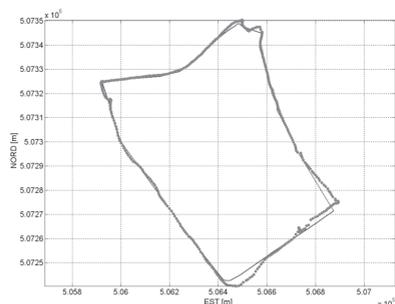


Figura 8: traiettoria stimata con goGPS libero da vincoli.

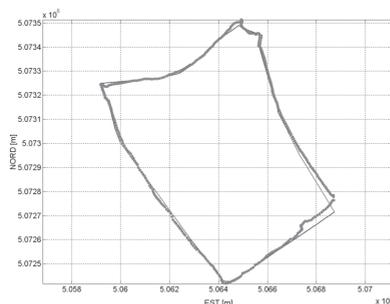


Figura 9: traiettoria stimata con il ricevitore eBonTek.

Nel caso di goGPS l'utilizzo di un modello dinamico a velocità costante all'interno del filtro di Kalman fa sì che la traiettoria stimata si adatti lentamente alle brusche variazioni di direzione (vertice sud del percorso in Figura 8). Questo effetto può essere ridotto utilizzando un modello ad accelerazione costante (Brovelli et al., 2007).

4.2. Posizionamento vincolato al DTM

L'introduzione di un "vincolo di superficie" migliora considerevolmente la stima della traiettoria in tre dimensioni, mentre lascia sostanzialmente invariato l'errore in planimetria (cfr. Figure 10,11,12 e Tabella 2).

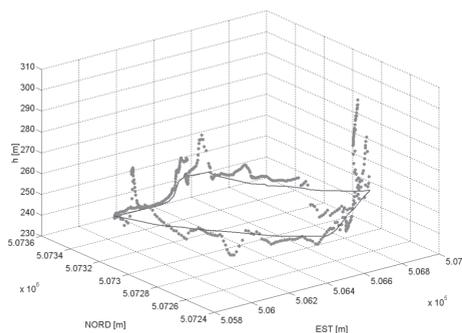


Figura 10: traiettoria 3D ottenuta con goGPS senza l'ausilio del DTM.

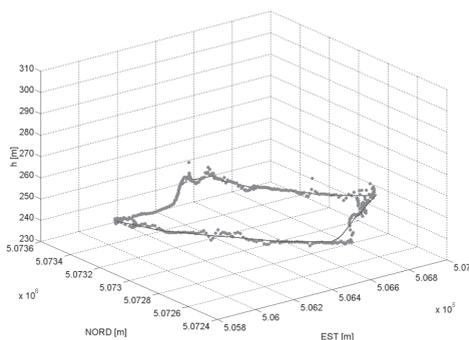


Figura 11: traiettoria 3D ottenuta con goGPS con l'ausilio del DTM.

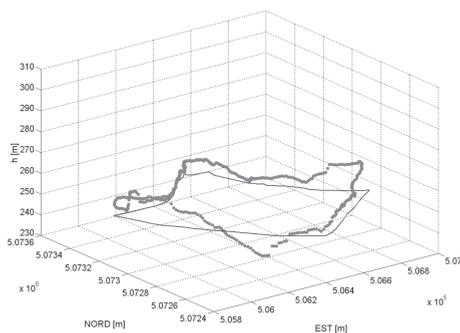


Figura 12: traiettoria 3D ottenuta con il ricevitore eBonTek.

| Percorso stradale (3D) | goGPS | goGPS con DTM | eBonTek597 |
|------------------------|--------|---------------|------------|
| media [m] | 11.732 | 8.761 | 11.558 |
| minimo [m] | 0.100 | 0.042 | 1.146 |
| massimo [m] | 49.429 | 42.213 | 37.565 |
| std [m] | 10.612 | 9.116 | 8.321 |
| Percorso stradale (2D) | goGPS | goGPS con DTM | eBonTek597 |
| media [m] | 8.054 | 8.640 | 9.418 |
| minimo [m] | 0.010 | 0.016 | 0.021 |
| massimo [m] | 37.101 | 42.159 | 36.866 |
| std [m] | 8.109 | 9.151 | 8.819 |

Tabella 2: statistiche relative alle prove su strada.

4.3. Posizionamento vincolato al reticolo stradale

Il software goGPS permette anche di vincolare la soluzione ad una linea tridimensionale, rappresentata nel caso specifico dalla porzione del reticolo stradale TeleAtlas.

I risultati di tale navigazione vincolata sono rappresentati nelle Figure 13 e 14, mentre non sono riportate statistiche in quanto i punti stimati giacciono sul percorso di riferimento.

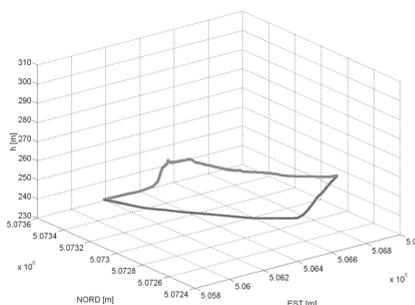
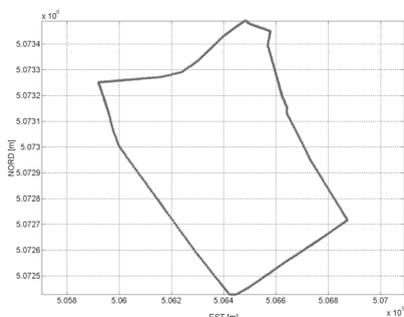


Figura 13: traiettoria 2D ottenuta con goGPS vincolato al reticolo stradale
 Figura 14: traiettoria 3D ottenuta con goGPS vincolato al reticolo stradale.

5. Conclusioni

GoGPS permette di migliorare le prestazioni dei ricevitori a basso costo appoggiandosi ad una rete di stazioni permanenti e adattando i parametri del filtro di Kalman alle specifiche modalità di navigazione. Il software consente buone prestazioni anche in condizioni di scarsa ricezione, soprattutto se supportato da informazioni esterne quali DTM o reticoli stradali. Tra gli sviluppi futuri sono previsti lo sfruttamento dell'osservazione doppler e la possibilità di navigare su qualunque grafo stradale e non solo su un circuito chiuso predefinito.

6. Bibliografia

Biagi L., Sansò F., et al. (2006). *Il servizio di posizionamento in Regione Lombardia e la prima sperimentazione sui servizi di rete in tempo reale*. Bollettino SIFET, 3, pp. 71-90.

Brovelli M.A., Realini E., Reguzzoni M., Visconti M.G. (2007). *Comparison of the performance of medium and low level GNSS apparatus, with and without reference networks*, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XXXVI, part 5/C55, pp. 54-61.

Grewal M.S., Andrews A.P. (2001). *Kalman Filtering, Theory and Practice Using MATLAB*. Wiley and sons, New York.

Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Collins J. (2001). *GPS - Theory and Practice*. Springer-Verlag Wien, New York.

Hofmann-Wellenhof B., Legat K., Wieser M. (2003). *Navigation, Principles of Positioning and Guidance*. Springer-Verlag Wien, New York.

Sansò F. (2006). *Navigazione geodetica e rilevamento cinematico*. Polipress, Milano.

SISTEMA WEBGIS A SUPPORTO DELL'ATTIVITÀ DI STUDIO NELL'AREA DEL FIUME NOCE

Massimo PESCE

Libero professionista, Via Nazionale n°7 – 85040 Castelluccio Inferiore (PZ),
Tel. (+39) 0973662166, Cell. 3283391539, e-mail: pesce.max@libero.it

Riassunto

Il sistema *WebGIS*, realizzato per conto del G.A.L. A.L.L.BA di Lauria (PZ), è uno strumento utilizzato sia come supporto messo a disposizione dell'Ente per poter meglio analizzare e pianificare l'attività di studio dei fenomeni di squilibrio ambientale, sia come mezzo attraverso il quale si promuove la valorizzazione dei numerosi siti naturali presenti nell'ambito del Bacino Idrografico del fiume Noce, su cui il G.A.L. sta svolgendo uno studio di fattibilità di un Parco Fluviale.

La scelta di creare un Sistema Informativo Territoriale è scaturita infatti dall'esigenza di possedere un'immagine complessiva del territorio, quindi di permettere, in modo efficiente e produttivo, le operazioni di: analisi territoriale, presa di decisioni, scelte di pianificazione e di programmazione.

Il progetto è stato sviluppato tramite un *software Open Source* come *MapServer*, il quale agevola la costruzione di applicazioni web, poiché evita di dover ricorrere ad investimenti onerosi per l'acquisto di *softwares* proprietari.

I vari tematismi, sotto forma di *shapefiles* sono stati implementati in *p.mapper*, la quale è un'applicazione sviluppata in *PHP* e *Javascript*.

Grazie al *WebGIS*, si sono messe in evidenza le principali problematiche che caratterizzano l'area del Bacino Idrografico. In particolare si sono messe in risalto le zone di criticità ambientale, cioè gli ambiti territoriali in cui la presenza di uno o più fattori di pressione, determina una pluralità di impatti significativi sull'ecosistema.

Abstract

The system WebGIS, realized on behalf of the G.A.L. ALLBA of Lauria (PZ) is a tool used both as support made available for the G.A.L. to better analyse and plan the study activities of the phenomena of environmental imbalance, both as a means by which to promote the enhancement of the many natural sites present in the river basin Noce, on which the G.A.L. is carrying out a feasibility study of a River Park.

The choice to create a geographical information system has come from the need to have an complete image of the territory, and then to allow efficient and productive operations: spatial analysis, decision-making, choices planning and programming.

The project has been developed through an Open Source software as MapServer, which facilitates the construction of web applications, as it avoids to have to resort to expensive investments for the purchase of licensed softwares.

The various themes, in form of shapefiles have been implemented in p.mapper, which is an application developed in PHP and Javascript.

Thanks to WebGIS, the main issues that characterize the area of hydrographic basin have been highlighted. In particular the critical environmental areas have been underlined, namely the places where the presence of one or more factors of pressure, produce a variety of significant impacts on the ecosystem.

Struttura del WebGIS: architettura generale del sistema

L'architettura del *WebGIS* è costituita da:

- Il *Web Server Apache*;
- Un *WebGis Application Server (MapServer)*;
- Un *front-end user friendly (p.mapper)* che si interfaccia al motore di rendering *MapServer*.

Apache, che è il *Web Server* più diffuso grazie alla sua qualità ed affidabilità, gestisce la parte del server, *MapServer* fornisce l'*Internet Mapping, p.mapper*, che è un'applicazione sviluppata in *PHP*, *PHP/Mapscript* e *JavaScript*, viene utilizzato per la visualizzazione delle mappe in Internet e/o in Intranet.

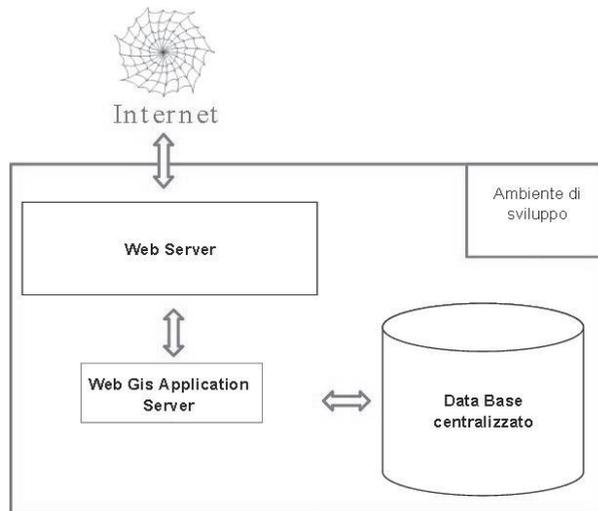


Figura 1

WebGIS del Parco Fluviale del fiume Noce

Il progetto di *WebGIS* è stato realizzato in modo da cercare di mettere in evidenza le principali problematiche ambientali, ed i più importanti siti naturali presenti all'interno dell'area del Bacino Idrografico del fiume Noce.

In particolare si sono volute mettere in evidenza le zone di criticità ambientale, cioè gli ambiti territoriali in cui la presenza di uno o più fattori di pressione, determina una pluralità di impatti sull'ecosistema particolarmente significativi, e le aree ad alta valenza naturalistica ed ambientale quali Parchi Nazionali, S.I.C., Z.P.S.

L'applicativo viene lanciato in una pagina di avvio. La finestra è suddivisa in tre zone fondamentali:

- A) una mappa principale generata da MapServer contornata da vari strumenti di controllo;
- B) una legenda interattiva attraverso cui è possibile attivare e disattivare gli strati;
- C) un'immagine di riferimento, anch'essa di tipo interattivo che offre possibilità di navigazione.

L'informazione è organizzata in diversi strati informativi (*layer*), ciascun *layer* contiene informazioni di tipo omogeneo (per esempio i parchi nazionali, la rete ecologica europea Natura 2000), ed è visibile solo a determinati livelli di scala. Nella tendina a destra sono consultabili le legende dei vari tematismi.

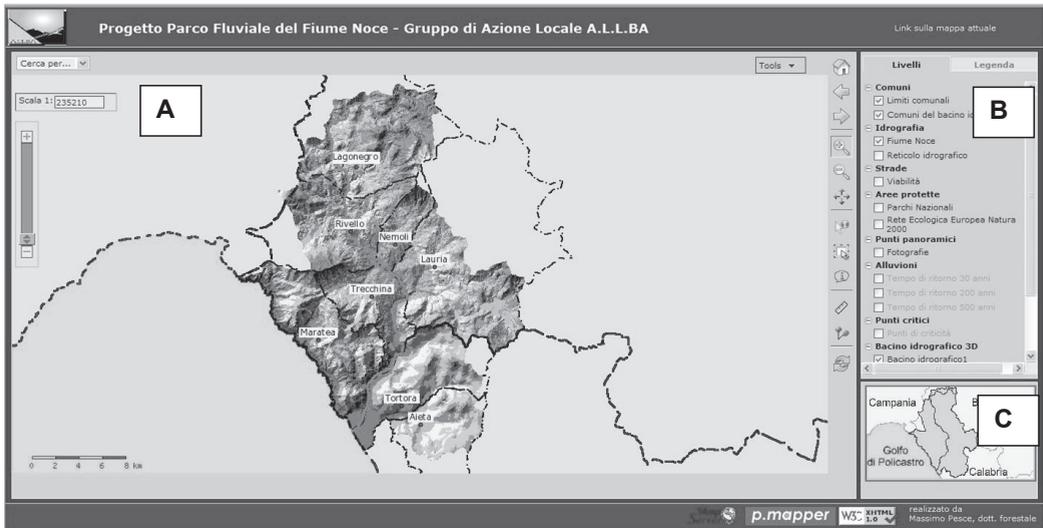


Figura 2 – pagina di avvio

Tematismi principali

Aree protette

Con questa categoria si sono volute mettere in evidenza quelle che sono le eccellenze ed il potenziale naturale dell'area oggetto di studio. Che infatti è circondata dai Parchi Nazionali del Cilento e Vallo di Diano, della Val D'Agri – Lagonegrese e del Pollino; inoltre al suo interno troviamo numerosi Siti di Interesse Comunitario.

Questi ultimi sono stati creati con la Direttiva Habitat (Direttiva 92/42/CEE), che ha istituito la rete ecologica europea "Natura 2000", cioè un complesso di siti caratterizzati dalla presenza di habitat e specie, sia animali che vegetali, di interesse comunitario la cui funzione è quella di garantire la sopravvivenza a lungo termine della biodiversità presente sul continente europeo.

L'utente può consultare (tramite gli strumenti di interrogazione o la maschera di ricerca) il layer "Rete Ecologica Europea Natura 2000", infatti nei campi "Nome" e "Codice Sito" sono stati inseriti dei collegamenti ipertestuali che danno la possibilità di visualizzare e scaricare l'immagine della mappa e la scheda descrittiva del sito, così da avere delle informazioni puntuali su ciascuna delle aree che fanno parte della Rete Ecologica (figura 4).

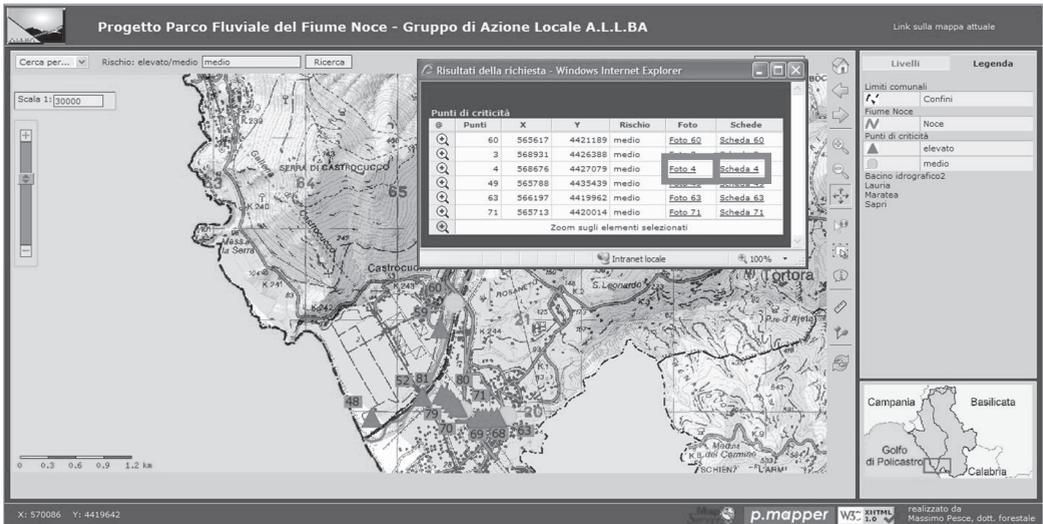


Figura 5 – Punti di criticità

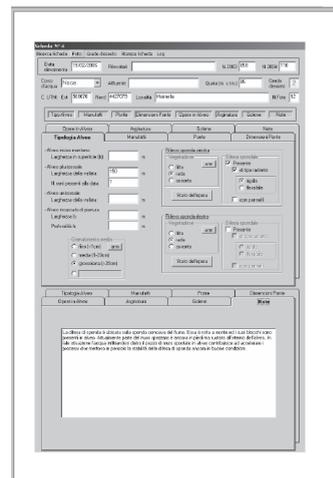
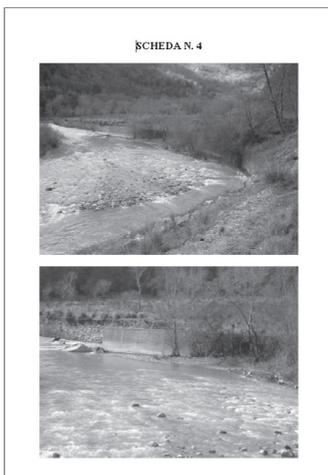


Figura 6

Conclusioni

Con questo *WebGIS* si è voluto porre l'attenzione sull'utilità di questo strumento, che può essere messo a disposizione di professionisti o Enti Pubblici impegnati nella pianificazione del territorio. Infatti la consultazione e la condivisione dei dati geografici attraverso delle applicazioni *WebGIS* può e deve portare ad un nuovo modo di pensare e vedere il territorio, proprio grazie ad una delle caratteristiche principali di questo strumento, cioè la possibilità di avere una rappresentazione d'insieme del territorio, una "fotografia" che permetta al pianificatore, di analizzare a 360 gradi l'area oggetto di studio. Inoltre si è voluta porre l'attenzione sull'esistenza di alternative ai software commerciali per la pubblicazione in rete di dati geografici.

In questo senso l'utilizzo di *MapServer*, unita alla semplicità dell'interfaccia dell'applicativo usato (*p.mapper* in questo caso), che rende accattivante, semplice ed intuitivo l'utilizzo da parte dell'utente finale, all'azzeramento dei costi di licenza, ed alla natura di questi programmi che permette di superare le limitazioni del *software* e di migliorarlo, rendono il prodotto *Open Source* uno degli strumenti più indicati per la realizzazione di prodotti estremamente professionali, che sono perfettamente paragonabili, in termini di funzionalità e prestazioni, a *softwares* commerciali.

Bibliografia

Agosto E., Cosenza A., Rinaudo F., *L'opensource per la pubblicazione in rete di SIT: il software Mapserver* - Dipartimento di Georisorse e Territorio, Politecnico di Torino

Negretti M., *MapServer* - Politecnico di Milano – Polo Regionale di Como
<http://geomatica.como.polimi.it>

Lorenzetti W., Scarselli D., Venturato E., Cavallini P., *p.mapper un front-end dinamico per MapServer*, *MondoGIS* 55 luglio/agosto 2006 - Rotondo F. - *Tecniche e strumenti per la pianificazione collaborativi: i web Gis* Dipartimento di Architettura e Urbanistica, Politecnico di Bari

DM Solutions Inc. (2003), *MapServer HTML Legend HOWTO - Version 4.0*,
<http://mapserver.gis.umn.edu/doc40/html-legend-howto.html> (Febbraio 2004)

Kishor P., Schut P., Smedsmo J. (2004), *HOWTO for Getting Started with MapServer*,
<http://mapserver.gis.umn.edu/doc40/getstarted-howto.html> (Febbraio 2004)

University of Minnesota (2000), *MapServer Frequently Asked Questions*,
<http://mapserver.gis.umn.edu/doc40/mapserver-FAQ.html> (Febbraio 2004)

L'UTILIZZO DEL RADAR METEOROLOGICO DELLA REGIONE ABRUZZO PER FINALITÀ DI PROTEZIONE CIVILE

Errico PICCIOTTI (*), Emilio IANNARELLI (**), Alessandro CIMORONI (**),
Frank Silvio MARZANO (***)

(* Himet s.r.l., L'Aquila, errico.picciotti@himet.it

(**) Centro Funzionale, Regione Abruzzo, centro.funzionale@regione.abruzzo.it

(***) DIE-CETEMPS, Università degli Studi dell'Aquila, marzano@die.uniroma1.it

Riassunto

Eventi meteorologici estremi, come ad esempio piogge violente o persistenti nel tempo, possono essere la causa di danni al territorio, con allagamenti ed esondazioni dei corsi d'acqua o causare fenomeni di dissesto idrogeologico, frane e smottamenti.

La possibilità di prevedere gli eventi meteorologici riveste una grande importanza in svariate attività umane, in quanto consente una corretta pianificazione delle stesse e permette inoltre di predisporre opportune misure per attenuare i danni.

L'attendibilità delle previsioni meteorologiche è progressivamente migliorata nel corso degli anni grazie alla conoscenza sempre più approfondita dei fenomeni meteorologici e alla possibilità di usare strumenti di rilevamento affidabili e strumenti di calcolo sempre più potenti.

Affinché le previsioni meteorologiche siano concretamente utilizzabili, con il massimo profitto, è necessario che vengano specificati l'istante e il luogo in cui si verificherà un determinato evento la sua probabile intensità e l'effetto al suolo.

Un notevole passo avanti in questa direzione è stato compiuto con l'introduzione del radar meteorologico.

Il radar meteorologico della Regione Abruzzo, sito a Monte Midia nei pressi di Tagliacozzo, rientra nel progetto della Protezione Civile Nazionale "Rete radar nazionale" che prevede il collocamento di 14 strutture simili in altrettanti punti dell'Italia Centrale e Meridionale. Lo scopo del progetto è quello di potenziare il sistema di monitoraggio e di fare un consistente salto di qualità nel settore delle previsioni meteo a brevissimo termine, portando alla creazione di un prodotto finale integrato e completo. Questo radar viene utilizzato per scopi di prevenzione del danno sia dalla Regione Abruzzo che da quelle limitrofe per l'ampio campo di copertura.

In questo lavoro verranno descritte alcune delle tecniche che vengono applicate al segnale radar sia per migliorare la stima della pioggia che la previsione di quello che accadrà nelle prossime ore, per migliorare il sistema di prevenzione contro i danni alla popolazione.

Abstract

Weather radar measurement of precipitation over mountainous terrain is of fundamental importance considering the sparseness of telemetered rain gauges in these remote areas. Some of these areas have a high frequency of large rainfall accumulations leading to catastrophic flood events. Early warning with the use of weather radar and distributed hydrologic modeling can help mitigate the high cost, in particular due to loss of life, associated with these flash flood hazards. Although modeling of the rainfall-runoff process is a problem in its own right, error in rainfall input is believed to be a major factor in flood simulation uncertainty. When rainfall data is based solely on

weather radar observations, which is the case for most of the remote mountainous watersheds, the uncertainty is high and cannot be ignored.

The orography of Central Italy is highly mountainous and its climatology is such that there is a predominance of low-to-moderate rainfall, having stratiform nature with high temporal persistence. Embedded convective rain may be also present mainly due to orographic effects (Marzano et al., 2004). During 2005 a new project for installing a C-band weather radar in Central Italy has been successfully accomplished.

The radar site is at the border between the Abruzzo and Lazio regions in Central Italy. Mt. Midia top height is at 1760 m and covering most Central Italy, including the Abruzzo inland and the urban area of Rome. The project, sponsored by the Italian Civil Protection Dept. (DPC), has been a synergic work, coordinated by the research center CETEMPS (L'Aquila, Italy) and the regional authorities (Civil Protection of the Abruzzo Region).

This paper investigates a multi-component radar rainfall estimation algorithm that includes optimum parameter estimation and error correction schemes associated with radar operation over mountainous terrain. Algorithm pre-processing steps include correction for terrain blocking, adjustment for rain attenuation, and interpolation of reflectivity data from polar radar coordinates to a fixed three-dimensional. Finally a nowcasting algorithm is discussed in order to forecast storm direction in the next hours.

The goal of this work is to improve the system monitoring and algorithm techniques in the field of weather forecasts for purposes of civil protection.

Il radar meteorologico

Il radar meteorologico permette di rilevare in tempo reale i fenomeni di precipitazione in atto, di misurare la velocità del vento e di fare previsioni per le prossime ore (nowcasting). Il suo impiego presenta sostanziali vantaggi rispetto a quanto si può ottenere con una rete di stazioni pluviometriche, il radar meteorologico offre infatti le seguenti opportunità:

- visione globale, in tempo reale, dei fenomeni di precipitazione in atto su un'area molto vasta;
- monitoraggio della precipitazione con continuità spaziale;
- elevata frequenza temporale dell'osservazione;
- analisi della precipitazione lungo sezioni verticali;
- osservazione dell'evoluzione del fenomeno.



Figura 1 – Il radar meteorologico di Monte Midia della Regione Abruzzo

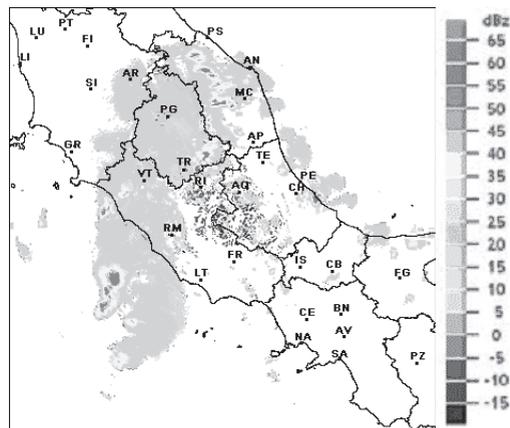


Figura 2 - Esempio di mappa dell'intensità della perturbazione acquisite dal radar di M. Midia

In definitiva il radar è uno strumento fondamentale per la previsione e la prevenzione del rischio idrogeologico in quanto i tempi che intercorrono tra l'osservazione dei precursori d'evento "classici" (misure idrometriche o pluviometriche) e gli effetti al suolo, sono minori di quelli richiesti per la definizione del relativo scenario d'evento e l'adozione delle misure per la messa in sicurezza della popolazione e dei beni. Conoscere in modo quantitativo i parametri atmosferici, in particolar modo l'intensità di precipitazione, la sua fase (acqua, neve, grandine), la tipologia dell'evento (convettivo o stratiforme), la dinamica spazio-temporale dell'evento, consente di stimare quali saranno i relativi effetti al suolo e le conseguenze per la popolazione e per la società più in generale.

Stima della precipitazione

Il principio di funzionamento di un radar può essere così schematizzato: vengono emessi di onde elettromagnetiche di elevata potenza nell'atmosfera lungo la direzione di puntamento dell'antenna che può variare sia in azimut che in elevazione. I pacchetti di onde così emessi vengono assorbiti dalle idrometeore eventualmente presenti nell'atmosfera e re-irradiati in tutte le direzioni tra cui quella del radar. L'analisi del segnale di ritorno, che prende il nome di *riflettività* (indicata con la lettera *Z*), è effettuata nell'apparato ricevente del radar stesso e permette di ottenere *l'intensità della precipitazione*, mentre la direzione di puntamento dell'antenna e il tempo impiegato dal segnale nel percorso andata-ritorno consentono di localizzare le idrometeore in termini di direzione e distanza. Inoltre piccole variazioni nella frequenza dell'eco di ritorno permettono, attraverso l'effetto Doppler, di misurare la *velocità radiale* e quindi di stimare la direzione di *spostamento* dell'evento meteorologico, utilizzato per il nowcasting.

Per ottenere osservazioni sempre più affidabili e dettagliate al dato radar vengono applicate tecniche di elaborazione del segnale ricevuto (*riflettività*) per trasformarlo nella quantità di interesse, *millimetri di pioggia* (indicata con la lettera *R*).

La Protezione Civile della Regione Abruzzo ha sviluppato un sistema di elaborazione del segnale radar al fine di stimare al meglio i campi superficiali di precipitazione.

Tale sistema, che può essere sintetizzato attraverso il diagramma a blocchi di *Figura 3*, adotta in sequenza una procedura per la correzione del ground clutter, un algoritmo per la correzione dell'attenuazione e uno per la ricostruzione dei profili verticali di riflettività. L'ultimo passo si rende necessario per la riduzione del problema del blocco del fascio radar, per poter riportare le misure fatte a quote elevate a terra.

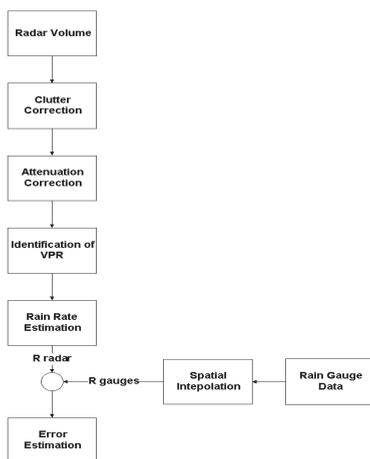


Figura 3 - Diagramma a blocchi che indica il sistema adottato per migliorare la stima della precipitazione

Successivamente si passa al calcolo del campo precipitativo a terra, a partire dai valori di riflettività più vicine al suolo. Il problema viene affrontato in letteratura utilizzando una relazione di inversione empirica del tipo $Z=a \cdot R^b$ [1] che tuttavia dipende da i due parametri (a, b) variabili nel corso dello stesso evento meteorologico.

La tecnica usata dalla Protezione Civile, prevede dopo il passaggio da Z (riflettività) a R (mm/h) tramite l'equazione [1] la correzione del campo di pioggia così trovato attraverso la comparazione con le misure pluviometriche. Più di 100 pluviometri sono disponibili nell'area di copertura del radar.

Ovviamente la diversa tipologia delle informazioni (distribuzione puntuale delle misure pluviometriche e continua di quelle radar) impone l'interpolazione dei dati radar e pluviometrici su uno stesso grigliato cartesiano, costituito nel nostro caso da 480x480 punti con risoluzione spaziale di un chilometro.

L'espressione che consente di passare dal valore pioggia non corretto R a quello corretto \hat{R} è del tipo [2]:

$$\hat{R}(i, j, t) = F \cdot R(i, j, t) \quad [2]$$

dove F è una funzione ottenuta con il confronto spazio temporale tra la misura pluviometrica e la stima radar, in ogni punto del grigliato (i,j). La espressione trovata è funzione della distanza dal radar (r), e viene calcolata tramite la regressione lineare [3].

$$F(r) = a_e e^{b_e r(i,j)} \quad [3]$$

Assumendo che le misure pluviometriche costituiscano il valore "vero", si è proceduto con la verifica sull'efficacia del metodo di stima della precipitazione valutando l'errore tramite il bias di campo medio (MFB) e l'errore frazionale standard (FSE) per vari eventi di pioggia stratiforme.

$$FSE = \left\langle \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_i^G - R_i^R)^2}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i^G} \right\rangle_{tempo} \quad MFB = \left\langle \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i^R}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i^G} \right\rangle_{tempo} \quad [4]$$

Nelle formule adottate per il calcolo della MFB e FSE, R^G ed R^R sono rispettivamente la pioggia misurata dal pluviometro e quella stimata dal radar in un generico punto del grigliato(i,j), N è il numero di punti in cui in un certo istante sono disponibili sia misure radar che pluviometriche. I valori così ottenuti vengono anche mediati nel tempo, per tutta la durata dell'evento.

Dai risultati della *Figura 4* risulta evidente come, con l'utilizzo della tecnica di correzione pluviometrica, la stima in millimetri orari migliora nettamente.

| | CON F (calibrazione) | NO Cal. (senza calibrazione) |
|-----|-------------------------|---------------------------------|
| MRB | 0.858 | 0.315 |
| FSE | 0.353 | 0.937 |

Figura 4 –Indice di errore prima e dopo l'uso della calibrazione, tramite MRB (valore ottimale uguale a uno) e FSE (valore ottimale uguale a zero)

Nowcasting

Il termine *nowcasting* è usato per enfatizzare il carattere estremamente breve della natura di questa previsione. L'intervallo temporale considerato varia, generalmente, da 10 minuti a 90 minuti.

Il fine ultimo è quello di produrre previsioni di fenomeni convettivi ad alto impatto come forti temporali, grandine e venti con un anticipo sufficiente e con una specificità spaziale in grado, attraverso azioni opportune, di mitigare i possibili danni. L'idea di fondo, quindi, è che il *nowcasting* sia uno strumento di fondamentale importanza nella gestione e nella prevenzione dei rischi.

Per previsioni a brevissimo termine i servizi meteorologici nazionali tendono a sviluppare e ad utilizzare metodi automatici non numerici che analizzano le caratteristiche del tempo all'istante attuale e predicono l'evoluzione di fenomeni già iniziati, basandosi fortemente sulle osservazioni, determinanti diventano le osservazioni da radar.

La tecnica di *nowcasting*, sviluppata dalla Protezione Civile della Regione Abruzzo, è impostata su due passaggi fondamentali: l'identificazione e il tracciamento dell'evento. L'aumento di complessità del metodo utilizzato è proporzionale al numero di parametri aggiunti a questo semplice schema. Si analizzano una serie di campi di riflettività radar per identificare aree precipitanti e tracciare strutture coerenti da un'immagine a quella seguente. Il sistema, quindi, estrapola il moto delle singole strutture identificate in maniera lineare per prevedere la loro posizione futura.

Nella *Figura 5* si può notare un confronto tra la pioggia prevista per le ore successive (zona inferiore - Predicted) e quello che poi è realmente accaduto (zona superiore - Observed).

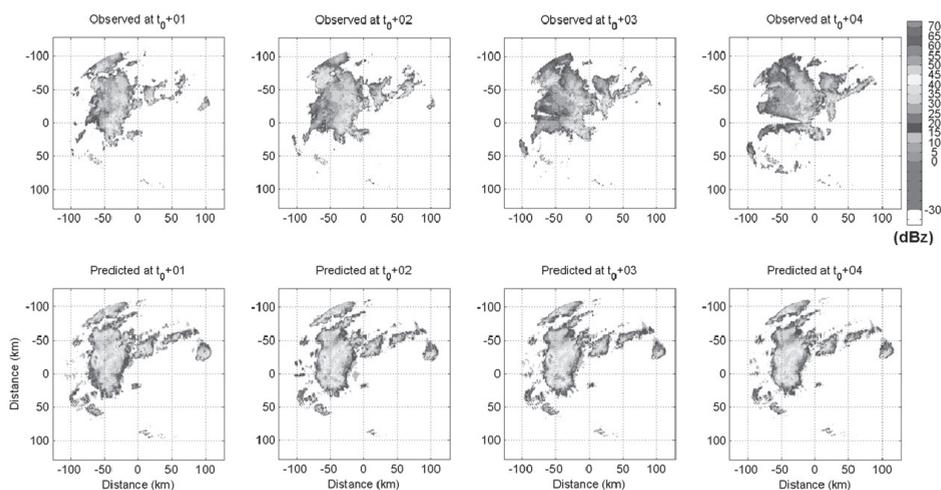


Figura 5 – Nowcasting: confronto tra la pioggia prevista (Predicted) per le ore successive (+1, +2, +3 e +4) e quella realmente caduta (Observed)

Conclusioni

Grazie alle metodologie sviluppate, la Protezione Civile della Regione Abruzzo ha reso più efficace l'utilizzo dello strumento radar sia per quanto riguarda la stima della precipitazione al suolo che per effettuare previsioni per le prossime ore (*nowcasting*). Questa tecnica è assai importante nel caso di fenomeni convettivi intensi.

In futuro la possibilità di utilizzare una strumentazione diversificata, rete di stazioni da terra e una rete di radar meteorologici, consentirà di realizzare uno studio completo dell'evento. Il tutto permetterà di formulare previsioni sempre più attendibili.

Riferimenti bibliografici

- Delrieu G, Andrieu H, e Creutin J.D. (1999), "Quantification of Path-Integrated Attenuation for X and C-Band Weather Radar Systems Operating in Mediterranean Heavy Rainfall", *Journal of Applied Meteorology*, 39, 840-850
- Gabella M, Notarpietro R. (April 2004), "Improving operational measurement of precipitation using radar in mountainous terrain- Part I: Methods", *IEEE Geosci. Rem. Sens.*, vol. 1, n. 2
- Germann U. e Joss J. (1999), "Operational measurement of precipitation in mountainous terrain", in *Advanced Applications of weather radar*, P. Meischner, Ed. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, vol.13, 1025-1043
- Maki M, Park S.G. e Bringi V.N (2005), "Effect on natural in rain drop size distributions on rain rate estimations of 3 cm wavelength polarimetric radar", *Journal Meteorological Society of Japan*, Vol.83, No 5, 871-893
- Marzano F.S, Picciotti E. e Vulpiani G. (2004), "Rain field and reflectivity vertical profile reconstruction from C-band radar volumetric data", *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens.*, vol. 42, n. 4, 1033-1046
- Picciotti E, Montopoli M, Gallese B, Cimoroni A, Ferrauto G, Ronzitti L, Mancini G, Volpi A, Sabatini F, Bernardini L. e Marzano F.S. (2006), "Rainfall mapping in complex orography from C-band radar at Mt. Midia in Central Italy: data synergy and adaptive algorithms", *Proceeding of ERAD 2006*,341-344
- Picciotti E, Gallese B, Cimoroni A, Montopoli M, Telleschi A, Volpi A, Consalvi F, Cinque G. e Marzano F.S. (2008), "C-band radar precipitation measurements in mountainous region: comparison with raingauge fields and X-band radar data", *Proceeding of ERAD 2008*
- Serrar S, Delrieu G, Creutin J.D. e Uijlenhoet R. (2000), *Mountain reference technique*, "The use of mountain returns to calibrate weather radars operating at attenuating wavelengths", *J. Geoph. Res.*, 105, 2281-2290
- Steiner M, Smith J.A, Burges S.J, Alonso C.V. e Darden R.W. (1999), "Effect of bias adjustment and rain gauge data quality control on radar rainfall estimation", *Water Resources Research*, 35 (8), 2487-2503
- Steiner M, Houze R.A. e Yuter S.E. (1995), "Climatological Characterization of Three-Dimensional Storm Structure from Operational Radar and Rain Gauge Data", *J. Appl. Meteor.*, 34

SISTEMA WEB-GIS PER L'ACCESSO INTERATTIVO 3D DI INFORMAZIONI TURISTICHE TERRITORIALI CONSULTABILI IN LINGUAGGIO NATURALE

Stefano PIFFER (*), Giuseppe CONTI (*), Raffaele DE AMICIS (*), Davide CALÌ (**),
Ivana CALÌ (**), Vincenzo CARTELLI (**), Santo PAPA (**), Giuseppe MUSSUMECI (***)

(*) Fondazione Graphitech, Via alla Cascata 56/c 38100 Povo TN, +39 0461 883397

(**) BC S.r.l. Software Company, Via Caronda n.136 95128 Catania, +39 095 7286481, info@bcsoftware.it

(***) Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università di Catania V.le A.Doria 6
95125 Catania, +39 095 7382212, gmussume@dica.unict.it

Riassunto

La consultazione di informazioni geografiche per applicazioni orientate al turismo ed al marketing territoriale avviene spesso in maniera disorganica e complessa, sia per la natura stessa delle informazioni necessarie, spesso poco correlate e parziali (ad es. la documentazione non sempre permette di far fronte ad esigenze viaggio del turista), sia perché non sono disponibili interfacce semplici e intuitive. Obiettivo del progetto è quello di rendere facilmente consultabili le informazioni necessarie alla fruibilità del territorio ed in particolare da un punto di vista turistico. La duplice esigenza di avere una banca dati georeferenziata complessa ma di facile interrogazione viene soddisfatta tramite un'interfaccia utente web-GIS interattiva in tre dimensioni, consultabile in linguaggio naturale e accessibile anche attraverso dispositivi cellulari o palmari. Il sistema presentato si basa su una struttura a servizi multilivello, costituita da un'applicazione innovativa client-server per l'accesso interattivo in 3D via web di dati territoriali sviluppata dalla Fondazione Graphitech integrata con il motore di ricerca intelligente FuLL (Fuzzy Logic and Language) di BC S.r.l. che permette all'utente non esperto di formulare richieste anche complesse utilizzando il linguaggio naturale. A livello di utente, l'applicativo client è avviato da una pagina web come Java WebStart. Non appena il client è avviato e l'utente effettua l'autenticazione dopo la quale viene visualizzata un'interfaccia in cui i dati, esposti attraverso servizi WMS/WFS, sono visualizzati in 3D in maniera interattiva. La consultazione delle informazioni avviene tramite un'interfaccia in linguaggio naturale che tramite la logica fuzzy permette di comprendere anche aspetti soggettivi e qualitativi per integrare e supportare l'interpretazione delle richieste dell'utente (es. *“musei nei pressi di...”*). In generale le query possono essere applicate a tutto il DB o ristrette ad aree di interesse, grazie anche alla possibilità offerta dal sistema di selezionare interattivamente punti ed aree all'interno della scena tridimensionale, in modo da potere formulare interrogazioni del tipo: *“Ci sono alberghi economici vicini?”*. Il risultato delle query viene infine direttamente visualizzate all'interno dell'ambiente tridimensionale. La sperimentazione condotta riguarda anche dati turistiche territoriali di Trento e di Catania, con la partecipazione del DICA dell'Università di Catania.

Abstract

Access to geographical information for application targeted to tourism and territorial marketing, too often takes place in a complex way. This is due both to the nature of the information required, often partial (e.g. the information available does not allow to fully plan the trip) as well as to the lack of user-friendly interfaces. The goal of this project is to provide easy access to information necessary to retrieve information on a specific area for touristic reasons. A 3D application provides a simple interface capable to provide access to GI through the use of natural language. The system is based

on a multi-level architecture where a 3D client, developed by Graphitech, is integrated with the natural language processing engine FuLL (Fuzzy Logic and Language) developed by BC S.r.l. This allows users to formulate queries in natural language without need for any further knowledge (e.g. SQL). This way the user can ask "give me the B&B in the area" or "where can I find an hotel with a pool in the nearby?". The information on the position of the is known by the 3D client and can be used to create location-based queries. The result of the query is directly rendered within the 3D scene. The assessment of the system has been carried on in the context of two different geographical areas, that is the area of Trento, in the Italian Alps, and Catania, in Sicily through the help of the local university.

Introduzione

Gli ultimi anni hanno visto la nascita di numerose applicazioni 3D GIS in grado di garantire l'accesso interattivo a basi dati geografiche all'interno di ambienti virtuali. La facilità di utilizzo e la versatilità di tali strumenti hanno permesso l'utilizzo in diversi campi di applicazione come il controllo e gestione del territorio, la supervisione delle flotte e la promozione turistica.

Tuttavia, già da molto tempo queste applicazioni avevano fatto la loro comparsa in ambienti tecnici, ma a causa delle elevate prestazioni hardware richieste non erano in grado di offrire un utilizzo godibile da parte della maggioranza degli utenti finali. Oggigiorno ci ritroviamo nella situazione opposta, a fronte di costi ridotti, anche un utente medio e non professionale è in grado di acquisire PC in grado di visualizzare sempre più informazioni in maniera interattiva. Tale tendenza è stata amplificata dal rilascio di applicazioni come Google Earth e Microsoft Virtual Earth piattaforme entrambe progettate per la visualizzazione di dati geografici in ambienti tridimensionali.

La facilità d'utilizzo, le prestazioni e la gratuità delle stesse, sta destando un sempre maggiore interesse da parte di utenti comuni, e dunque non esperti di dominio, verso le tecnologie geospaziali.

Ci si è ben presto reso conto che tali strumenti possono essere utilizzati per diversi scopi, non necessarie mante soltanto legate ad un contesto ludico. Da qui, ad esempio, la possibilità di permettere ai diversi client 3D GIS di non limitare la visualizzazione di mappe territoriali ma di poter accedere a infrastrutture con dati georeferiti già esistenti e resi disponibili tramite Spatial Data Infrastructure.

L'utilizzo a larga scala di questi strumenti e la vastità delle possibili informazioni che essi sono in grado di visualizzare, ha cominciato a manifestare i suoi maggiori limiti quando si deve garantire elevata usabilità nel caso di accesso a basi dati complesse. In effetti, strutture dati con diverse centinaia di voci sono difficilmente catalogabili e ordinabili sotto forma di Tabelle di Contenuti (TOC dall'inglese Table of Content) strutturate ad albero. La tipica distribuzione secondo diverse categorie possono organizzate secondo "rami" e nodi e relazionate da dipendenze padre-figlio risultano infatti poco efficaci. Analoghe limitazioni si riscontrano nel caso in cui sono adottate strutture a grafo in quanto, sebbene queste permettano tipologie di relazioni più evolute, non sempre sono di facile comprensione per un utente comune non esperto.

In questo lavoro si è cercato di affrontare la problematica dell'usabilità andando ad applicare ad un client 3D gis un motore di ricerca intelligente che permettesse all'utente non esperto di formulare le richieste di informazioni, contenute all'interno di banche dati strutturate, attraverso espressioni in linguaggio naturale, evitando di utilizzare TOC altrimenti troppo complesse per la quantità di dati in esso contenute.

Il progetto ha visto la sinergia di due differenti partner, la Fondazione Graphitech e BC Srl. La prima ha sviluppato un applicativo *thin client* 3D GIS basato su tecnologia Java WebStart già testato e attualmente in servizio come visualizzatore di dati turistici per una APT in Trentino [Internet Source 01], mentre BC Srl ha fornito il motore di ricerca intelligente FuLL per la gestione delle richieste in linguaggio naturale.

Il caso d'uso illustrato è stato orientato al dominio turistico ed è stato validato relativi nel contesto di due aree geografiche, in Trentino e nella Provincia di Catania, ma perfettamente replicabile su scala più ampia nonché all'interno di domini applicativi diversi (es. mobilità, logistica, protezione civile, etc.).

Metodologia

Il lavoro presentato affronta la problematica della fornitura di un interprete delle richieste in linguaggio naturale all'interno di un ambiente client 3D GIS attraverso l'implementazione di una piattaforma software in grado di garantire l'interazione con dati geografici.

Il geobrowser 3D è stato esteso nella sua funzionalità base di visualizzazione dei dati reperibili via servizi WMS e WFS con un'interfaccia nella quale è possibile immettere la query relativa ai dati di interesse utilizzando il linguaggio naturale. Tale query non viene analizzata a livello client ma viene inoltrata ad un opportuno servizio in "ascolto" che la analizza tramite il motore Full. Quest'ultimo elabora le informazioni e ri-invia il risultato della query dell'utente al client, che provvede a visualizzarlo. Tale architettura orientata ai servizi ha inoltre il vantaggio di ridurre le performance richieste all'applicativo client.

Da un punto di vista tecnico, il lavoro ha visto la realizzazione, lato client 3D, delle relative interfacce uomo-macchina utili all'utilizzatore per formulare una richiesta completa oltre alla creazione di un'interfaccia software per lo scambio e gestione dei pacchetti dati con il servizio responsabile dell'elaborazione della query.

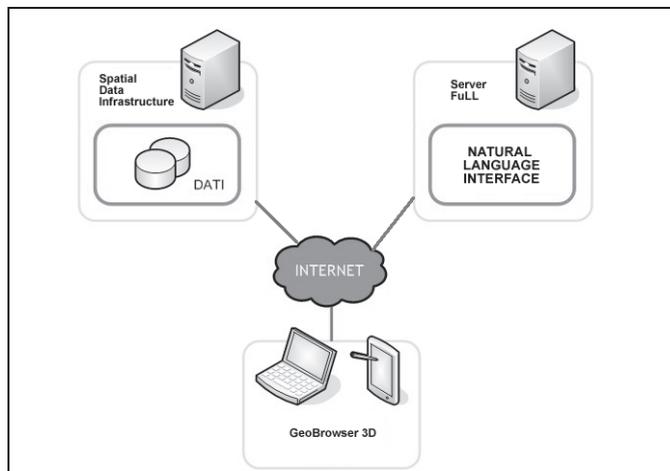


Figura 1: Architettura integrazione GT Geobrowser3D e interfaccia in linguaggio naturale Full

Architettura di sistema

La Figura 1 mostra l'architettura generale del progetto, è possibile notare come la natura distribuita e autonoma dei componenti ne permetta una ulteriore scalabilità in caso di necessità.

È possibile notare come il client sia in realtà un semplice visualizzatore mentre i dati sono reperibili, potenzialmente, su differenti server che li rendono fruibili utilizzando standard quali Web Map Service (WMS) e Web Feature Service (WFS) tramite cui accedere alle basi dati dove sono memorizzate le *feature* relative ad elementi territoriali. Questa caratteristica è stata totalmente integrata con la possibilità di accedere al motore di ricerca Full per la gestione delle richieste utenti. La comunicazione tra i diversi attori avviene tramite interfaccia XML basata su protocollo Http.

Il geobrowser 3D ha previsto un'aggiunta nella sua forma standard di un'interfaccia per la gestione di richieste d'informazioni da parte dell'utente. Essa è costituita da un campo di testo nel quale inserire la query in linguaggio naturale elaborata dal motore Full, con una serie di opzioni che permettono di corredare la query testuale con informazioni aggiuntive di carattere spaziale.

È risultato, infatti, conveniente dare la possibilità all'utente di non limitarlo alla sola compilazione testuale della richiesta (come ad es. "gli alberghi nei pressi del museo X.") ma di permettergli di interagire con il mondo virtuale e di ricavare informazioni da esso. La possibilità di influenzare la

percezione spaziale dell'utente con un mondo ricostruito che permette di riconoscere i luoghi in cui esso si trova lo rende in grado di meglio cogliere quelle che sono le problematiche di localizzazione delle informazioni richieste, limitarle e circoscriverle anche in considerazione delle caratteristiche del paesaggio. Da qui la possibilità di definire punti o aree sulle quale eseguire le query, andando a circoscrivere sulla mappa zone di interesse e non.

Inoltre il sistema sviluppato permette la query anche in funzione della sola posizione geografica visualizzata (quindi non in termini di Paese e Località ma di Latitudine e Longitudine). Tale caratteristica è particolarmente utile durante la navigazione in un contesto urbano-ambientale non conosciuto.

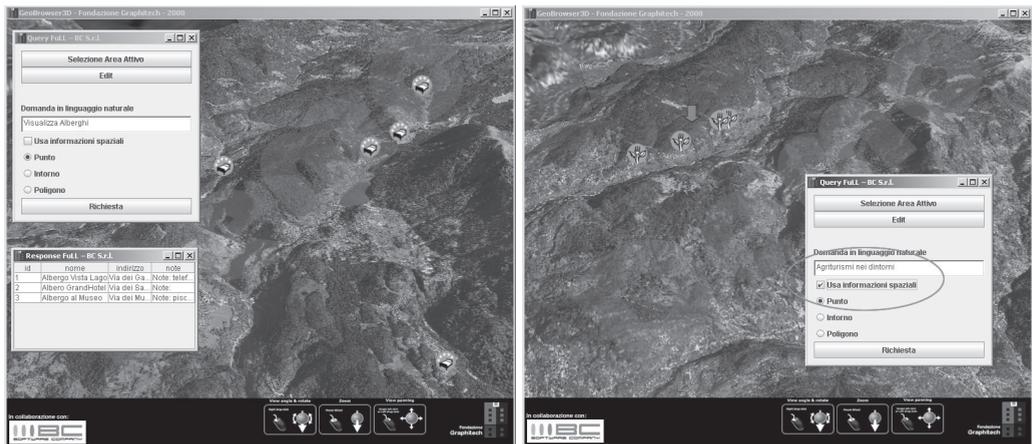


Figura 2-3: Interfaccia utente con esempio di consultazione in linguaggio naturale e risultati

Il sistema permette di formulare domande in linguaggio naturale anche complesse, come ad esempio “*ci sono musei nel raggio di 5 km dall'albergo X?*”, “*quali sono i numeri di telefono di alberghi economici vicini?*”; quest'ultima comporta un AND fuzzy fra i concetti fuzzy di costo/categoria albergo (economico) e distanza (vicino) dal punto di interesse ciccato su mappa dall'utente e utilizzato a corredo della domanda, oppure dalla posizione dell'operatore che formula la richiesta se localizzato sulla mappa.

In termini operativi il lavoro svolto permette a un utente di scaricare, previa autenticazione, da un link web l'applicativo client. Il thin client è nato e progettato come *thin client*, si basa sul concetto del non vincolare l'utente utilizzatore a dover installare un applicativo monolitico sulla propria macchina. Infatti, grazie alla tecnologia Java WebStart [Internet Source 02], l'applicativo non necessita di nessuna installazione sulla macchina utente ma risiede solo sulla macchina virtuale del sistema operativo e viene “cancellato” una volta terminato l'utilizzo. Da qui la necessità di delegare a server web i processi di calcolo e archiviazione delle informazioni.

Una volta scaricato l'applicativo l'utente è libero di utilizzarlo come un qualunque altro client web-GIS, che mostrerà le informazioni base con cui l'utente può interagire. In più l'utente è in grado di richiedere informazioni che non sono disponibili nel “pacchetto” standard del client utilizzando l'interfaccia che interroga il motore di ricerca FuLL.

Supponiamo ad esempio che l'utente stia navigando nella zona dell'APT di Baselga del Pinè – valle di Cembra, in provincia di Trento, e che stia visualizzando le informazioni mostrate all'avvio dell'applicativo, cioè ortofoto, toponomastica, strade.

L'utente decide che è interessato a conoscere tutti gli alberghi che ci sono sull'altopiano. Attraverso l'interfaccia delle query potrebbe formulare una richiesta del tipo “*Voglio vedere gli alberghi?*”. Il

client provvede ad inviare tale query testuale al servizio preposto, che raccoglie la richiesta, la elabora e riinvia al client le informazioni sotto forma di pacchetto XML. Il client provvede ad elaborare tale pacchetto ed estrarne il contenuto informativo, “veste” i dati risultato della query a seconda di uno standard definito a priori e visualizza le informazioni richieste direttamente come POI (Point of Interest) all’interno del mondo virtuale.

L’utente a questo punto può interagire con i POI per ricavare ulteriori informazioni cliccando su di essi.

L’utente può anche decidere di effettuare query inserendo anche delle informazioni spaziali esplicite. Ad esempio facendo riferimento alla query precedente “*Mostra gli alberghi*”, l’utente può limitarla ad una particolare zona. In questo caso il client mette a disposizione un semplice tool per la definizione di settori o aree che “vincolano” la query a quel particolare intorno o poligono tracciato dall’utente.

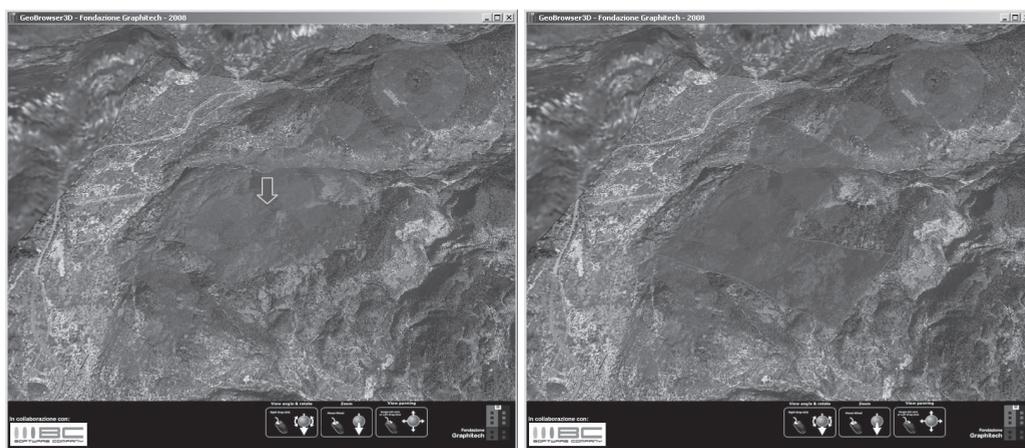


Figura 4: Client GTGeobrowser3D Diverse selezioni di punti e aree

Risultati

Il risultato del progetto è lo sviluppo di un prototipo software di tipo thin client 3D per la visualizzazione e consultazione in linguaggio naturale di dati GIS, resi fruibili da servizi OGC esistenti. Ad esso è stata aggiunta la possibilità da parte dell’utente di corredare le domande testuali in linguaggio naturale con informazioni spaziali aggiuntive, ottenute interagendo con la mappa per la ottimizzazione della ricerca, pertanto garantendo maggiore usabilità.

La combinazione di due tecnologie così diverse ha creato un prodotto valido ed efficiente se paragonato alle classiche tabelle di contenuti ad albero tipicamente adottate nei client web-gis tradizionali e che mal rispondono a requisiti di efficienza e rapidità quando la mole dei contenuti risulta consistente. Inoltre la natura scalabile della soluzione client-server permette l’espandibilità delle basi dati interrogabili e visualizzabili, senza di contro andar ad agire sulla customizzazione estrema del thin client.

La sperimentazione è stata condotta su dati reali nel territorio di Trento e di Catania, forniti dall’Azienda per il turismo Altopiano di Pinè e Valle di Cembra e dalla Provincia di Catania, che si ringraziano per la collaborazione.

Sviluppi Futuri

Possibili sviluppi futuri della piattaforma potrebbero riguardare la possibilità di migliorare l’interpretazione del concetto “distanza”, integrare le informazioni spaziali con modelli di simulazione di reti di trasporto e dati di carattere morfologico, in quanto query dove il dato “geografico” è inteso come sola distanza o appartenenza ad un area può non essere sufficiente nel

descrivere realtà, come quelle montane, dove la distanza “euclidea” può portare a ritenere vicina una località che in realtà si trova su un versante opposto o in una valle adiacente con i relativi problemi in termini di raggiungibilità e di percorso ottimale.

Per migliorare l’usabilità globale del sistema, l’interfaccia potrebbe permettere all’utente di interagire con la mappa per utilizzare a corredo delle domande in linguaggio naturale non solo informazioni spaziali tracciate dall’utente (punti, intorni, poligoni), ma direttamente oggetti geografici del DB selezionati tramite mappa dall’utente con i tradizionali strumenti GIS); una consultazione del tipo “*mostra gli alberghi economici nei pressi di via garibaldi*” che attualmente richiederebbe la digitazione completa del testo, potrebbe essere effettuata selezionando l’oggetto spaziale corrispondente al toponimo “via garibaldi” e scrivendo più semplicemente “*mostra gli alberghi economici*”. Un simile approccio, eviterebbe anche la digitazione da parte dell’utente del toponimo per individuare il sito di interesse, riducendo in molti casi problemi linguistici legati ai toponimi (es. ambiguità, varianti linguistiche differenti lato utente e lato DB)

Nel settore turistico potrebbe essere utile estendere le capacità del motore FuLL di interfacciarsi a DB temporale, in corso di diffusione, per gestire aspetti temporali anche complessi, al fine di rispondere a domande che sottintendono l’orario della richiesta (es. “*ci sono musei in zona aperti a quest’ora?*”) e in cui l’utente possa specificare esplicitamente degli orari o degli intervalli temporali (es. “*quali sono i musei aperti ad agosto?*”)

In prospettiva sarà inoltre importante riuscire a realizzazione un prototipo sperimentale più robusto ed evoluto in collaborazione con soggetti interessati all’utilizzo della piattaforma, anche estesa e specializzata in un dominio di informazioni turistiche più ampio e in altri ambiti e domini applicativi.

Riferimenti

Internet Source 01, <http://www.aptpinecembra.it/>, "Azienda per il turismo Altopiano di Pinè e Valle di Cembra"

Internet Source 02, <http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/javawebstart>, "Java SE Desktop Technologies"

Bartolini R., Caracciolo C., Giovannetti E., Lenci A., Marchi S., Pirrelli V., Renso C., Spinsanti L., 2006, “Creation and Use of Lexicons and Ontologies for Natural Language Interface to Databases”, in *proceedings of Fifth international conference on Language Resources and Evaluation (LREC)*, Pisa.

Bombara M., Cali D., Cali I., Giovannetti E., Masserotti MV., Renso C., Spinsanti L., Tropea G., 2006, “Interrogazioni in linguaggio naturale a basi dati eterogenee: l’ontologia del systema “FuLL” nei GISuage Interface to Databases”, Atti della conferenza tematica AMFM, Roma.

UN SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE GEOAMBIENTALE PER LA PROVINCIA DI AVELLINO

Maurizio PIGNONE (*), Giada DE ANGELIS (**)

(*) ISTITUTO NAZIONALE di GEOFISICA e VULCANOLOGIA, Osservatorio di Grottaminarda
via Castello d'Aquino 83013 Grottaminarda (AV) - pignone@gm.ingv.it

(**) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Napoli "Federico II",
Largo San Marcellino 10 – 80138 Napoli – giada.deangelis@gmail.com

Riassunto

Scopo di tale lavoro è l'individuazione di macroaree a scala provinciale idonee all'ubicazione di discariche di rifiuti solidi urbani o di siti di stoccaggio di ecoballe nell'ambito della provincia di Avellino. Una prima fase è stata dedicata alla raccolta di dati relativi alla caratterizzazione geologica, ambientale, paesaggistica presente sul territorio ed alla individuazione della normativa vigente che discrimina i criteri di scelta di un sito. Sono stati individuati e realizzati circa 20 strati informativi geotematici per l'area di studio, organizzati all'interno di un personal geodatabase. Nella seconda fase del lavoro, attraverso la tecnologia del Model Builder di ArcGIS 9.2, è stato realizzato un modello di analisi spaziale al cui interno sono state trasformati in vincoli geografici, le varie limitazioni indicate dalla normativa vigente, attribuendo ad ogni vincolo anche uno specifico impatto.

Abstract

The purpose of this work is the individualization of provincial scale macroareas for the location of dumps of urban solid waste (RSU – Rifiuti Solidi Urbani) or storage site of ecobales in the province of Avellino. The first phase has been devoted to the harvest of data concerning the geological, environmental, landscape characterization of the interested area and to the research of the actual legislation concerning the criterions of choice of a site. In this phase, moreover, about 20 layers have been created and then organized into a "personal geodatabase".

In the second phase, with the Model Builder of ArcGIS 9.2 technology, a spatial analysis model has been created; in this model the restrictions setted from the legislation have been transformed in geographical bonds and a specific impact has been assigned to every bond.

Introduzione

Negli ultimi decenni si è assistito all'incremento esponenziale della produzione di rifiuti, dovuto all'aumento dei consumi, conseguenza prima dell'accresciuto benessere economico. Questo fenomeno ha fatto sì che la politica di gestione dei rifiuti, da semplice allontanamento degli stessi dalle strade mutasse in problema all'ordine del giorno, creando grossi dilemmi organizzativi e aspre conflittualità sociali. Il problema della gestione dei rifiuti e la ricerca di nuovi siti per la realizzazione di discariche di tipo R.S.U., quindi, ha cominciato ad assumere una certa rilevanza nazionale (attualmente lo smaltimento in discarica in Italia è il principale metodo di eliminazione dei rifiuti, in quanto semplice ed economico: dati relativi al 2004 indicano che il 51,9% dei rifiuti totali prodotti è stato smaltito in discarica).

Da molti anni in Campania, più precisamente dal 1994, il problema relativo allo smaltimento dei Rifiuti Solidi Urbani ha causato numerose crisi, delle vere emergenze socio-ambientali e igienico-sanitarie. Le cause alla base dell'emergenza rifiuti sono complesse e sono da ricercare, principalmente, nell'immobilismo delle istituzioni e quindi dalla scarsa volontà di risolvere il

problema, nelle forti pressioni esercitate dalla malavita organizzata, nei ritardi di pianificazione e di preparazione di discariche idonee, nella costruzione di inceneritori e degli impianti di compostaggio della frazione organica proveniente dalla raccolta differenziata ed infine nei bassi livelli della stessa (nella Provincia di Napoli si ferma all' 8%). Tale situazione comporta, necessariamente, la continua ricerca di siti idonei nei quali realizzare discariche, impianti di stoccaggio ed inceneritori.

Tra i metodi utilizzati per l'individuazione di aree idonee destinate a discarica di tipo R.S.U., uno più efficace per affrontare problematiche in campo geoambientale, per la gestione di processi decisionali, consiste proprio nell'impiego di un Sistema Informativo Territoriale come strumento di supporto.

La realizzazione del SIT

Il progetto, realizzato come lavoro di tesi della laurea specialistica in Geologia e Geologia applicata, vuole dimostrare come la realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) può essere considerata uno strumento di supporto alle decisioni per affrontare problematiche in campo geoambientale: è stato così creato un SIT riguardante il territorio provinciale di Avellino che mira all'individuazione di macroaree a scala provinciale idonee all'ubicazione di discariche di rifiuti solidi urbani o di siti di stoccaggio di ecoballe.

Per la creazione del SIT sono state necessarie più fasi quali la raccolta di dati, resa particolarmente ardua dalla scarsità e dalla difficoltà di reperire dati in formato digitale, l'individuazione della normativa vigente che determina le modalità di scelta dei siti idonei alla realizzazione di discariche, l'inserimento dei dati in un modello di analisi spaziale ed infine l'analisi dei dati. La cartografia raccolta risulta essere, per la maggior parte, in formato raster in scala 1.100.000.

Nella prima fase del lavoro sono stati, in particolare, raccolti numerosi dati e realizzati circa 20 strati informativi geotematici organizzati all'interno di un personal geodatabase (residente su Microsoft Access) "SIT geoambientale AV" (Fig.1), definito come una struttura di memorizzazione aperta dedicata alla gestione di dati GIS all'interno di un RDBMS (*Related Database Management System*).

Le carte tematiche raccolte, georeferenziate nel sistema di riferimento Monte Mario e digitalizzate, sono:

- ✓ complessi idrogeologici (il layer è costruito in base al grado di permeabilità dei complessi presenti, accomunando i litotipi che hanno analogo comportamento nei confronti della permeabilità) (Fig.2);
- ✓ sorgenti pozzi ed inghiottitoi;
- ✓ invasi artificiali;
- ✓ idrografia (individua i principali corsi d'acqua attraversanti il territorio provinciale);
- ✓ aree SIC e ZPS (individua rispettivamente i Siti di Importanza Comunitaria e le Zone a Protezione Speciale);
- ✓ parchi e riserve naturali (individua i parchi e le riserve naturali istituite dalla "Legge quadro sulle aree protette" 6 dicembre 1991, n. 394);
- ✓ vincoli paesistici (le aree sottoposte a vincoli paesistico-ambientali);
- ✓ centri urbani (deriva dalla carta dell'uso del suolo e individua i centri città dei comuni);
- ✓ viabilità (individua le strade principali ovvero l'autostrada A16 e le strade statali);
- ✓ limiti comunali;
- ✓ DTM (Modello Digitale del Terreno);
- ✓ carta delle pendenze (è ricavata dal DTM attraverso il tool Slope di ArcToolbox);
- ✓ mappa della pericolosità sismica (derivante dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale);
- ✓ carta della pericolosità da frana (individua le aree interessate da una pericolosità da frana media, elevata e molto elevata.);
- ✓ catasto incendi boschivi (individua le aree percorse da incendio tra il 2000 e il 2004);
- ✓ cave abbandonate;

- ✓ siti potenzialmente contaminati (sono individuati i siti potenzialmente inquinati dalla presenza di rifiuti ed ecoballe).



Figura 1 – Struttura del geodatabase “SIT geoambientale AV”.

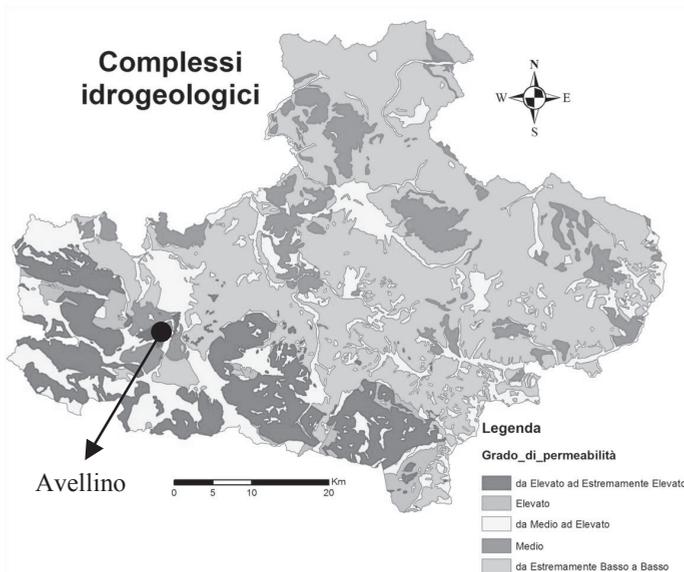


Figura 2 – Esempio di feature class: i “complessi idrogeologici”.

Il modello di analisi spaziale

Nella seconda fase del lavoro, attraverso la tecnologia del Model Builder di ArcGIS 9.2 è stato realizzato un modello di analisi spaziale (fig. 3), inserito direttamente all'interno del geodatabase.

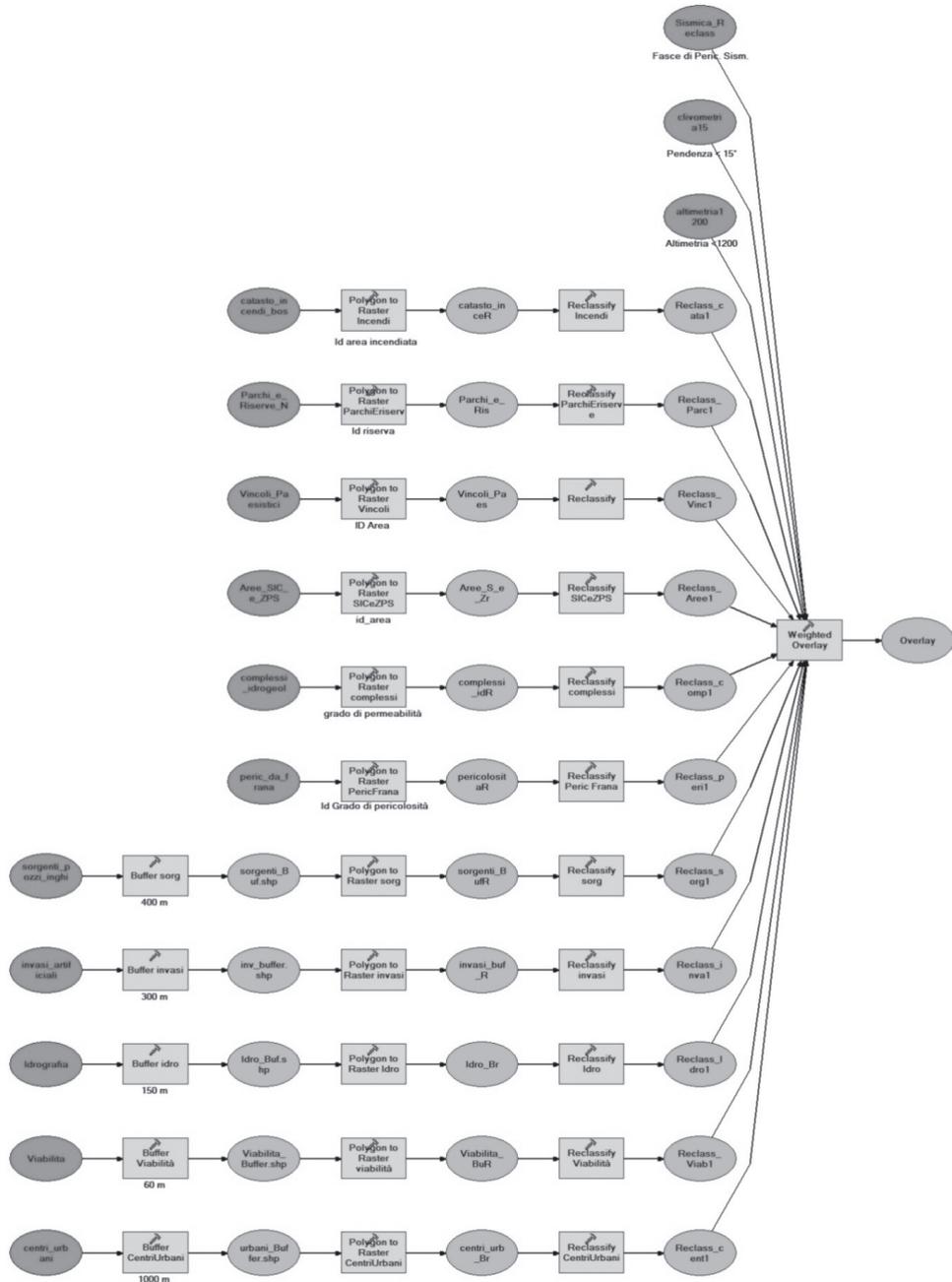


Figura 3 – Il modello di analisi spaziale adottato.

Un modello di analisi spaziale può essere definito come una rappresentazione della realtà ed è costituito da processi che al loro interno contengono funzioni di analisi spaziale le quali consentono l'elaborazione di dati di input in un dato di output. Tra le funzioni di analisi spaziale applicate vi è il Buffer; è stato utilizzato ogni qualvolta la normativa vigente imponeva una distanza minima da un elemento del territorio per la localizzazione di discariche (ad esempio per i centri urbani, la legge impone una fascia di rispetto pari a 1000 metri).

All'interno del Model Builder sono state trasformate in vincoli geografici, le varie limitazioni indicate dalla normativa vigente, attribuendo ad ogni vincolo anche uno specifico impatto. Ciò è avvenuto attraverso l'utilizzo della funzione di analisi spaziale Weighted Overlay. Prima dell'inserimento dei raster grid all'interno dell'Overlay, i dati sono stati rasterizzati attraverso la funzione Polygon to Raster, utilizzando il campo della tabella di attributi della feature per assegnare i valori al raster di output, poi riclassificati attraverso la funzione Reclassify che permette di riclassificare (o cambiare) i valori di un raster assegnandone dei nuovi, in modo da rendere più semplice l'operazione di overlay pesato.

In fig. 3 si può notare che al di sotto di ogni funzione di analisi spaziale sia presente un'etichetta indicante un'informazione: per la funzione Buffer indica il raggio (in metri) dell'area di rispetto che si andrà a generare, mentre per la funzione Polygon to Raster individua il campo della tabella di attributi che si andrà ad utilizzare.

Nell'Overlay pesato, infine, è stata scelta una scala graduata di 5 valori, dove il valore 1 individua aree non idonee e il valore 5 aree potenzialmente idonee. Questi valori sono stati assegnati alle classi di ciascun tema in base al loro peso sull'ambiente. In alcuni casi l'inserimento del valore 1 è stato sostituito dall'opzione Restricted; ciò è avvenuto per quei temi in cui le limitazioni indicate dalla normativa vigente non potevano essere assolutamente modificate (ad esempio, una zona con pendenza superiore ai 15° non potrebbe mai essere scelta per la localizzazione di discariche per ovvi motivi di stabilità, mentre i vincoli ambientali possono essere annullati durante i periodi di emergenza rifiuti).

Successivamente sono state specificate, in base ad un criterio soggettivo, le percentuali di influenza che ogni tema grid ha sull'ambiente: la somma dell'influenza deve essere sempre uguale al 100 % (fig.4). Ad esempio, l'idrografia avrà un peso maggiore rispetto alla viabilità, quindi bisognerà attribuirgli una percentuale di influenza maggiore. Il processo poi moltiplicherà i valori associati a ciascun campo dello stesso tema per la percentuale di influenza e i nuovi valori delle celle che si sovrapporranno saranno sommati fra di loro per creare i valori del tema di output.

| Raster | % influenza | Field | Scale Value |
|-------------------|-------------|--------|-------------|
| IdrografiaReclass | 8 | VALUE | |
| | | 1 | Restricted |
| | | 5 | 5 |
| | | NoData | NoData |
| ReclassViabilità | 3 | VALUE | |
| | | 1 | Restricted |
| | | 5 | 5 |
| | | NoData | NoData |

Figura 4 – Esempio di pesi e percentuali di influenza assegnati a due temi.

Conclusioni

Nello scenario risultante (fig. 5) appare chiaramente visibile l'area in rosso coincidente con la parte di territorio provinciale occupata dai complessi carbonatici e dai centri urbani, oltre che dalla presenza di corsi d'acqua. Le aree in verde più chiaro individuano la parte di territorio interessata da un'elevata pericolosità da frana oltre che dai complessi con permeabilità media. L'area in verde,

invece, rispecchia principalmente la bassa permeabilità, dovuta alla presenza di complessi argillosi, la mancanza di alcun tipo di vincolo, basse pendenze e quote inferiori ai 1200 m.

E' da precisare che i dati ottenuti sono indicativi per il tipo di scala utilizzata, per i tipi di dati elaborati e per i pesi e le percentuali assegnate. Per ogni area idonea devono poi, necessariamente, essere eseguite una serie di indagini a scala tale da consentire un maggiore dettaglio.

Comunque i dati ottenuti da questo tipo di studio sono soddisfacenti perché in pieno accordo con quelli che sono le caratteristiche del territorio provinciale.

Inoltre questo tipo di modello permette di essere continuamente aggiornato, risultando quindi del tutto dinamico, portando alla costruzione di scenari sempre diversi, in base ai criteri discriminanti utilizzati.

Il Sistema Informativo Territoriale così costruito è anche un ottimo strumento per la gestione dei procedimenti di VAS e VIA, in conformità con le più recenti disposizioni di legge previste dal Testo Unico ambientale (D. Lgs 152/06); si tratta, cioè, di uno strumento avanzato a supporto della pianificazione, in grado di indirizzare le scelte, gli interventi e le strategie verso criteri operativi di sostenibilità, in coerenza con quanto disposto espressamente nell'art. 3-quater del D.Lgs 16 gennaio 2008 n°4, recante "nuove norme in materia ambientale".

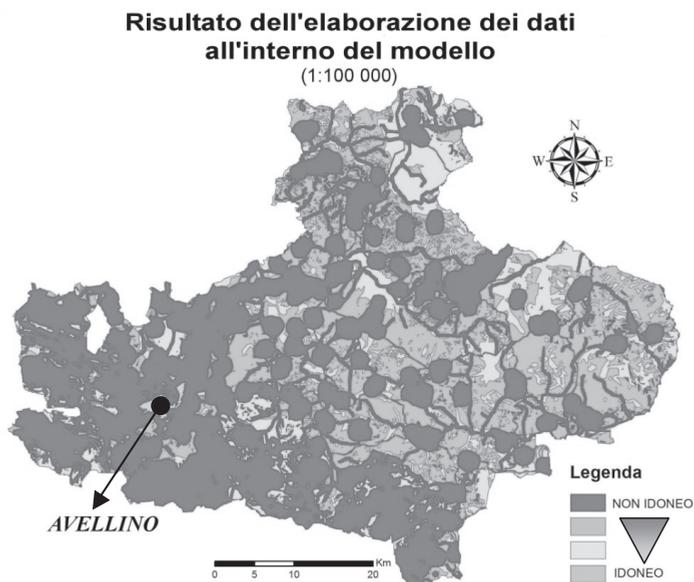


Figura 5 – Risultato dell'overlay pesato.

Bibliografia

Pignone M., Ceccarelli M., Lo Curzio S. (2001), "Un sistema informativo territoriale per la localizzazione di siti per lo smaltimento di RSU, un esempio di applicazione al territorio della provincia di Benevento", Atti Quinta Conferenza Nazionale ASITA.

Pignone M., Centrella A., Villacci D. (2005), "Sistema Informativo Territoriale per la pianificazione energetica sostenibile", Atti Nona Conferenza Nazionale ASITA.

“LA CHIESA DI NOSTRA SIGNORA DI LORETO A FINALE LIGURE” COMPARAZIONE TRA SOFTWARE PER LA RESTITUZIONE FOTOGRAMMETRICA

Giancarlo PINTO (*), Serena TRUFFELLI, Claudia RUMOLINO

(*) Ricercatore Confermato presso l'Università degli Studi di Genova
Facoltà di Architettura Dipartimento POLIS, Stradone S. Agostino 37 Genova

Introduzione

I lavori di restauro intrapresi nel 2006 dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali con la Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio della Liguria sulla “*Chiesa di Nostra Signora di Loreto*” a Perti, frazione di Finale Ligure; ci hanno dato l'occasione di poter svolgere la nostra ricerca realizzando un rilievo rigoroso, abbinando metodi diretti a metodi indiretti; potendo così sperimentare due software di restituzione e successivamente comparare i risultati ottenuti al fine di perfezionare una metodologia flessibile e di facile utilizzo ma che garantisca, al contempo, la precisione del risultato.

Questo ci ha permesso di testare e verificare le potenzialità offerte da questi software di restituzione senza compromettere la precisione metrica. La collaborazione tra la Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio della Liguria e il Dipartimento POLIS dell'Università degli Studi di Genova è stata determinante per il test dei due programmi, “*Photodeler*”, prodotto dalla Eos Systems Inc. e “*Realviz Imagemodeler*”, sulla “*Chiesa di Nostra Signora di Loreto*” a Finale Ligure, che ha tutte le caratteristiche architettoniche e strutturali che si prestano perfettamente per testare questi programmi. Infatti si tratta di una piccola cappella che rappresenta però un *unicum* nel panorama dell'architettura rinascimentale ligure grazie alla sua particolarità data dalla forma e per l'utilizzo dei materiali. È un edificio di grande valore storico ed architettonico che però non è mai stato documentato in modo completo ed in particolare non è mai stato oggetto di rilievi metricamente significativi.

La piccola chiesa è impostata su un unico ambiente a pianta quadrata con un piccolo coro pure esso quadrato, affiancato sul lato settentrionale. Il corpo principale è sovrastato da un alto tamburo ottagonale con tetto in ardesia che racchiude la cupola emisferica; così come il coro che è sovrastato da un emitamburo poligonale di dimensioni minori, che appoggia sulla cupola principale. Gli spigoli dell'edificio sono rafforzati all'esterno da grossi pilastri quadrati a corsi di mattoni alternati a conci di pietra locale. Questi quattro pilastri angolari proseguono ben oltre il cornicione in quattro esili campanili che fanno da corona al lanternino della cupola, e da qui l'appellativo oramai noto di “*Chiesa dei Cinque Campanili*”.



Il tamburo ottagonale della cupola è scandito da otto lesene in cotto con capitelli in pietra, così come i quattro spigoli del tamburo della cupoletta del coro. Le pareti lisce ed intonacate, sia quelle del tamburo sia quelle del corpo principale, sono risolte architettonicamente da grandi occhi con profonde strombature verso l'interno. Inoltre nella parete di facciata l'ingresso principale è definito da un portale in pietra del Finale con timpano triangolare. L'interno del corpo principale della chiesa è coperto da una cupola emisferica a centro rialzato impostata su un breve tamburo alleggerito da oculi; anche nel piccolo coro si ripete la stessa disposizione, ma la cupoletta accenna ad una forma ad ombrello di pianta ottagonale. Lo spazio è scandito da semplici elementi decorativi in laterizio quali marcapiani, peducci, cornici e lesene, ai quali si aggiungono due edicole ai lati della scarsella e due graziosi capitelli realizzati in pietra del Finale.

All'interno troviamo anche un affresco rappresentante due santi domenicani, Damiano Folcheri da Perti e Vincenzo Maglio da Orco, datato 1493; questo avvalorerebbe la datazione di costruzione della chiesa tra il 1488 e i primi anni del '90 in occasione del matrimonio tra Alfonso I del Carretto e Peretta Usodimare Cybo che risale proprio all'anno 1488. I lavori di restauro hanno rimesso in luce ulteriori decorazioni pittoriche sulle volte, ma risultano grossolane e comunque posteriori alla costruzione della chiesa.

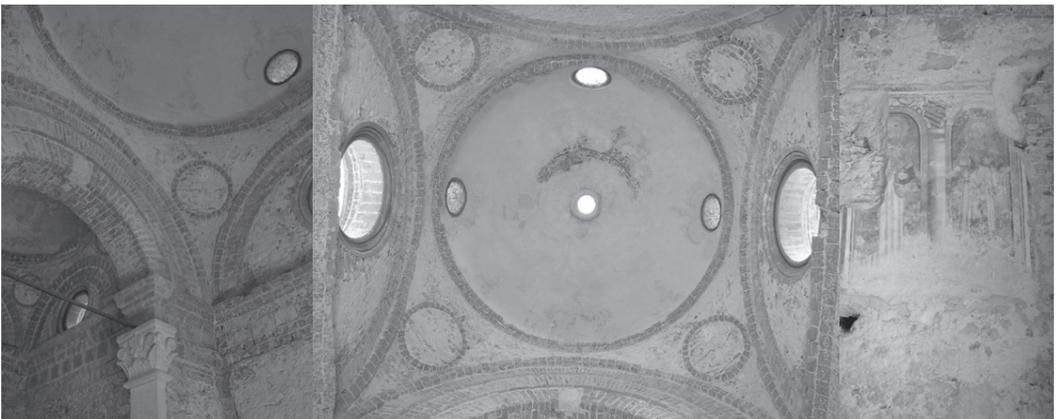
Questo piccolo monumento appare come un gioiello di quel primo rinascimento italiano, tanto più raro, per la sua unicità, nella regione ligure dove anche l'arte bramantesca non ebbe altra eco.

Forse per questo i cultori d'arte locale sono stati propensi ad attribuire la cappella addirittura al Bramante, mentre altri si sono limitati a designarla come di scuola bramantesca, cedendo al vezzo di una denominazione che era uso assegnare alle costruzioni lombarde del Rinascimento, quasi a riassumere nel nome del grande innovatore tutta un'epoca feconda. È stato scritto che pur conservando l'appellativo di bramantesca lasciò supporre che la cappella fu eseguita intorno al 1460 da quel Bartolomeo Mutano milanese che in quel periodo riparò il campanile di San Biagio, senza notare che tale data è anteriore di circa vent'anni dell'attività lombarda di Bramante.

Inoltre è da notare la straordinaria somiglianza della nostra chiesa Ligure con la cappella che Pigello Portinari fece costruire tra il 1462 e il 1468 presso l'abside di Sant'Eustorgio a Milano.

E' questa cappella un monumento di grande interesse, studiato e notissimo quale primo esempio completo di architettura del primo Rinascimento in Lombardia. La cappella di San Pietro Martire presso San Eustorgio, pubblicata dal Beltrami, dal Malaguzzi Valeri e citata in tutti i testi di storia dell'arte, è in sostanza l'edificio base dello sviluppo della nuova arte Toscana in Lombardia dal quale si partono anche tutte le derivazioni del periodo Bramantesco.

La rassomiglianza della chiesa di N.S. di Loreto a Perti, di Finalborgo, con la cappella Portinari a Milano è troppo grande perché si possa pensare a due opere staccate derivate da stessi modelli toscani. Per cui è da supporre che le due cappelle sono strettamente connesse o sono copia una dell'altra.



Il metodo

Un aspetto molto importante con il quale tutti i software che hanno a che fare con la fotogrammetria devono in qualche modo confrontarsi, è quello dell'aberrazione portata sulle immagini dalle lenti degli obiettivi.

La distorsione ottica si verifica nel momento in cui alcuni punti dell'immagine inquadrata vengono riprodotti sul fotogramma con un diverso ingrandimento dando l'impressione di essere "spostati".

Questo fenomeno è dovuto in buona parte al fatto che le superfici esterne delle lenti sono curve o sferiche. Esistono due tipi di distorsioni; quella detta a *cuscinetto* tipica dei teleobiettivi, e quella a *barilotto* quando si utilizzino obiettivi grandangolari, dove le linee rette ai bordi dell'immagine tendono ad incurvarsi verso l'interno quanto più si avvicinano agli angoli.

Queste distorsioni risultano quindi assai dannose nelle applicazioni fotogrammetriche; esse però, essendo legate a fatti geometrici noti, possono essere preventivamente studiate e se ne può spesso tenere conto in sede di restituzione correggendo così i risultati ottenuti.

La concezione classica della topografia prevede una netta distinzione tra rilevamento planimetrico e altimetrico, facendone quindi derivare una separazione sia nelle operazioni relative al prelievo dei dati, che nell'elaborazione degli stessi.

Ci si trova di fronte a due diverse problematiche: la prima finalizzata alla determinazione della proiezione del punto sul piano orizzontale di riferimento, la seconda alla definizione della sola altezza del punto stesso. Si definisce "rilievo completo" qualora si determinino dei singoli punti, sia le coordinate planimetriche sia le quote.

Nella celerimensura, invece, il punto viene rilevato attraverso una sola operazione nelle sue coordinate spaziali.

Nella topografia i problemi riguardanti la determinazione della posizione dei punti nello spazio vengono risolti attraverso la misurazione di angoli (distintamente nel piano orizzontale e in quello verticale), limitando la misura delle distanze a quelle strettamente necessarie. Gli angoli misurati di ogni punto sono l'angolo azimutale φ individuato dalla proiezione sul piano orizzontale di riferimento dell'asse di visuale e dall'asse delle x, e l'angolo zenitale γ , contenuto nel piano verticale, individuato dall'asse visuale e dall'asse z.

Il rilievo fotogrammetrico comprende le fasi di lavoro che collegano il rilievo topografico alla restituzione, che nel nostro caso è stata prodotta con tecniche digitali.

Per ottenere un buon rilievo fotogrammetrico è quindi necessario partire dall'identificazione di una serie di punti ottenuti con strumenti topografici. Gli inevitabili errori che possono verificarsi nella fase di battuta dei punti diventano un fattore moltiplicativo per i possibili errori della fase di restituzione fotogrammetrica e questo ci dimostra quanto sia importante prestare la massima attenzione nel cercare di raggiungere la maggior precisione possibile attraverso gli strumenti utilizzati.

Altro elemento fondamentale è la scelta della metodologia più adatta all'oggetto architettonico da rilevare e delle caratteristiche degli strumenti. Nel caso della "Chiesa di Nostra Signora di Loreto" ci si è trovati nella situazione in cui la maggior parte dei punti necessari erano inaccessibili direttamente con un prisma riflettente; per questo motivo, l'unica possibilità che si presentava era l'utilizzo di una stazione detta "no prisma", ovvero un teodolite con integrato il distanziometro laser la Stazione totale "Leica TPS 805".

Uno degli inconvenienti di questo tipo di strumento è però quello per cui, in alcune situazioni fisiche particolari, non è in grado di effettuare la misurazione; si vedano i casi in cui il punto si trova su una superficie piuttosto inclinata rispetto al raggio laser, o su di una superficie dal colore scuro, come ad esempio l'ardesia. Inoltre, operando in spazi aperti, la visibilità del laser di giorno diminuisce sensibilmente.

La posizione della Chiesa, che non offre grandi possibilità per il posizionamento delle stazioni, ci ha obbligato alla scelta di una stazione totale dotata sia della funzione laser sia di quella con prisma. La conformazione morfologica, in forte declivio, di questa porzione di territorio dove è situata la



chiesa ha portato quindi, a decidere di utilizzare il minor numero possibile di stazioni, ovviamente compatibilmente alle necessità di ripresa. Sono state impostate tre stazioni in modo che dalla prima si potesse creare una poligonale che le collegasse.

Sui tre vertici sono stati posti altrettanti treppiedi muniti di basi. Sul secondo e sul terzo sono stati montati due segnali e sul primo il teodolite stesso. Da qui viene battuto il primo, il secondo segnale e il procedimento viene ripetuto su tutti i punti della poligonale. Dopo la compensazione della poligonale sono stati battuti i punti relativi alle facciate della chiesa, alcuni dei quali ripetuti di stazione in stazione al fine di ottenere in fase di restituzione dei punti di controllo che aiutassero a verificare i possibili errori. Con la strumentazione topografica si sono quindi indagate le facciate ovest e nord del manufatto insieme alla parte dei campanili che rappresentano la singolarità della chiesa.

La parte inferiore del fronte del lato ad est è stata rilevata longimetricamente a causa della scarsità di spazi antistanti alla chiesa che impedivano d'impostare ulteriori stazioni.

Prima di iniziare il rilievo fotogrammetrico è stata eseguita l'operazione di calibrazione della macchina fotografica. Infatti è stata utilizzata una camera di tipo amatoriale dotata di zoom prodotta della Canon, modello EOS 400D, quindi si è eseguita la calibrazione per le due lunghezze focali esterne. Il processo per la realizzazione della calibrazione si suddivide in diverse fasi; per prima cosa si sono scattate una serie di fotografie da diverse angolazioni ad un pannello rappresentante una griglia di punti, fornito direttamente dalla ditta produttrice del software, di cui alcuni riconoscibili che dovevano ovviamente essere visibili in ogni fotografia.

Nella fase successiva le immagini ottenute sono state scaricate sul computer dividendole in cartelle a seconda delle diverse lunghezze focali utilizzate. A questo punto, per ogni focale, sono state caricate le immagini nel programma Photomodeler, nel numero massimo di 12. Da qui in poi la sequenza di operazioni per la calibrazione è stata eseguita automaticamente dal programma che basandosi sui quattro punti "singolari" della griglia e su tutte le dodici foto, calibra l'obiettivo.

I Software per la restituzione e loro comparazione

Sono stati scelti diversi elementi della Chiesa da restituire confrontando i due programmi, che in apparenza sembrano molto simili, per poter fare le valutazioni che ci hanno permesso di giungere ad una comparazione tra i due. I software utilizzati e messi a confronto sono stati *Photomodeler* prodotto dalla "Eos System Inc." ed *Imagemodeler* della "Realviz".

La comparazione è stata approfondita su alcuni elementi con caratteristiche differenti:

- Un elemento piano, bidimensionale, quale l'affresco;
- Un elemento tridimensionale quale il campanile;

- Un elemento tridimensionale con volumetrie complesse, quale il prospetto, sviluppato su differenti piani aggettanti per diversi metri di profondità.

L'obiettivo perseguito in questa ricerca è stato quello di cercare nuovi software per la restituzione fotogrammetrica da affiancare a quelli da noi solitamente utilizzati così da poter sfruttare al meglio le caratteristiche dei programmi e rendere il lavoro della restituzione, che solitamente risulta il più complesso e lungo in termini di tempo e la parte più onerosa di tutto il rilievo, più semplice e flessibile perseguendo comunque l'accuratezza e la precisione del modello ottenuto. Questa comparazione cerca di essere una semplice analisi delle loro caratteristiche, per fare in modo di capire:

- quale programma sia più adatto per la restituzione di una tipologia di elementi rispetto all'altro;
- quanti e quali tipi di problemi si possono incontrare nel loro utilizzo.
- con quale dei due si riescono ad ottenere risultati migliori in termini di precisione metrica.

La prima fondamentale differenza tra i due software riguarda la **calibrazione**. Con *Photomodeler* questa si rende necessaria prima della campagna di rilievo fotogrammetrico, mentre con *Imagemodeler* questo passaggio è superfluo, perché il programma è in grado di eseguirla automaticamente previa l'inserimento di una quantità sufficiente di punti riferiti in ogni singolo fotogramma.

Alla calibrazione è legata anche un'altra fondamentale differenza: con *Photomodeler* le fotografie utilizzate per uno stesso progetto devono avere la medesima lunghezza focale, la stessa per cui è stato calibrato l'obiettivo; mentre con *Imagemodeler* ciò non è necessario, anche tutte le fotografie utilizzate possono avere lunghezze focali differenti.

Anche il metodo con cui devono essere **inseriti e riferiti i punti** all'interno del progetto è diverso: con *Photomodeler* i punti possono essere prima inseriti tutti in una stessa immagine e successivamente riferiti nelle altre immagini; con *Imagemodeler* invece l'inserimento ed il successivo riferimento deve avvenire per ogni punto, ovvero quando viene immesso un punto in un fotogramma, questo deve essere subito riferito nei fotogrammi successivi, e così per ogni punto.

Una volta riferiti i punti, la **valutazione dell'errore** avviene in due modi differenti: Con *Photomodeler* si avvia manualmente, attraverso un comando definito, un processo di calcolo dell'errore; mentre con *Imagemodeler* avviene un processo di autocalibrazione, ma eventualmente è possibile effettuare una calibrazione manuale che però spesso compromette i risultati ottenuti.

Infatti il programma avverte, con una finestra di dialogo apposita, che i risultati potrebbero essere compromessi, quindi è conveniente aspettare che sia il software stesso ad elaborare le ulteriori calibrazioni.

Bisogna però fare attenzione perché non sempre il modello tridimensionale che ne risulta è veritiero, infatti spesso i punti non vengono posizionati in modo corretto nello spazio tridimensionale.

Un'ulteriore differenza sta nel fatto che con *Imagemodeler* è possibile impostare un nuovo sistema di assi cartesiani di riferimento e successivamente **una misura di base**, cui riferire tutte le altre, ottenuta dai punti misurati in fase di rilievo topografico.

Questa caratteristica permette di rendere il modello tridimensionale direttamente misurabile anche durante le fasi di restituzione; mentre con *Photomodeler* il modello non è misurabile durante l'elaborazione perché non esiste uno strumento apposito, risulta invece misurabile il prodotto conclusivo, il fotopiano.

Con *Photomodeler* è possibile inoltre la **creazione di curve**, che possono essere realizzate con due tipologie: una per punti e l'altra libera.

La curva per punti è vincolata ai punti riferiti nel progetto; mentre la curva libera ha soltanto due vincoli, un punto riferito in partenza ed uno conclusivo.

In *Imagemodeler* creare curve non è possibile, al più si possono realizzare superfici con lati non rettilinei, ma risultano sempre meno precise delle curve realizzate con l'altro programma.

Imagemodeler è un software adatto alla **creazione di solidi** che poco si adatta alle superfici, soprattutto quando queste non risultano rettilinee.

Per la realizzazione dei solidi si basa su una serie di primitive predefinite che vengono inserite nel modello e ad esso adeguate posizionando i vertici nei punti riferiti.

Con *Photomodeler* è possibile creare dei solidi di rotazione, quali ad esempio cilindri, rimanendo quindi legato alle superfici che li sottendono.

Con entrambi i programmi è possibile inserire **delle texture** su solidi e superfici, selezionando per ognuna la fotografia da cui attingere di volta in volta.

In questo caso il risultato è pressoché uguale, a parte la luminosità dei colori; con *Photomodeler* rimangono fedeli ai fotogrammi originali, mentre in *Imagemodeler* risultano meno realistici.

Una volta ottenuto il modello tridimensionale texturizzato i software funzionano in modo del tutto differente: con *Photomodeler* è possibile creare direttamente un **ortofotopiano** misurabile; attraverso il comando esporta ortofoto si apre una finestra di dialogo nella quale è possibile impostare il piano di proiezione, la scala che si vuole ottenere e la risoluzione, ottenendo in questo modo il prodotto finale della restituzione fotogrammetrica.

Con *Imagemodeler* questo non è possibile; una volta creato il modello misurabile, per poter ottenere un fotopiano è necessario un'ulteriore esportazione di dati all'interno di un programma di modellazione tridimensionale, dal quale è possibile salvare una vista dell'oggetto proiettata su di un piano verticale.

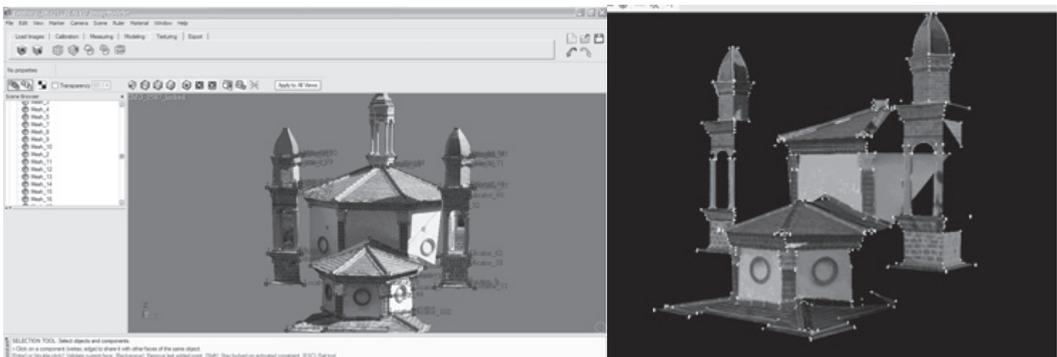
Questa considerazione fa intuire come *Imagemodeler* sia adatto per la creazione di modelli misurabili ma non di fotopiani; i passaggi di dati da un software all'altro lo rendono troppo macchinoso e meno preciso metricamente.

Per la realizzazione dei fotopiani *Photomodeler* risulta decisamente più appropriato perché più immediato e preciso.

Infatti, fin dalla prima fase del progetto, quella di inserimento dei punti, con *Imagemodeler* è facile perdere in precisione a causa degli strumenti di zoom offerti dal programma stesso; questi riducendo la risoluzione dell'immagine rendono più difficoltoso e quindi meno preciso l'inserimento del punto.

I risultati delle nostre restituzioni hanno evidenziato come in generale il programma della Eos Systems Inc. **sia più attendibile a livello di precisione del risultato** (un errore di circa 0,5 cm contro un errore di circa 1,5 cm di *Imagemodeler*) e meno laborioso in fase di restituzione, benché più vincolante nella prima fase di presa fotogrammetrica.

In questa comunicazione si è voluto sintetizzare tutta una serie di verifiche e misurazioni che hanno impegnato sei mesi per le operazioni di rilievo e quattro mesi per le analisi e i calcoli. Sia le misurazioni di rilievo che le elaborazioni informatiche sono stati ripetuti più volte (almeno cinque). Sono state scattate 670 fotografie e sono stati battiti 341 punti. Per allenarsi con i programmi, prima della verifica esposta, sono stati presi dei progetti precedenti risolti con altri programmi per vedere se i risultati erano corretti.



INTEGRAZIONE TRAMITE GIS E WEBGIS DI DATI AMBIENTALI E RISORSE TERRITORIALI NEL PARCO NAZIONALE DEL GRAN SASSO E MONTI DELLA LAGA

Paolo PLINI (*), Valentina DE SANTIS (*), Sabina DI FRANCO (*),
Rosamaria SALVATORI (*), Giancarlo TONDI (**)

(*) Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico,
Area della Ricerca Roma 1 – Monterotondo staz., tel. 0690672392/451, e-mail: ekolab@iia.cnr.it
(**) Via Francesco D'Ovidio, 89 – 00137 Roma – e-mail: giancarlotondi@yahoo.com

Riassunto

E' stato elaborato un Sistema Informativo Territoriale ricadente alla porzione del Parco Nazionale Gran Sasso e Monti della Laga delimitata dai confini amministrativi del Comune di Amatrice. Sono stati creati livelli vettoriali relativi alle componenti geologiche, geomorfologiche e ambientali. Successivamente sono stati aggiunti i livelli relativi all'ambiente costruito, alle risorse turistiche e escursionistiche. Una volta costruito il GIS si è passati alla creazione di un webGIS realizzato con strumenti open source.

Abstract

A Geographic Information System covering a sector of the Gran Sasso – Monti della Laga National Park has been developed. Geological, geomorphological and environmental information have been elaborated and converted into vectorial shapes. Additional layers have been created referring to built environment and tourist information. Once developed the GIS, a webGIS has been developed using open source software.

Introduzione

Il progetto nasce come strumento di raccolta, gestione e integrazione di informazioni territoriali assai eterogenee: dalle aree di rilevante valore scientifico e naturalistico alle strutture antropiche e di interesse storico, dalla sentieristica ai luoghi di maggior interesse turistico. Scopo del lavoro è di raccogliere e armonizzare in un unico contenitore più tematismi, al fine di rendere i dati fruibili tramite webGIS sia da parte di turisti, scuole o altri soggetti interessati ad esplorare la zona dal punto di vista ricreativo e didattico, sia da parte di ricercatori o tecnici addetti allo studio, alla gestione e alla tutela del territorio, interessati ad ottenere informazioni multidisciplinari sull'area. Il lavoro rappresenta ad oggi il primo stadio di un progetto più ampio volto a utilizzare la tecnologia GIS per contribuire, tramite internet, a promuovere in maniera dinamica la conoscenza della realtà naturale e per valorizzare le risorse culturali e turistiche del versante occidentale del Parco, senza tuttavia perdere di vista l'approccio scientifico alla lettura delle caratteristiche del territorio.

Area di studio

L'area presa in esame ricade all'interno del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga e, dal punto di vista amministrativo, nel territorio dei Comuni di Amatrice e Accumoli. Il complesso montuoso della Laga si estende per oltre 20 Km in direzione NO-SE, al confine delle province di Rieti, Ascoli Piceno, Teramo e L'Aquila. Se da un punto di vista puramente geografico

esso costituisce la naturale continuazione della dorsale appenninica tra i massicci calcarei dei Monti Sibillini a Nord e del Gran Sasso d'Italia a Sud, dal punto di vista geologico si differenzia nettamente dai suddetti gruppi montuosi per la sua struttura prevalentemente arenacea e marnoso-calcareo (Cosentino, 1985; Centamore *et al.*, 1992; Milli *et al.*, 2006; Milli *et al.*, 2007; Moscatelli *et al.* 2004).

Il versante destro della valle del fiume Tronto è caratterizzato da una spiccata erosione superficiale che si manifesta in modo particolare nei caratteristici “fossi” che, quasi asciutti d'estate, raccolgono le acque di precipitazione nelle altre stagioni. Tutta la rimanente area si presenta come un altopiano (1.500 m circa s.l.m.) con lievi ondulazioni e scarsamente inciso da corsi d'acqua. L'erosione a zampa d'oca conferisce un aspetto calancoide ai versanti più acclivi e determina la scomparsa dei residui resti morenici (eccetto che nei pressi del Lago Nero) presenti invece nei gruppi limitrofi; l'unica testimonianza del glacialismo, che dovette essere intenso nella zona durante il Quaternario, sono i residui di circhi dislocati in prevalenza sul versante teramano.

La superficie dell'area esaminata è di circa 124 Km²; l'altitudine minima è di 694 m mentre la quota massima è rappresentata dalla vetta del Monte Gorzano con 2.458 m, culmine di una catena che si mantiene al di sopra dei 2.000 m per circa 17 Km.

Il climogramma elaborato sulla base dei dati raccolti dalla stazione termo-pluviometrica di Amatrice (42°37' N; 0°50' E; 955 m s.l.m.) relativi al cinquantennio 1934-1983 rivela la mancanza di periodi di aridità, temperature medie non troppo elevate e precipitazioni abbondanti concentrate nei mesi da ottobre ad aprile. Dal punto di vista bioclimatico l'area indagata in questo lavoro rientra completamente nella regione temperata ed è caratterizzata da termotipi che variano dal Supratemperato inferiore all'Oro-temperato superiore e da un regime ombrico compreso tra il sub-umido superiore e l'iper-umido inferiore (Blasi, 1994; Blasi, 2005).

I mesi in cui la temperatura scende abbastanza regolarmente al di sotto dello zero sono quelli da dicembre a febbraio, mentre le precipitazioni nevose sono regolari ed abbondanti nel periodo invernale dalla quota di 1.100-1.200 m circa, ma non è infrequente che esse si verificino anche a quote inferiori.

Secondo la classificazione di Pignatti (1979), nell'area di studio si possono riconoscere tre fasce vegetazionali nell'ambito della zona mediterranea: la fascia sannitica dei querceti dai 750 ai 1.300 m s.l.m., la fascia subatlantica delle faggete dai 1.300 ai 1.900 m s.l.m. e la fascia mediterraneo-altomontana delle praterie d'altitudine.

Metodologia

Per la parte cartografica del GIS è stato utilizzato un ritaglio di una immagine Landsat relativa al mese di luglio 1990. L'immagine elaborata in falsi colori è stata poi utilizzata come base di confronto con la cartografia geologica, con elementi di idrografia e con i dati sulla vegetazione.

All'immagine satellitare sono stati aggiunti livelli cartografici ufficiali costituiti da tavolette IGM 1:25.000 e dalla CTR della Regione Lazio 1:10.000.

Il GIS è stato realizzato con strumenti open source (Quantum GIS 0.11) e strutturato gerarchicamente in quattro classi principali.

La prima è rappresentata dagli elementi geografici e territoriali. Sono stati quindi realizzati dei livelli vettoriali elaborati dalla cartografia tematica relativi a geologia, idrografia, geomorfologia. Per quanto riguarda l'idrografia, il reticolo corrispondente all'alto bacino del fiume Tronto è stato vettorializzato per intero senza tener conto dei limiti amministrativi (Plini & Tondi, 1988).

Si è poi passati alla creazione dei livelli associati agli elementi antropici (confini amministrativi, strade, centri abitati, toponimi). La rete stradale è stata digitalizzata creando delle sottoclassi relative a strade principali, secondarie e sterrate.

Nel gruppo relativo alle informazioni ambientali sono stati riportate le informazioni su cascate, flora e vegetazione, fauna e aree con peculiarità. Rispetto alle informazioni derivate dalla carta della

vegetazione reale (Pedrotti, 1982) sono state apportate modifiche e integrazioni sulla base delle ricerche più recenti (Di Pietro & Tondi, 2005). Data la disponibilità di dati floristici (Tondi *et al.*, 2003) è stato creato uno shape punti in corrispondenza di particolari emergenze di specie rare e/o significative. Sono stati inoltre rappresentati gli alberi monumentali presenti in zona. Sono stati inoltre realizzati layer relativi ad aree di rilevante interesse ambientale e naturalistico o soggette a particolari vincoli paesistici dei quali era disponibile la cartografia tematica.

Un ulteriore livello è stato creato per rappresentare elementi di origine antropica ritenuti interessanti dal punto di vista storico e/o architettonico. Un'attenzione particolare è stata data ai resti degli stazzi in pietra utilizzati dai pastori come rifugio in quota, agli edifici religiosi situati anche al di fuori dei centri abitati e ai resti dei mulini utilizzati per la lavorazione di sementi, produzione di tessuti e, limitatamente, per la produzione di energia elettrica. Sono stati anche ricostruiti i tracciati delle vecchie strade di comunicazione tra centri abitati.

Infine è stato realizzato un livello relativo a informazioni di tipo turistico come sentieri, cascate di ghiaccio, piste da fondo e da sci-alpinismo, rifugi, centri visita, alberghi, campeggi, aziende agrituristiche, ristoranti. La rete sentieristica è stata digitalizzata in collaborazione con la sezione di Amatrice del Club Alpino Italiano. Sono stati anche rappresentati degli itinerari escursionistici ricavati da materiale bibliografico.

Dal GIS così costruito si è passati, tramite strumenti open source (MS4W, p.mapper 3.2), alla realizzazione del webGIS, uno strumento che consente la "navigazione" nella porzione di Parco scelta, partendo da una visualizzazione a piccola scala fino ad un livello di dettaglio maggiore. Tramite il webGIS è possibile consultare il materiale raccolto per l'elaborazione del progetto GIS in maniera semplice e veloce, grazie anche ad un'interfaccia grafica chiara ed essenziale: l'utente è in grado, utilizzando un unico strumento, di conoscere, ad esempio, quali strutture ricettive si trovano nei pressi di una località, quali itinerari seguire per raggiungere una determinata cascata di ghiaccio, quali luoghi di interesse storico si trovano lungo un determinato sentiero, quali località sono raggiungibili con sci da fondo, e così via. L'interattività delle mappe, la combinazione di strati informativi eterogenei e la loro interrogabilità da remoto rendono questo webGIS un portale geografico-turistico-naturalistico avente sia carattere scientifico che divulgativo. A questo proposito, sono state infatti realizzate, e opportunamente collegate, pagine web specifiche contenenti approfondimenti, foto, schede, ecc. relative a determinati oggetti presenti sulle mappe.

Conclusioni

L'utilizzo della tecnologia GIS ha consentito di rendere coerenti dati provenienti da fonti diverse e di formato assai eterogeneo e rappresentarli tramite webGIS così da renderne immediata la fruizione. Il sistema è strutturato in modo da poter essere aggiornato e arricchito di ulteriori tematismi. L'utente sarà in grado quindi di consultare uno strumento flessibile e aggiornato che consenta una lettura integrata tra la struttura geologica e le caratteristiche geomorfologiche e idrologiche, l'individuazione degli aspetti peculiari di tipo naturalistico e floro-faunistico, la visualizzazione delle emergenze legate alla presenza antropica e le risorse turistiche. Un valore aggiunto è dato dalla possibilità di effettuare una lettura temporale delle trasformazioni indotte sull'ambiente dalla pressione antropica prima, e dall'abbandono della montagna poi. E' nostra intenzione curare non solo la manutenzione, ma anche l'aggiornamento e l'espansione dell'area rappresentata completando il versante occidentale per poi passare al versante orientale del Parco.

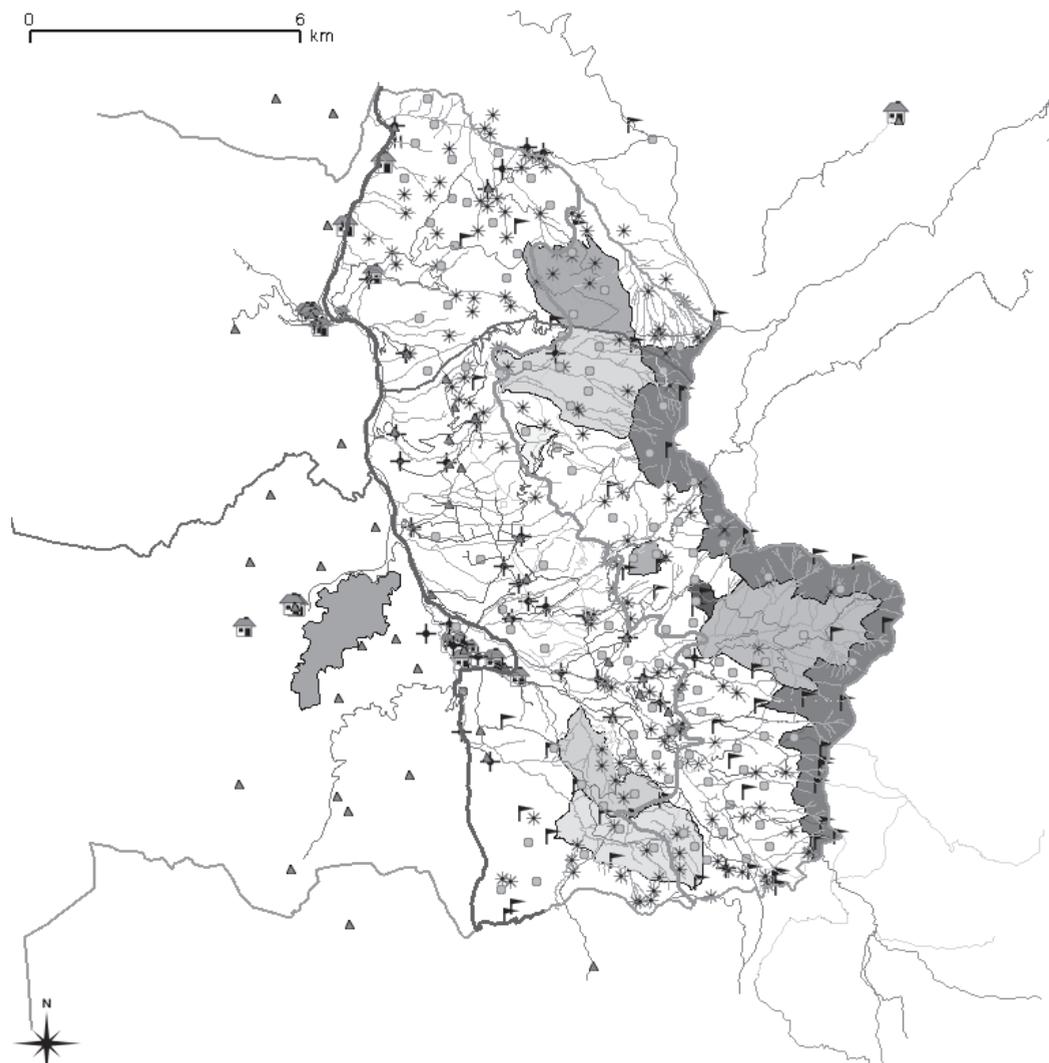


Figura 1 –Quadro d'insieme dell'area con i livelli vettoriali attivati



Figura 2 – Parte dell'area di studio con i livelli relativi a cime, toponimi, idrografia, sorgenti, cascate di ghiaccio, stazzi, edifici religiosi e sentieri

Riferimenti bibliografici

- Alessandrini A. (1978) - I Monti della Laga. *Natura e Montagna*, 25:37-45.
- Blasi C. (1994), Fitoclimatologia del Lazio. *Fitosociologia* 27: 151-175.
- Blasi C. (2005), Il Fitoclima d'Italia. In: Blasi C. Eds., *Completamento delle Conoscenze Naturalistiche di base, Carta delle Serie di vegetazione d'Italia, scala 1:250.000, GIS Natura*. Direzione per la protezione della Natura, Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.
- Centamore *et al.* (1992), Carta geologica dei bacini della Laga e del Cellino e dei rilievi carbonatici circostanti. In: Centamore *et al.*, *Stratigrafia e analisi di facies di depositi del Miocene e del Pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle avanfosse limitrofe. Studi geologici Camerti*, volume speciale 1992, tavola 1.
- Cosentino D. (1985) - Il Bacino della Laga: considerazioni sul suo meccanismo genetico. *Rend. Soc. Geol. It.*, 8: 77-80.
- Di Federico G. (1993), *Parco Nazionale Gran Sasso-Laga – Itinerari scelti*. BAG editrice, Chieti.
- Di Pietro R. & Tondi G.C., 2005. A new mesophilous turkey oak woodland association from Laga Mts. (Central Italy). *Haquetia* 4 (2): 5-25.

- Milli S., Moscatelli M., Stanzione O., Falcini F. Bigi S. (eds.), 2006 – *The Messinian Laga Formation facies, geometries, stratigraphic architecture and structural style of a confined turbidite basin (Central Apennines, Italy). Excursion Guidebook*. http://160.78.38.2/guidebooks/Field Trip Laga Basin_2006.pdf
- Milli S., Moscatelli M., Stanzione O., Falcini F. (2007), "Sedimentology and physical stratigraphy of the Messinian turbidite deposits of the Laga Basin (central Apennines, Italy)", *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 126(2), 2007, pp. 255-281
- Moscatelli M., Milli S., Stanzione O., Marini M., Gennari G., Vallone G. (2004), *I depositi torbiditici del Messiniano inferiore dell'Appennino centrale: bacini del Salto-Tagliacozzo e della Laga (Lazio, Abruzzo, Marche)*. II Congresso – GeoSed, Roma 25-28 sett. 2004.
- Pedrotti F. (1982) Carta della vegetazione del Foglio Acquasanta. Quaderno AQ/1/88. CNR, Collana del Progetto finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente". Roma.
- Pignatti S. (1979), I piani di vegetazione in Italia. C.N.R. Collana del progetto finalizzato «Promozione della qualità dell'ambiente». Firenze - estratto da *Giornale Botanico Italiano*, 113:411-428.
- Plini P. (1987), L'avifauna dei Monti della Laga (versante occidentale). *Natura e Montagna*, 34 (4): 21-27.
- Plini P. & Tondi G. (1988), Primi dati sulla gerarchizzazione del reticolo idrografico e sulle condizioni evolutive dell'alto bacino del f. Tronto (Appennino laziale). *Atti Soc. ital. Sci. Nat.*, 129: 369-379.
- Plini P. & Tondi G. (1989), Una nuova stazione di Betulla (*Betula pendula* Roth) nell'Appennino centrale. *Atti Soc. ital. Sci. Nat.*, 130: 117-124.
- Plini P. & Tondi G. (1993), Carta dei Biotopi di rilevante interesse naturalistico del versante occidentale dei Monti della Laga (Appennino centrale). 88° Congresso Soc. Bot. Ital.; *Giorn. Bot. Ital.*, 127 (3): 586.
- Regione Lazio (ed.) (2007), Carta dei Sistemi ed Ambiti del Paesaggio, Tav. A/5/337, Tav. A/11/348. <http://www.regione.lazio.it/web2/contents/ptpr/cartografia.php?tav=a>.
- Regione Lazio (ed.) (2007), Carta dei Beni Paesaggistici, Tav. B/5/337, Tav. B/11/348. <http://www.regione.lazio.it/web2/contents/ptpr/cartografia.php?tav=b>
- Tondi G., Di Pietro R., Ballelli S., Minutillo F. (2003), New contribution to the knowledge of the flora of the Laga Mountains (Gran Sasso - Monti della Laga National Park - Central Apennines). *Webbia*, vol. 58, part 1: 57-76.
- Tondi G. & Plini P. (1995), *Prodromo della flora dei Monti della Laga (Appennino centrale – versante laziale)*. ACLI ANNI VERDI, Roma, pp. iv + 204.

CLASSIFICAZIONE DI IMMAGINI MULTISPETTRALI IKONOS: METODOLOGIE A CONFRONTO

Biagio POCCIA (*), Claudio PARENTE (*)

(*) Dipartimento di Scienze Applicate, Università degli Studi di Napoli "Parthenope",
Centro direzionale, isola C4 – 80134 Napoli tel. 081-5476608,
e-mail biagio.poccia@libero.it , claudio.pARENTE@uniparthenope.it

Riassunto

Le immagini satellitari ad alta risoluzione costituiscono un'importante fonte informativa utilizzata sempre più frequentemente in molteplici campi applicativi. La possibilità di distinguere dettagli di 1 m (nel pancromatico) e 4 m (nel multispettrale) ne consente l'impiego per svariate finalità in virtù anche della ripetibilità della presa, dell'estensione della scena inquadrata, della facilità di acquisire dati con in qualunque zona. La quantità e qualità delle informazioni ricavabili dalle immagini satellitari possono essere notevoli in conseguenza di un corretto processo di elaborazione ed analisi critica dei risultati ottenuti.

In questo lavoro si confrontano alcune tecniche di classificazione di tipo supervised e unsupervised. Si utilizzano immagini multispettrali IKONOS, relative ad un'area della Regione Campania. Partendo da file relativi alle bande del rosso e dell'infrarosso vicino si procede al calcolo dell'indice NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*): le soglie di definizione delle tre differenti macro aree (acqua, suolo nudo e vegetazione) vengono stabilite in relazione a considerazioni di ordine statistico a partire da training sites individuati in base alla fotointerpretazione della composizione RGB. Si applicano altre tecniche di classificazione supervisionata, utilizzando tutte e quattro le bande e ricorrendo a differenti criteri di attribuzione dei pixel (massima verosimiglianza, minima distanza euclidea e distanza di Mahalanobis). Per la classificazione non supervisionata si utilizza l'algoritmo Isodata. L'impiego di testing sites consente di stabilire il livello di affidabilità legato al metodo impiegato. Le aree di controllo sono preventivamente classificate in base a fotointerpretazione e rilievi in sito. In definitiva si fornisce un confronto tra alcune tecniche e se ne evidenziano pregi e difetti, potenzialità e limiti.

Abstract

High resolution IKONOS images are an important information source that is used more and more frequently in several application fields. Possibility to distinguish details in order of 1 meter (panchromatic) or 4 meters (multispectral) as well as repeatability of acquisition, extension of scene, capability to register any zone contribute to their use for different scopes. Quantity and quality of information that can be obtained with satellite images can be considerable if derived from correct process of image elaboration and accurate analysis of results.

In this paper some of supervised and unsupervised classification techniques are compared. Multispectral IKONOS images concerning Campania Region are used. Starting with red and nir files NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) is applied: limits of three different macro-areas (water, soil and vegetation) are fixed in base of statistical principles starting up from training sites that have been identified with photo-interpretation of RGB Composition.

Other techniques of supervised classification are applied, using all multispectral images and different criteria to attribute pixels to classes, such as maximum likelihood, minimum Euclidean distance and Mahalanobis distance. For unsupervised classification ISODATA algorithm is applied.

Testing sites, identified with photo-interpretation or direct control, are used to establish accuracy of considered method. A comparison among different techniques, evidencing their capabilities and limits, is supplied.

Immagini IKONOS considerate

Si utilizzano immagini IKONOS multispettrali (R, G, B, NIR) acquisite in data 4 novembre 2005. Il sistema di riferimento è UTM WGS 84, fuso 33 N. L'area geografica interessata ricade all'interno del comune di Mondragone e si estende tra le coordinate Est 403136 m e 412556 m e Nord 4547020 m e 4554172 m.

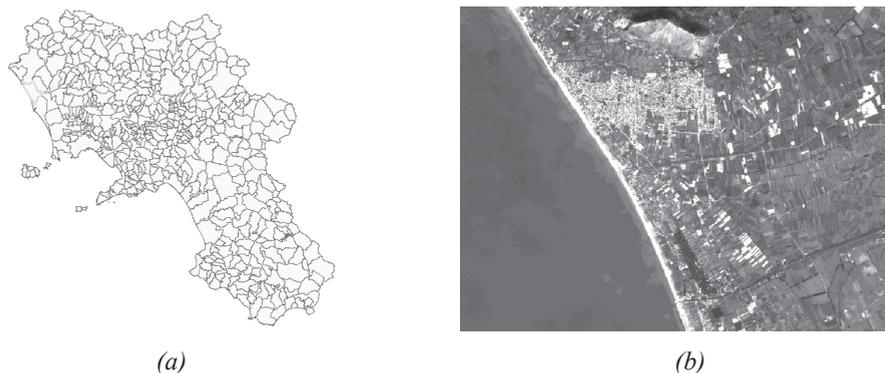


Fig. 1 – Rappresentazione dei comuni della Campania con evidenziato il comune di Mondragone (a), Immagine pancromatica IKONOS (risoluzione al suolo di 1 metro per pixel) (b)

Applicazione del metodo NDVI

Gli indici di vegetazione derivanti da immagini satellitari o aeree sono un efficace fonte di informazioni per il monitoraggio della copertura vegetale. Questi indici si basano su combinazioni di misure di riflettanza in due o più canali spettrali e sono molto correlati con parametri associati allo stato di salute delle piante ed a variabili della copertura vegetale come l'indice di area fogliare, la frazione di copertura vegetale e la biomassa verde. L'indice di vegetazione più diffuso è l'NDVI "Normalized Difference Vegetation Index":

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

dove NIR rappresenta la riflettanza nella banda dell'infrarosso vicino e RED la riflettanza nella banda del rosso.

I valori teorici di tale indice ricadono nell'intervallo (-1,1) e normalmente sono superiori a 0.2 per la vegetazione rigogliosa, valori prossimi a zero per suoli e rocce e valori negativi per le masse d'acqua. Si riporta nella figura n. 2 il risultato dell'applicazione dell'NDVI con la distinzione in 5 classi ricavate in base ai valori riportati nella letteratura di riferimento. E' possibile osservare i pixel delle zone di transizione tra le tre differenti macro aree (acqua, suolo nudo e vegetazione), ed in particolare si può notare come nel mare vi è una zona abbastanza ampia di pixel con valori radiometrici molto alti per essere individuati come acqua.

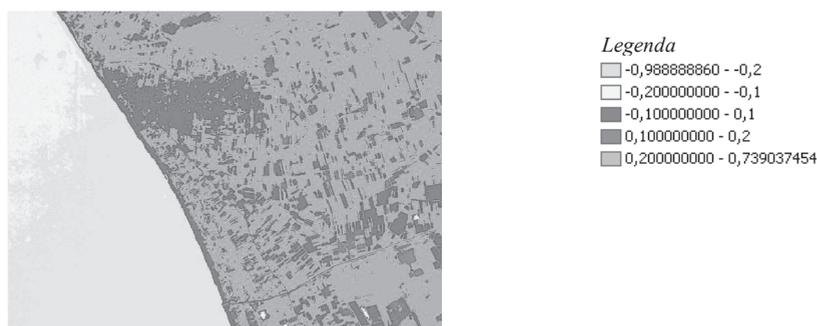


Fig. 2 – Classificazione immagine ndvi in 5 classi con valori teorici di riferimento

Partendo dalle immagini nella banda del rosso e dell'infrarosso vicino si è proceduto al calcolo dell'NDVI con ArcGIS 9.2 di Esri. In particolare, nell'area presa in esame sono stati identificati dei training sites delle tre suddette classi di riferimento i cui valori di radianza dell'immagine ndvi sono stati utilizzati per trovare dei valori soglia ottimali di separazione tra le classi.

| Acqua | Suolo nudo | Vegetazione |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Area: 2568 pixels | Area: 2867 pixels | Area: 3209 pixels |
| Media: - 0.209549 | Media: 0.052683 | Media: 0.403489 |
| Minimo: - 0.292683 | Minimo: - 0.248227 | Minimo: - 0.094340 |
| Massimo: - 0.103448 | Massimo: 0.311047 | Massimo: 0.692650 |
| Dev. standard: 0.026990 | Dev. standard: 0.072874 | Dev. standard: 0.183050 |

Fig. 3 – Valori statistici significativi relativi ai training sites acqua, vegetazione, suolo nudo

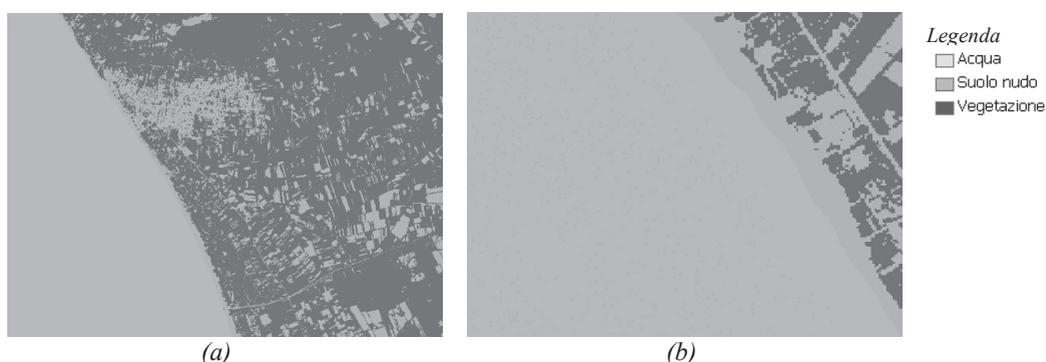


Fig. 4 – Immagine riclassificata con valori soglia di - 0.138 tra acqua e suolo nudo e di 0.155 tra suolo nudo e vegetazione (a), e particolare della stessa immagine (b)

Classificazione non supervisionata: algoritmo ISODATA

Nella classificazione non supervisionata, l'assegnazione delle classi ai pixel, in funzione dei valori che essi assumono nello spazio multispettrale, è condotta senza necessità di dati esterni; è effettuata per via totalmente automatica, lasciando che il software 'riconosca' un certo numero di classi

interpretando successivamente i risultati, cioè cercando di stabilire a posteriori a quali caratteristiche del suolo corrispondono tali classi basate solo su valori spettrali (cluster analysis). Per le immagini multispettrali IKONOS in questione si è applicato l'algoritmo ISODATA. Da un particolare, mostrato nelle immagini di sotto, si può notare come zone con terreno più umido vengono classificate come acqua e non come suolo nudo.

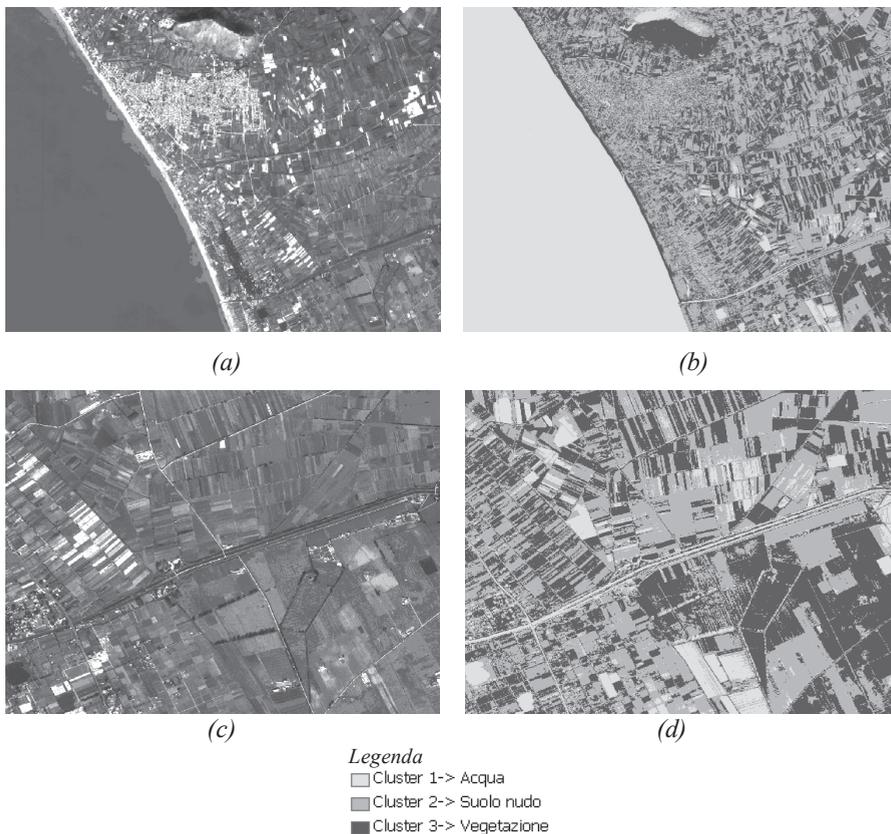


Fig. 5 – Immagine IKONOS nella composizione R,G,B (a), classificata in 3 cluster (b) e relativi particolari (c) e (d)

Qui di seguito si mostra l'immagine relativa alla classificazione in 5 cluster con il metodo Isodata.



Fig. 6 – Immagine IKONOS classificata in 5 classi col metodo Isodata

Classificazione supervisionata

Nella classificazione supervisionata si fornisce prima una descrizione statistica del modo in cui le classi delle coperture attese appaiono in alcune aree dell'immagine e poi viene usata una procedura di classificazione per valutare la "somiglianza" che ciascun pixel appartenga ad una di queste classi. In particolare, vengono identificati raggruppamenti di pixel, detti training sites, la cui natura viene normalmente definita in modo diretto attraverso conoscenze della realtà al suolo ricavati mediante rilievo in sito e/o fotointerpretazione.

Qui di seguito si riportano i risultati della classificazione supervisionata con diverse metodologie e considerando inizialmente una segmentazione dell'immagine in 3 classi e successivamente in 5 classi.

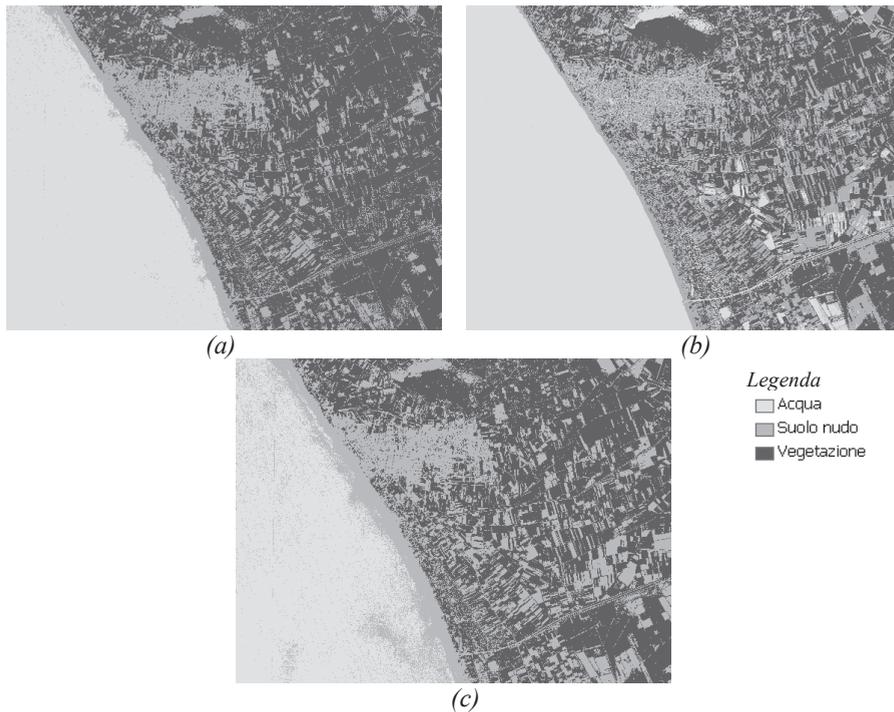


Fig. 7 – Immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Maximum Likelihood (a), immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Minimum Euclidean Distance(b), immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Mahalanobis Distance(c)

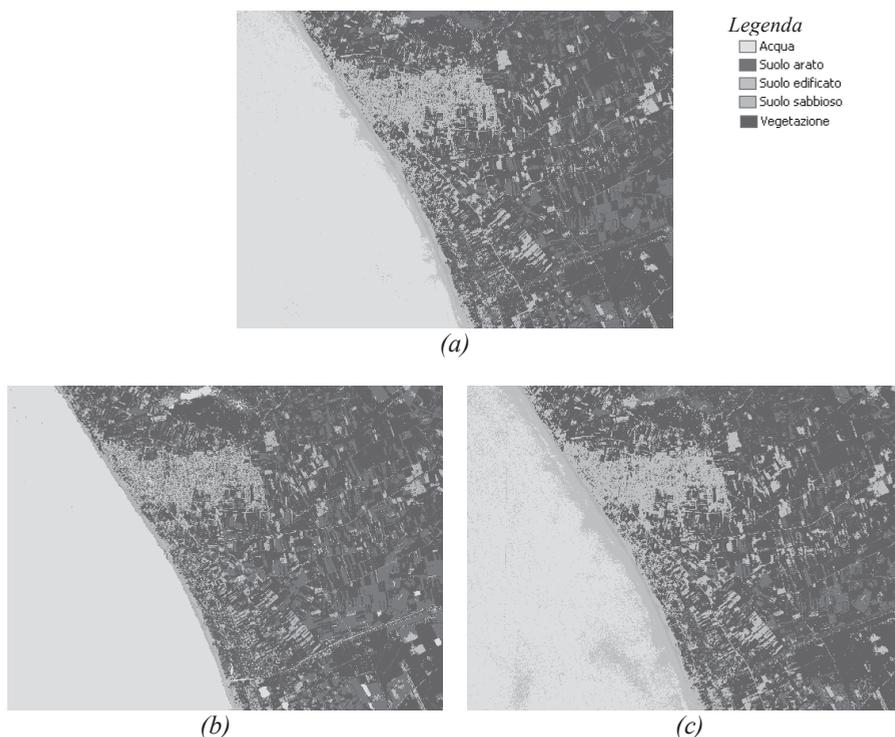


Fig. 8 – Immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Maximum Likelihood (a), immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Minimum Euclidean Distance(b), immagine ricavata con l'applicazione del classificatore Mahalanobis Distance(c)

Analisi e confronti dei risultati

Al fine di confrontare l'accuratezza dei risultati forniti da ciascun metodo sono state individuate nell'area considerata alcune zone omogenee e rappresentative delle classi di riferimento, distinte dai training sites e, in funzione delle finalità perseguite, denominate test sites.

Si riportano nella tabella (figura n. 9) le percentuali di accuratezza nella classificazione comparando il metodo non supervisionato Isodata e più tecniche utilizzate per la classificazione supervisionata.

| | <i>Isodata</i> | <i>NDVI</i> | <i>Maximum Likelihood</i> | <i>Min. Euclidean Distance</i> | <i>Mahalanobis Distance</i> |
|--|----------------|-------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Acqua | 100 % | 97,42 % | 97,19 % | 100 % | 84,98 % |
| Suolo nudo | 15,28 % | 99,17 % | 68,87 % | 37,40 % | 99,71 % |
| Vegetazione | 69,88 % | 94,51 % | 84,37 % | 78,50 % | 83,54 % |
| Pixel totali classificati correttamente | 68,78 % | 96,49 % | 85,53 % | 77,26 % | 87,42 % |

Fig. 9 – Accuratezza dei classificatori impiegati considerando 3 categorie

Dalle verifiche fatte e dai risultati ottenuti si evince che il metodo Isodata di classificazione non supervisionata, nonostante non dia errori sulla classe acqua, presenta percentuali basse di accuratezza per le categorie suolo nudo e vegetazione per poi andare a definire il 68,78 % di pixel totali classificati correttamente.

Come è prevedibile, l'NDVI permette di ottenere una classificazione in tre categorie con un livello di precisione molto più alto. Ciò è dovuto al fatto che nel definire i valori soglia ottimali di separazione tra le classi si è analizzata la risposta spettrale di training sites omogenei e rappresentativi per ciascuna categoria.

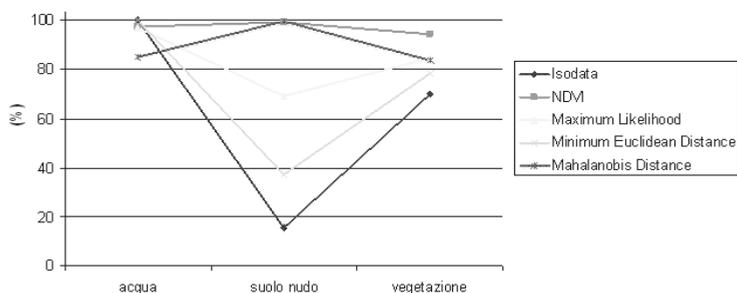
Precisa risulta essere anche la classificazione supervisionata a massimo-verosimiglianza. Questo classificatore fornisce un'immagine classificata che ha 85,53 % di pixel totali classificati correttamente. Meno attendibile è l'accuratezza sull'immagine del classificatore minima distanza euclidea il quale non tiene conto della matrice di covarianza dei dati e assegna semplicemente il pixel alla classe dalla cui media dista meno.

Si riportano nella tabella che segue le percentuali di accuratezza nella classificazione in 5 categorie comparando il metodo non supervisionato Isodata e più tecniche utilizzate per la classificazione supervisionata.

| | <i>Isodata</i> | <i>Maximum Likelihood</i> | <i>Min.Euclidean Distance</i> | <i>Mahalanobis Distance</i> |
|--|----------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Acqua | 100 % | 96,38 % | 99,97 % | 81 % |
| Suolo arato | 75,42 % | 81,08 % | 96,03 % | 65,58 % |
| Suolo edificato | 49,23 % | 89,74 % | 56,49 % | 93,19 % |
| Suolo sabbioso | 100 % | 97,03 % | 96,32 % | 92,25 % |
| Vegetazione | 57,77 % | 79,65 % | 77,54 % | 81,64 % |
| Pixel totali classificati correttamente | 76,90 % | 87,08 % | 88,03 % | 80,13 % |

Fig. 10 – Accuratezza dei classificatori impiegati considerando 5 categorie

Dai risultati ottenuti si evince la non affidabilità, come affermato anche precedentemente, del metodo Isodata. Inoltre è possibile notare come l'acqua ha una percentuale abbastanza alta di accuratezza media; ciò è sicuramente dovuto all'omogeneità dei pixel presenti nella classe stessa, lo stesso dicasi per il suolo sabbioso le cui percentuali di accuratezza superano il 90 %, a differenza, ad esempio, della categoria suolo edificato che presenta una complessità e varietà maggiore di copertura del suolo.



a)

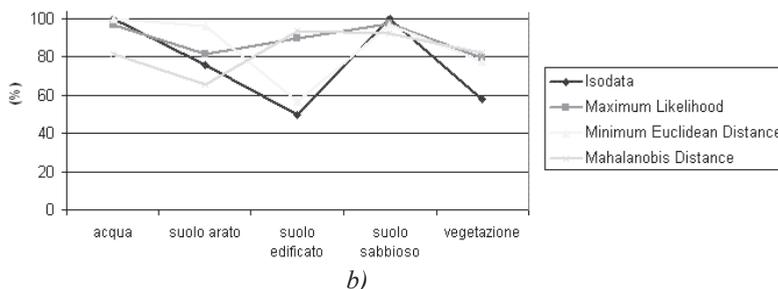


Fig. 11 – Grafici rappresentativi dell'accuratezza dei classificatori impiegati considerando 3 classi (a) e 5 classi (b)

In definitiva, la procedura di classificazione supervised, se opportunamente supportata da una scelta accurata dei training sites, fornisce risultati più attendibili.

Non si può stabilire in maniera universale che esiste un metodo di classificazione in grado di fornire rispetto agli altri risultati sempre migliori, ma bisogna valutare caso per caso. Si può comunque ritenere che la classificazione unsupervised è spesso quella che fornisce risultati peggiori perché non supportata da dati della specificità dell'area esaminata, ma può essere utilizzata come strumento di prima analisi per identificare classi statisticamente omogenee che potrebbero corrispondere a categorie non ancora prese in esame dall'utente.

Bibliografia

- Campbell J. B. (2002), *Introduction to Remote Sensing*, Taylor and Francis, 621 pp, London
- Dermanis A., Biagi L., *Telerilevamento. Informazione territoriale mediante immagini da satellite*, Prima edizione (2002), Casa Editrice Ambrosiana, Milano
- Gomasasca M. A. (2001), "Il Telerilevamento", *Bollettino SIFET*, n. 2/2001
- Gomasasca M. A. (1997), *Introduzione a Telerilevamento e GIS per la gestione delle risorse agricole e ambientali*, Associazione Italiana Telerilevamento Editore, 246 pp, Milano
- Poccia B., *Immagini satellitari e GIS: elaborazione di dati multispettrali ad alta risoluzione*, Tesi di laurea specialistica in Informatica Applicata a.a. 2006/2007, Università degli Studi di Napoli "Parthenope" (Relatori: Prof. R. Santamaria, Ing. C. Parente)
- Unsalan C., "Classifying Land Development in high resolution Satellite Imagery Using Hybrid Structural-Multispectral Features", *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 42, NO 12, December 2004
- Yoon G. W., Park J. H., Choi K. H., *Land-cover Supervised Classification using User-oriented Feature Database*, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2004, IGARSS '04, Proceedings, 2004 IEEE International

LA CARTA TECNICA REGIONALE NUMERICA DELLA REGIONE LAZIO - VERSO IL D.B.T

Patrizia PROCACCINI (*), Antonio CATIZZONE (**), Maria IOANNILLI (***)

(* Regione Lazio - Direzione Territorio e Urbanistica, Sistema Informativo Geografico Generale,
Via del Giorgione 129, I-00154 Roma, 06.51685938, Fax 06.51685921, pprocaccini@regione.lazio.it

(**) Università degli Studi di Roma "La Sapienza"; Piazza Borghese, 9,
0649918850, 0649918884 antonio.catizzone@uniroma1.it

(***) Università di Roma Tor Vergata, Via Politecnico 1, 0672597296, 0672597005, ioannill@ing.uniroma2.it

Riassunto

Il programma regionale di realizzazione del Sistema Informativo Territoriale della Regione Lazio ha visto un significativo avanzamento con la realizzazione della Carta Tecnica Regionale Numerica a scala 1:5000 ultimata per le province di Roma Latina e Viterbo e in corso di svolgimento per le rimanenti Rieti e Frosinone.

Le esigenze specifiche scaturite dalle necessità di integrazioni, ampliamenti e aggiornamenti del patrimonio cartografico esistente, l'obiettivo generale della realizzazione di un sistema informativo territoriale come pure lo stato di evoluzione dei lavori della commissione dell'Intesa Gis hanno guidato, sin dall'inizio, le scelte operative nella realizzazione dell'opera.

Abstract

The availability of the Technical Numerical Regional Map (CTRN) in scale 1:5.000, covering the provinces of Rome, Latina and Viterbo, and the starting activities related to the fulfillment of this cartography (concerning the provinces of Rieti and Frosinone) represents a meaningful progress in implementing the Regional Spatial Information System (SITR).

Some relevant requirements have oriented the production of the new CTRN. In special way: the need for integration, updating and broadening the previous cartographical patrimony data; the new state of the art concerning the spatial data contents definition, related to the Intesa GIS Committee activities; the need to correspond to the INSPIRE directive, which is one of the main reference for the implementation of SITR.

Introduzione

La Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN) a scala 1/5000 della Regione Lazio, già ultimata per le province costiere di Roma, Latina e Viterbo e in corso di svolgimento per le altre due (Rieti e Frosinone), rappresenta un nuovo strumento di conoscenza degli aspetti morfologici, insediativi, infrastrutturali e amministrativi, necessario alle attività concernenti la disciplina del territorio e un indispensabile supporto alla pianificazione e alla gestione territoriale, urbanistica e ambientale.

Questo arricchisce il patrimonio cartografico del Lazio, realizzato dall'Ente Regione nel corso di un trentennio attraverso un programma generale varato con la legge regionale n°72 del 1978 e sviluppato in maniera organica e modulare, procedendo in un unico contesto per far fronte dapprima alle proprie esigenze interne e poi alle necessità di coordinamento con le strutture amministrative, anche esterne alla Regione Lazio, per ampliare e aggiornare le basi conoscitive.

Il testo di legge disponeva infatti che la Regione Lazio, *"al fine di dotarsi di un quadro di riferimento territoriale necessario per le attività concernenti la disciplina del territorio (..) provvede alla formazione, alla diffusione e all'aggiornamento della carta tecnica regionale, nonché*

alla redazione di carte tematiche e di ogni altra elaborazione collegabile con le cartografie regionali, fermo il rispetto delle attribuzioni degli organi cartografici dello Stato”.

L'impostazione originaria del programma è stata condizionata, nel tempo, dalla volontà di ottimizzare sia le risorse, secondo una scala di priorità finanziarie, sia la fruibilità dei prodotti e delle informazioni territoriali con la più ampia interoperabilità possibile e un proficuo interscambio con le varie Amministrazioni Statali e degli Enti Locali: il tutto al fine di offrire le basi su cui costruire i servizi per i cittadini e arricchire il patrimonio delle conoscenze attraverso un aggiornamento continuo dell'evoluzione del territorio.

Caratteristiche della CTRN 1:5.000 della Regione Lazio

La CTRN a scala 1/5000 della Regione Lazio è stata impostata essenzialmente sulla base di due elementi principali:

- Lo svolgimento del programma cartografico generale, varato con la legge regionale 72/78 sulla base delle esigenze cartografiche che ha visto, negli anni, l'applicazione di una politica di ottimizzazione delle risorse economiche attraverso il recupero delle informazioni contenute nei patrimoni cartografici disponibili e, successivamente, la realizzazione di nuovi prodotti (tradizionali prima e numerici dopo) per andare incontro alle esigenze delle amministrazioni e degli operatori pubblici e privati;
- Le linee guida suggerite dai documenti della Commissione Geodetica e dall'Intesa GIS che hanno determinato, in maniera diversa, le impostazioni generali e le caratteristiche specifiche contenute della CTRN.

La realizzazione della **Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN)** alla scala 1/5000, del Data Base Topografico (DBT) e del Modello Digitale del Terreno (DTM), avviata nel 2002, è da considerarsi come attività preliminare alla realizzazione di una piattaforma comune su cui costruire un Sistema Informativo Territoriale condiviso.

L'impostazione generale della cartografia è stata formulata nell'obiettivo finale di avviare, insieme alla redazione della CTRN e alla predisposizione di cartografie direttamente derivate a scala 1/10.000 e 25.000, anche la formazione di un Data Base Topografico capace di raccogliere, nel tempo, ulteriori informazioni provenienti dalle scale 1/2000 e 1/1000 redatte dai Comuni. Un progetto mirato, in definitiva, a un rinnovamento di tutto il processo di acquisizione e gestione dei dati e delle informazioni territoriali di grande dettaglio, la scala 1/5.000, capace di instaurare un meccanismo di collaborazione e di interscambio con gli Enti statali, territoriali e locali.

L'intero territorio regionale, incluse le isole e le porzioni di territorio fuori margine, è compreso in 537 sezioni alla scala 1/10.000 e in 2194 elementi a scala 1/5.000, così distribuiti nelle 5 province del Lazio: Roma: 669; Latina: 311; Viterbo: 454; Rieti: 357; Frosinone: 403.

Le sezioni, che rappresentano la sedicesima parte di un foglio a scala 1/50.000 di cui sono sottomultipli, sono suddivisi a loro volta in 4 elementi, i quali sono sempre contraddistinti da un titolo, corrispondente di norma al particolare più importante o più conosciuto nell'area rappresentata e da un numero di sei cifre di cui:

- le prime tre indicano il numero del foglio a scala 1/50.000
- le altre 3 cifre, da 010 a 160 individuano la posizione della sezione della CTR a scala 1/10.000 nell'ambito del foglio al 50.000
- per la denominazione degli elementi a scala 1:5.000 la sesta cifra, rappresentata dallo zero finale delle sezioni, è sostituita da un numero da 1 a 4, partendo dal riquadro in alto a destra e procedendo in senso orario, per indicare gli elementi.

Ogni elemento si estende per 2'30'' di longitudine e 1'30'' di latitudine assumendo dimensioni che variano o nell'estremo nord o all'estremo Sud del Lazio.

Il sistema di riferimento e la proiezione cartografica adottati nella realizzazione della CTRN hanno seguito il criterio di garantire la continuità ed il più facile confronto con la precedente edizione della CTR a scala 1/10.000 del 1990-91. Per tali motivi la Regione Lazio ha deciso d'inquadrare la nuova

CTRN nel Sistema Nazionale Gauss-Boaga costruito sull'ellissoide internazionale di Hayford con orientamento medio europeo (sistema europeo unificato) ED. 1950.

Le coordinate piane ortogonali sono pertanto riferite al sistema nazionale Gauss-Boaga, con il territorio regionale rappresentato nei due fusi di 6°, fuso 32 e 33, rispettivamente con i meridiani centrali situati alle longitudini di 9° e 15° E di Greenwich a cui sono stati assegnati i valori convenzionali, rispettivamente di 1.500 e 2.520 Km in modo da non avere mai coordinate di segno negativo o confondibili tra di loro. I vertici di ogni elemento cartografico sono inoltre contraddistinti con i valori dei sistemi di riferimento UTM ED 1950 e UTM – WGS84–EFRF89 con cui è possibile ricavare e riportare le coordinate su altro sistema di riferimento.

I prodotti ottenuti

DTM

Per la produzione del modello digitale del terreno (DTM) sono stati utilizzati gli stessi voli e l'inquadramento della restituzione fotogrammetrica. I punti quotati inseriti sugli elementi cartografici sono restituiti singolarmente e non derivati, mediante interpolazione, da altri dati.

L'accuratezza in quota, è pari a quella generale della CTRN che per punti collimati è di +/-1,20 metri. In aree pianeggianti dove la densità delle informazioni fotorestituite è risultata scarsa sono stati utilizzati i valori altimetrici derivati dal calcolo automatico di autocorrelazione.

L'accuratezza altimetrica non è ritenuta costante su tutta l'area restituita ma tale valore viene differenziato in funzione della tipologia stessa del terreno (vegetazione, urbanizzato, ecc.) delimitandone il perimetro. Dal DTM, avente una maglia quadrata di 5m di lato è stata generata una superficie avente come facce triangoli equilateri con i cateti coincidenti con i punti della griglia stessa. Dalla superficie grid generata dal modello digitale del terreno (DTM) si è costruito un data base in formato .SHP che, oltre ai valori geografici, ha associato, a ogni poligono, i seguenti attributi: quota media del poligono; valore percentuale della pendenza massima del poligono; valore angolare di orientamento del poligono nello spazio.

A ogni poligono è associato anche un coefficiente di affidabilità per quelle aree che per tipologia degli oggetti cartografati sul soprassuolo, non assicurano la stessa precisione delle aree nude.

Sulla base del DTM sono stati generati i file, in formato :SHP, della cartografia morfologica suddivisa per elemento di CTRN o parte di esso: carta altimetrica; carta delle pendenze; carta dell'esposizione dei versanti.

Ortofoto

Dalle fotografie aeree sono state realizzate le **ortofoto**, geometricamente corrette e georeferite (ortorettificate) in modo tale che la scala delle singole immagini del territorio ottenute sia uniforme, rendendole del tutto equivalenti a ogni elemento cartografico a scala 1/5.000 corrispondente. Esse infatti sono state aggiustate in base alle condizioni morfologiche, alle distorsioni generate dalla lente e dall'orientamento della macchina fotografica. In tal modo, a differenza delle originarie foto aeree, la ortofoto può essere usata per misurare distanze reali, in quanto essa raffigura una accurata rappresentazione della superficie della Terra. L'ortoproiezione è stata realizzata adottando per la georeferenziazione i punti determinati in fase di triangolazione aerea. Per la correzione geometrica si è utilizzato il modello digitale del terreno (DTM) precedentemente descritto.

I Grafi

Il grafo della rete stradale definisce la topologia degli elementi della viabilità. A ogni strada corrisponde una *linea del grafo stradale* (asse stradale). Esso è stato realizzato sulla base dei punti asse strada rilevati in fase di fotorestituzione, ed è relativo alle strade principali e alle strade secondarie a fondo artificiale. Per le strade a doppia carreggiata con spartitraffico, è stato disegnato un arco di grafo per singola carreggiata.

Il grafo dell'idrografia, analogamente al precedente, rappresenta con l'asse di mezzeria i corpi idrici lineari presenti nel territorio in esame.

Le basi raster

I dati numerici relativi alla CTRN sono stati tagliati per singolo elemento cartografico ed allestiti come files di plottaggio.

Da tale allestimento sono stati ottenuti due prodotti:

- le immagini raster georiferite in formato Tiff (RGB)
- le basi cartografiche complete di cartiglio ed annotazioni predisposte per la stampa, in formato PDF.

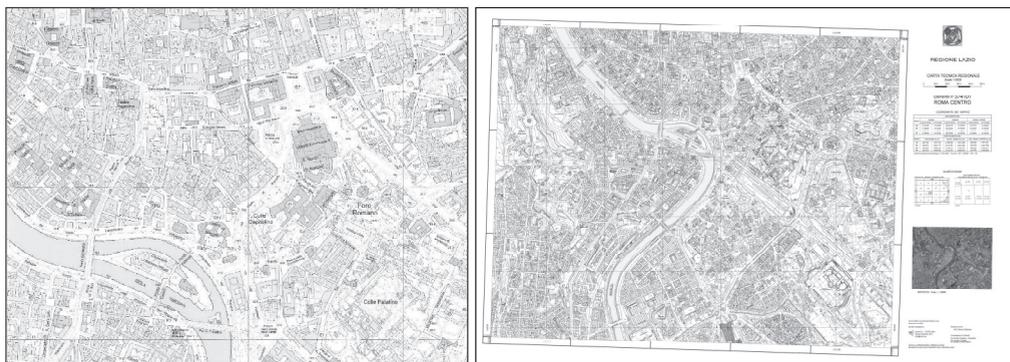


Figura 1 - Elemento raster georiferito e tavola cartografica

Gli archivi numerici

La strutturazione degli strati informativi derivati dalla CTRN ha risentito, in una certa misura complessiva, delle indicazioni generali dell'Intesa e del DBPRIOR 10 K con le aggiunte e integrazioni necessarie per un data base alla scala 1/5000. I dati sono strutturati in tre livelli: stati, temi, classi. Gli strati adottati sono: altimetria; orografia; idrografia; utilizzazione dei suoli; ferrovie; viabilità; edificato; limiti amministrativi; urbanistica; quote. All'interno di ciascuno strato, e per ciascuna tipologie geometrica, i dati sono codificati per descriverne l'appartenenza ad un tema ed a una classe.

| Codice | Strato |
|--------|-----------------------|
| 00 | Altimetria |
| 01 | Orografia |
| 02 | Idrografia |
| 03 | Vegetazione |
| 04 | Ferrovie |
| 05 | Viabilità |
| 06 | Costruzioni |
| 07 | Limiti amministrativi |
| 08 | Urbanistica |
| 09 | Testi e simboli |
| 10 | Altro |
| 11 | Unita' Volumetriche |

I file appartenenti al data base sono denominati nel modo seguente:

XXY_codice istat comune

Dove:
 XX = Codice di Classe (00, 01,11) secondo l'elenco sopra
 Y = Primitiva grafica (p=POINT, I=ARC, f=POLYGON)

Figura 2 - I dati vettoriali

La diffusione della CTRN raster

La Regione Lazio ha implementato una politica di diffusione della CTRN raster che prevede la possibilità, per tutti gli Enti Territoriali sotto ordinati, di fruire gratuitamente di tale prodotto. Allo scopo di facilitare la utilizzazione dei dati all'interno degli strumenti informatici propri di ciascuno, la Regione Lazio ha deciso di effettuare delle elaborazioni, sulle basi raster, finalizzate alla costruzione di Mosaici cartografici georiferiti aventi l'estensione:

- comunale, per tutti i comuni delle tre province disponibili, ad esclusione del Comune di Roma
- municipale, nel caso del Comune di Roma.

A questo scopo la Regione ha dato incarico all'Università di Tor Vergata di sviluppare delle procedure che permettessero la produzione automatica dei mosaici cartografici in formato TIFF georiferiti nel sistema Gauss-Boaga fuso est. A tutti i Comuni delle tre Province sin qui coperte dalla CTRN sono stati quindi distribuiti degli archivi strutturati di dati contenenti:

- **Inquadramento:**
 - Il quadro di unione degli elementi cartografici in scala 1:5000, in formato shape, codificato con: il numero del foglio in scala 1:50.000 (campo foglio_50) in cui l'elemento è collocato; il numero della sezione in scala 1:10.000 (campo sezione_10) in cui l'elemento è collocato; il numero dell'elemento in scala 1:5.000 (campo elemento_5)
 - Il limite comunale, in formato shape
- **Mosaico**
 - Il mosaico degli elementi cartografici, georiferito, in formato TIFF
- **Elementi**
 - Gli elementi cartografici, georiferiti, in formato TIFF, denominati con il numero riportato nel quadro di unione (campo elemento_5)
- **Tavole**
 - Le tavole cartografiche complete di cartiglio, denominate con il numero riportato nel quadro di unione (campo elemento_5), in formato PDF

Inoltre, per permettere la creazione di mosaici logici, soprattutto in riferimento alla esigenza di gestire continui territoriali estesi (ambiti sovra comunali come province, comunità montane etc.), per i quali la creazione dei mosaici fisici avrebbe generato files di dati di dimensioni difficilmente gestibili, si è deciso di produrre una versione monocromatica dell'archivio numerico raster.

È stato quindi prodotto un secondo archivio numerico di dati, strutturato per ambiti comunali e sovra comunali secondo le modalità precedentemente descritte.

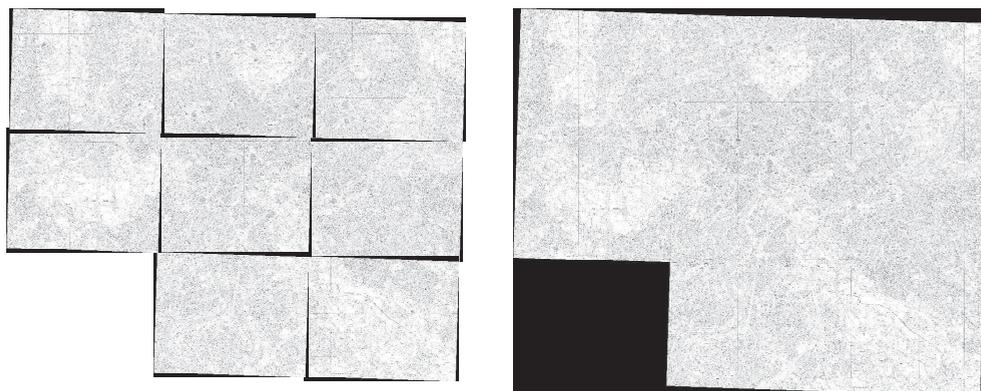


Figura 3 - I singoli elementi cartografici ed il mosaico

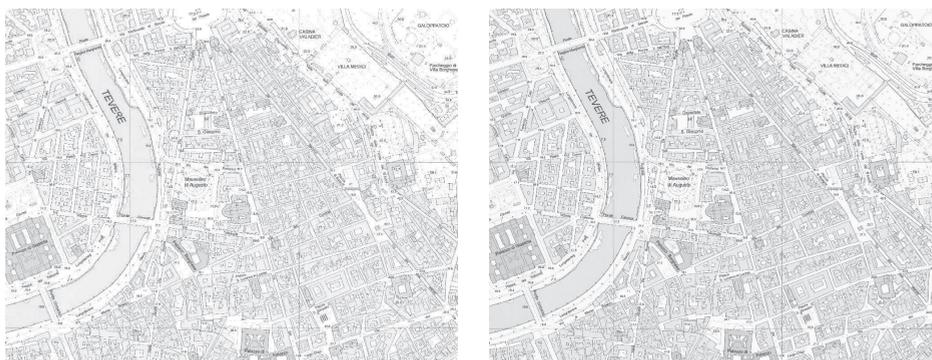


Figura 4 - Gli elementi in RGB e gli elementi in BW

Il Sistema Informativo Territoriale Regionale (SITR)

La disponibilità della nuova CTRN in scala 1:5.000 ha fornito un ulteriore impulso alla formulazione di un nuovo ed integrato Sistema Informativo Territoriale Regionale. Il SITR è stato pensato come strumento necessario a garantire la disponibilità e l'accessibilità di una base di conoscenza unitaria del territorio regionale, inclusiva tanto di informazione geografica di base (topografica, amministrativa, informazioni sulle infrastrutture...), tanto di dati e informazioni settoriali a valenza territoriale.

In coerenza con i principi della Direttiva INSPIRE, il SITR consentirà che tale base conoscitiva risulti condivisa tra tutti i differenti soggetti che, in ambito regionale, sono produttori / gestori di informazione di valenza territoriale.

In questo senso, il SITR non si caratterizza come sistema informativo che gestisce esclusivamente informazioni di scala e valenza prettamente regionale quanto, piuttosto, come ambiente in cui far convergere la conoscenza territoriale prodotta e gestita anche ai livelli istituzionali più bassi, garantendo, con questo, la coerenza delle informazioni alle differenti scale di dettaglio.

Obiettivo centrale del SITR è sostenere, sia dal punto di vista delle informazioni gestite che dei servizi erogati, le attività di pianificazione del territorio ai diversi livelli istituzionali. Il SITR vuole divenire, infatti, l'ambiente di elezione in cui poter attuare analisi e pianificazioni territoriali tenendo conto della dimensione multidisciplinare insita nella pianificazione, oltre che permettere l'attuazione dei modelli di pianificazione territoriale introdotti dalla Amministrazione regionale, con una nuova maggiore attenzione a forme di cooperazione e sussidiarietà tra i differenti livelli istituzionali.

Ulteriore elemento di caratterizzazione del SITR risiede nella possibilità di supportare l'attuazione di alcuni iter amministrativi di tipo interistituzionale basati su informazione territoriale. In altri termini, visto che il SITR offre un ambiente di cooperazione tra le componenti territoriali dei differenti organismi pubblici regionali (in particolare Regione, Province, Comuni), tale potenzialità viene utilizzata anche per supportare specifiche applicazioni settoriali.

Il SITR è pertanto strumento dedicato prioritariamente ai soggetti istituzionali con competenze territoriali, ma rappresenta anche strumento informativo di riferimento per l'intera cittadinanza regionale, laddove i livelli di accesso al sistema sono ovviamente legati allo specifico profilo utente. Gli utenti del SITR previsti sono i seguenti: assessorati e strutture tecniche regionali; assessorati e strutture tecniche provinciali e comunali; amministrazioni pubbliche ed enti territoriali; enti gestori dei servizi; organizzazioni; professionisti; singoli cittadini.

È previsto che il SITR assicuri i seguenti servizi:

- Servizi di base: finalizzati alla gestione e condivisione della informazione geografica;

- Servizi applicativi: sviluppati a beneficio delle strutture regionali con lo scopo di produzione di elaborazioni geografiche di dati;
- Servizi specialistici: sviluppati principalmente come supporto alle attività di pianificazione territoriale. In questa logica, il SITR diviene strumento per la cooperazione verticale (tra differenti livelli istituzionali) e di cooperazione orizzontale (tra differenti competenze settoriali in ambito regionale ovvero tra differenti Comuni adiacenti, per rendere compatibile la propria pianificazione).

Il SITR è servito da una infrastruttura di dati territoriali così definita:

- **DBT:** include tutti i possibili strati informativi gestiti a livello regionale dalla Direzione Regionale Territorio e Urbanistica, per i quali è stata definita una standardizzazione valida almeno a livello nazionale. Nel caso specifico, il DBT include la componente catastale e la componente del DB topografico costruito secondo le specifiche di IntesaGIS.
- **DB Locali:** questa componente contiene i dati territoriali, cartografici ed alfanumerici, organizzati e gestiti in piena autonomia dal SITR. Fanno quindi parte dei DB locali tutti i database di settore presenti in ambito regionale.
- **DB Esterni:** si tratta di database gestiti da sistemi esterni al SITR, con i quali il SIT scambia dati e servizi.
- **DB dei metadati:** contiene tutti i metadati, sia quelli che dovranno confluire nel repertorio nazionale, che quelli di interesse regionale.

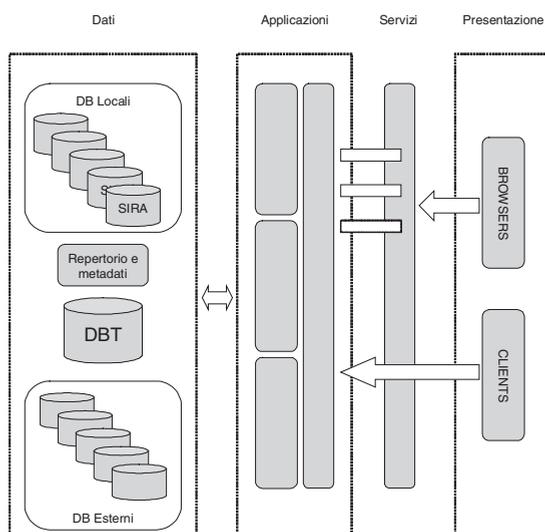


Figura 5 - Organizzazione logica e funzionalità del SITR

LA RETE PERMANENTE GNSS DELLA REGIONE LAZIO: UN'INFRASTRUTTURA INNOVATIVA A SERVIZIO DELL'E-GOVERNMENT

Patrizia PROCACCINI (*), Mattia CRESPI (**), Augusto MAZZONI (**)

(*) Dirigente Area 1 - Sistema Informativo Geografico Generale - Direzione Regionale Territorio e Urbanistica
Regione Lazio - via del Giorgione, 129 - 00147 Roma
tel. +390651685938, fax +390651685921, pprocaccini@regione.lazio.it

(**) DITS - Area di Geodesia e Geomatica, Sapienza Università di Roma - via Eudossiana, 18 - 00184 Roma,
tel. +390644585097, fax +390644585515, <mattia.crespi,augusto.mazzoni>@uniroma1.it

Riassunto

Il lavoro presenta le caratteristiche principali della Rete di Stazioni Permanenti GNSS (RSP-GNSS) attualmente in corso di progettazione sul territorio della Regione Lazio.

E' ormai ben noto che una RSP-GNSS è un'infrastruttura "attiva" che permette di risolvere in modo univoco, coordinato ed efficiente la (quasi) totalità dei problemi di posizionamento e navigazione e si comprende facilmente il ruolo chiave di un Servizio di Posizionamento e Navigazione realizzato tramite una RSP-GNSS nella gestione e aggiornamento delle informazioni territoriali.

Tale ruolo è già stato riconosciuto a diversi livelli istituzionali sia all'estero che in Italia: in particolare, in Italia, a partire dall'esperienza della Regione Lombardia, il terreno fertile per lo sviluppo di Servizi di Posizionamento è stato trovato a livello regionale.

E' in questo contesto che la Regione Lazio ha attivato una convenzione di studio e ricerca con il DITS-Area di Geodesia e Geomatica della Sapienza Università di Roma al fine di definire un progetto di RSP-GNSS esteso a tutto il territorio regionale.

E' significativo sottolineare che la Regione Lazio, a differenza delle altre esperienze nazionali, sta valutando la possibilità di procedere alla realizzazione dell'infrastruttura tramite il project financing, individuando quindi un partner privato che possa finanziare in misura significativa (al limite interamente) la realizzazione dell'infrastruttura e che poi la possa gestire in concessione per un assegnato periodo, promuovendone l'utilizzo con diverse tipologie contrattuali in dipendenza della tipologia di utenza, dei possibili ambiti applicativi e dei servizi offerti.

Nelle attuali previsioni si ritiene possibile avviare la realizzazione dell'infrastruttura a partire dall'inizio del 2009 e concluderla, contestualmente alle necessarie verifiche, in 12-18 mesi.

Abstract

This paper illustrates the main features of the GNSS Permanent Network (GNSS-PN) for real time and post-processing positioning services within Regione Lazio (Central Italy), presently under design. Following a path well-marked by previous Italian and foreign experiences, Regione Lazio Administration decided to establish a positioning and navigation service based on a GNSS-PN at regional level, in order to supply a unique infrastructure for solving the largest part of (if not all) the georeferencing problem within the regional territory. To this aim, Regione Lazio Administration promoted a cooperation with a scientific partner, DITS-Area di Geodesia e Geomatica-Sapienza Università di Roma, charged of realizing the preliminary design of the GNSS-PN.

Nevertheless, unlike other national experiences, it has to be underlined that Regione Lazio Administration is presently considering a different way to realize and manage the infrastructure, through a project financing joint venture with a private company, which should be charged of

implementing, managing and promoting the infrastructure for a stated period (some years) after a public competition, acting as a dealer.

At present, Regione Lazio Administration foresees to start the implementation at the beginning of 2009 and complete it with the first validation of all the supplied services in 12-18 months.

Introduzione

Una Rete di Stazioni Permanenti GNSS (RSP-GNSS) è un'infrastruttura "attiva" che permette la georeferenziazione - a diversi livelli di accuratezza, variabili tra pochi millimetri ad alcuni decimetri - di informazioni territoriali nel territorio coperto dalla RSP-GNSS a qualsiasi utente dotato di un ricevitore GNSS in grado di "dialogare" con la RSP-GNSS in tempo reale tramite connessioni telematiche (es. GSM+Internet) o semplicemente di acquisire misure che possano essere elaborate a posteriori congiuntamente a quelle fornite contemporaneamente dalla RSP-GNSS.

Pertanto una RSP-GNSS può sostituire (quasi) completamente le reti geodetiche tradizionali "passive", il cui utilizzo era peraltro "riservato" a pochi utenti esperti, anche considerando la significativa diminuzione nei costi complessivi e nei tempi abitualmente richiesti per conseguire identici risultati in termini di posizionamento.

Una RSP-GNSS rappresenta quindi un'infrastruttura fondamentale per risolvere in modo univoco, coordinato ed efficiente la (quasi) totalità dei problemi di posizionamento e navigazione e si comprende facilmente il ruolo chiave di un Servizio di Posizionamento e Navigazione realizzato tramite una RSP-GNSS nella gestione e aggiornamento delle informazioni territoriali.

Tale ruolo è già stato riconosciuto a diversi livelli istituzionali sia all'estero che in Italia: in particolare, in Italia, a partire dall'esperienza della Regione Lombardia, il terreno fertile per lo sviluppo di Servizi di Posizionamento è stato trovato a livello regionale. Tale livello non è arbitrario e trova pieno fondamento nelle considerazioni di tipo amministrativo e tecnico-scientifico. Da un punto di vista amministrativo, le Regioni hanno buona autonomia decisionale ed esecutiva; inoltre hanno chiara responsabilità cartografica e, tipicamente, sono coinvolte nelle attività di rilievo e monitoraggio del territorio; infine, attraverso le attività dell'Intesa Stato-Regioni-Enti Locali per i Sistemi Informativi Geografici (<http://www.intesagis.it/>), di recente confluite in quelle del "Comitato per le Regole Tecniche sui Dati Territoriali delle Pubbliche Amministrazioni" coordinate dal CNIPA (Centro Nazionale per l'Informatica nella Pubblica Amministrazione) sotto l'egida del Ministero per la Pubblica Amministrazione e l'Innovazione, hanno potuto e possono intervenire sulle questioni normative nazionali. Da un punto di vista tecnico-scientifico e viste le finalità di un Servizio di Posizionamento, la scala spaziale di una Regione sembra inoltre adatta per mantenere un ragionevole compromesso fra complessità dell'infrastruttura ed estensione del territorio servito; infine, e non rappresenta un aspetto marginale, la scala regionale permette una buona interazione con gli utenti locali.

Contestualmente, in ambito scientifico, al fine di definire delle linee guida per tentare di governare il futuro sviluppo di queste infrastrutture, nel 2004 è stato proposto e cofinanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca un PRIN (Progetto di ricerca di Rilevante Interesse Nazionale) intitolato *I servizi di posizionamento satellitari per l'e-Government*, che ha visto coinvolti 11 gruppi universitari sotto il coordinamento del Prof. Fernando Sansò del Politecnico di Milano. Tale progetto, conclusosi nel 2007, ha portato alla redazione di un libro bianco (Biagi e Sansò, 2007) che intende offrire un contributo metodologico utile proprio per guidare le scelte relative alle future realizzazioni di RSP-GNSS.

E' in questo contesto che la Regione Lazio, seguendo l'esempio di altre Regioni e Province Autonome, ha attivato una convenzione di studio e ricerca con il DITS-Area di Geodesia e Geomatica della Sapienza Università di Roma al fine di definire un progetto di RSP-GNSS esteso a tutto il territorio regionale, analizzando inoltre il potenziale bacino di utenza e le interazioni con la gestione delle informazioni territoriali di competenza regionale.

E' significativo sottolineare che la Regione Lazio sta valutando la possibilità di procedere alla realizzazione dell'infrastruttura tramite il project financing, individuando quindi un partner privato

che possa finanziare in misura significativa (al limite interamente) la realizzazione dell'infrastruttura e che poi la possa gestire in concessione per un assegnato periodo, promuovendone l'utilizzo con diverse tipologie contrattuali in dipendenza della tipologia di utenza (pubblica o privata), dei possibili ambiti applicativi (gestione dell'informazione geografica, ingegneria civile, ingegneria edile, ingegneria ambientale e territoriale, ingegneria delle telecomunicazioni, ingegneria aerospaziale, scienze della terra, scienze ambientali, agricoltura, ecc.) e dei servizi offerti (livello di accuratezza, servizi in tempo reale o a posteriori).

Nelle attuali previsioni si ritiene possibile avviare la realizzazione dell'infrastruttura a partire dall'inizio del 2009 e concluderla, contestualmente alle necessarie verifiche, in 12-18 mesi.

Caratteristiche generali e potenzialità del Servizio Regionale di Posizionamento e Navigazione del Lazio

Il Servizio Regionale di Posizionamento e Navigazione del Lazio sarà realizzato tramite una RSP-GNSS costituita complessivamente da un adeguato numero di Stazioni Permanenti GNSS (SP-GNSS). E' opportuno sottolineare che l'infrastruttura potrebbe essere realizzata seguendo due diversi approcci:

- infrastruttura integrata con altre già attive in regioni limitrofe, complessivamente costituita da 20-24 SP-GNSS, dopo aver eventualmente attivato idonee convenzioni con i rispettivi Gestori, in modo da valorizzare investimenti di risorse pubbliche già effettuati
- infrastruttura completamente autosufficiente, tramite l'installazione di 16-18 SP-GNSS

Le SP-GNSS saranno ovviamente collegate e controllate da un Centro di Elaborazione Dati e Controllo (CEDC), che gestisce le SP-GNSS e ne garantisce la manutenzione, monitora la qualità dei dati delle singole SP-GNSS, elabora i dati acquisiti dalla RSP-GNSS, gestisce la distribuzione di dati e prodotti all'utenza.

E' opportuno da subito ricordare che, alla data odierna, le costellazioni GNSS utilizzabili per il posizionamento sono solo due (GPS e GLONASS) ma nei prossimi anni è prevista la realizzazione della costellazione GALILEO, attualmente in fase di test con 2 soli satelliti. La piena disponibilità futura delle tre costellazioni potrà risultare utile soprattutto per applicazioni cinematiche e in tempo reale in zone critiche dal punto di vista della visibilità dei satelliti (ad esempio, all'interno dei centri urbani): in questi casi, infatti, l'impiego di più costellazioni garantirà in genere la disponibilità di un maggiore numero di satelliti e conseguentemente un posizionamento più affidabile e preciso.

Allo stato attuale, in ogni caso, i dati forniti dal Servizio dovranno consentire ad un utente, dotato di un solo ricevitore GNSS, di stimare (in tempo reale o con elaborazione a posteriori) le coordinate di punti collocati nel territorio della Regione Lazio con un'accuratezza variabile da alcuni millimetri a pochi decimetri (con elaborazione a posteriori) e da qualche centimetro a circa un metro (in tempo reale), in funzione del metodo di rilievo (statico o cinematico), del tipo di ricevitore GNSS e delle strategie di elaborazione e comunque ottenendo una significativa diminuzione nei costi complessivi e nei tempi abitualmente richiesti per conseguire tali risultati.

In particolare, il Servizio diffonderà, con modalità differenziate secondo il tipo di utenza (scientifica, professionale, istituzionale), i seguenti dati:

- 1.in tempo reale - dati relativi alle misure di pseudorange e di fase e informazioni accessorie acquisite dalla RSP-GNSS, finalizzate alle applicazioni in tempo reale sia di posizionamento che di navigazione
- 2.in tempo differito - misure di pseudorange e di fase ed effemeridi broadcast acquisite dalla RSP-GNSS, finalizzate alle applicazioni di posizionamento e navigazione basate su elaborazione a posteriori
- 3.in tempo differito - posizioni giornaliere delle SP-GNSS nel sistema di riferimento internazionale vigente (attualmente IGS05)

Inoltre il Servizio potrà mettere a disposizione:

- 1.in tempo quasi reale (prevedibili almeno 30' di ritardo) - i ritardi troposferici zenitali stimati ogni 30' (utili per raffinare le previsioni meteorologiche)

2.in tempo differito - ritardi troposferici zenitali stimati almeno ogni 30' in corrispondenza delle SP-GNSS, correzioni ionosferiche interpolate a scala regionale (utili per raffinare il posizionamento con ricevitori a singola frequenza)

3.in tempo differito - rapporti sulla qualità delle misure acquisite e diffuse

4.a richiesta - procedura per la trasformazione delle coordinate tra il sistema di riferimento proprio della RSP-GNSS (IGSyy, attualmente IGS05) e il sistema geodetico nazionale vigente (attualmente WGS84-ETRF89-IGM95)

5.a richiesta (prevedibilmente previo accordo con l'Istituto Geografico Militare) - ondulazione del geoido in ambito regionale

6.a richiesta (prevedibilmente previo accordo con l'Istituto Geografico Militare) - procedura per la trasformazione, in ambito regionale, delle coordinate tra il sistema geodetico nazionale vigente (attualmente WGS84-ETRF89-IGM95) e tutti gli altri sistemi geodetici (ROMA1940, ED1950) e cartografici (Gauss-Boaga, UTM-ED1950) nazionali nei quali sono disponibili dati georeferenziati, inclusi anche i sistemi cartografici catastali; in quest'ultimo caso le trasformazioni saranno esclusivamente finalizzate alla "navigazione catastale", ovvero all'uso congiunto di DB cartografici catastali e DB cartografici georeferenziati in altri sistemi nazionali e non all'esecuzione di atti di aggiornamento catastale

7.a richiesta - procedure per l'elaborazione "batch" a posteriori di misure GNSS

E' evidente che caratteristiche fondamentali di questo Servizio dovranno essere la qualità delle informazioni distribuite e la continuità e affidabilità di funzionamento; a tale scopo sarà fondamentale non solo la corretta installazione della RSP-GNSS ma anche, e soprattutto, la definizione di efficienti procedure di gestione (considerando anche quanto già attualmente applicato in altri Servizi analoghi a livello nazionale e internazionale), nonché la ricerca di metodologie e procedure innovative finalizzate al suo miglioramento.

Sono allo studio della Regione Lazio, responsabile istituzionale della gestione della RSP-GNSS, alcune formule per garantire all'utenza ben definiti standard di accuratezza ed affidabilità.

Anche a questo scopo è necessario attivare e mantenere una stretta collaborazione tra la Regione Lazio e la comunità scientifica nazionale e internazionale, utile anche nell'ipotesi di partecipazioni a progetti di rilevante interesse nazionale (ad esempio, la Rete Dinamica Nazionale patrocinata dall'Istituto Geografico Militare) e internazionale (la EUREF Permanent Network a carattere continentale, la International GNSS Service Network a carattere globale).

Dal punto di vista delle potenzialità, è possibile identificare svariati ambiti applicativi del Servizio, tutti accomunati dal fatto che la RSP-GNSS costituirà una materializzazione continua di un sistema di riferimento (in particolare, quello attualmente vigente IGS05) con accuratezza di qualche millimetro, e che, pertanto, un ricevitore GNSS che verrà posizionato (in tempo reale o con elaborazione a posteriori) relativamente ad essa utilizzando i dati diffusi dal Servizio, risulterà automaticamente georeferenziato nel sistema di riferimento sopra menzionato con un'accuratezza dipendente dal metodo di rilievo, dal tipo di ricevitore GNSS e dal tipo di elaborazione.

Senza pretesa di completezza, ma con l'intenzione di testimoniare la grande versatilità del Servizio, si elencano quelli ritenuti più significativi:

- Ingegneria civile ed edile - rilevamenti geodetici e topografici a varie scale (dall'ambito regionale, alla singola infrastruttura fino al singolo edificio); rilevamenti a finalità cartografica, catastale e demaniale; appoggio ai rilevamenti aerei (aerofotogrammetria, laser scanning) e satellitari (immagini ad alta risoluzione); rilevamenti di strade (catasto stradale) e ferrovie ed altre infrastrutture di trasporto in modalità cinematica.

- Ingegneria ambientale e territoriale, Scienze della Terra, Scienze ambientali - monitoraggio di deformazioni crostali, frane, rive e coste, fenomeni di subsidenza e variazioni morfologiche; individuazione e perimetrazione di zone sottoposte a vincolo; posizionamento di sondaggi geologici, geotecnici e geofisici, rilievi batimetrici; georeferenziazione di oggetti e di rilievi di parametri ambientali in genere per la formazione di banche dati gestibili in sistemi informativi territoriali (GIS); sondaggi meteorologici ed atmosferici finalizzati alla determinazione di

parametri fisici fondamentali dell'atmosfera (contenuto di vapore acqueo) assimilabili in modelli di previsione meteorologica e di evoluzione climatica.

● Ingegneria dell'emergenza e Protezione civile - perimetrazione di zone interessate da situazioni di emergenza; posizionamento cinematico di piattaforme terrestri, aeree e spaziali equipaggiate con sensori diversi idonei all'acquisizione di informazioni per lo studio dell'evoluzione delle condizioni di emergenza; localizzazione di precisione di squadre e mezzi di soccorso.

● Controllo di flotte e del traffico - rilevamento di posizione e stima del moto di veicoli terrestri, aerei e marittimi per il controllo del traffico ed il supporto alla navigazione;

● Agricoltura - guida di macchine agricole per la gestione efficiente della produzione agricola (cosiddetta "agricoltura di precisione")

Criteria generali adottati per la progettazione della RSP-GNSS

E' bene sottolineare che, oltre al disegno della rete, devono poi essere considerate le caratteristiche di ricevitori e antenne, la collocazione e monumentazione dell'antenna, l'alloggiamento del ricevitore, le dotazioni hw e sw del CEDC e la connessione dati fra SP-GNSS e CEDC; nelle citate pubblicazioni sono dettagliatamente esposti i criteri che guidano le relative scelte.

Tornando al disegno della rete, si tratta di definirne la configurazione geometrica, cioè scegliere i siti di installazione delle SP-GNSS. Tale scelta va fatta a due scale diverse. A livello generale si deve tenere conto principalmente della configurazione del territorio da coprire e di un parametro geometrico fondamentale che è la interdistanza tra le stazioni. In base a questi elementi si definisce la localizzazione di massima dei ricevitori. A livello particolare per ogni ricevitore si deve trovare un sito rispondente ai criteri esposti altrove (ad esempio nelle citate pubblicazioni) e che si riferiscono alla assenza di ostacoli e di interferenze ed alla convenienza logistica (luogo protetto, accessibilità, disponibilità di energia e di linee di trasmissione dei dati).

La collocazione delle SP-GNSS può essere studiata preliminarmente immaginando di coprire il territorio di interesse con una rete a maglie triangolari, le più regolari possibile e con lato dei triangoli vicino ad un valore prefissato (40-50 km), mediazione tra le attuali potenzialità tecnologiche e la necessità di garantire l'operatività dell'infrastruttura anche in condizione di malfunzionamento di qualche SP-GNSS.

Come già ricordato, oltre ovviamente a tenere conto della forma del territorio da coprire, si è ritenuto opportuno valutare la possibilità di inserire SP-GNSS già operative appartenenti a infrastrutture (di proprietà pubblica) contigue, al fine di coprire il perimetro del territorio medesimo senza aumentare eccessivamente la ridondanza di SP-GNSS lungo di esso, in quanto già in due Regioni confinanti con la Regione Lazio (Abruzzo e Umbria) sono funzionanti RSP-GNSS di gestione istituzionale e inoltre vi sono anche altre SP-GNSS appartenenti a Enti pubblici già attive nella stessa Regione Lazio. A tale proposito è doveroso sottolineare che, ai fini del riutilizzo di SP-GNSS già operative la Regione Lazio dovrebbe curare la stipula di appropriate convenzioni con i soggetti istituzionali proprietari di tali SP-GNSS mentre il realizzatore della RSP-GNSS, di concerto con l'infrastruttura di gestione individuata dalla Regione Lazio, dovrebbe curare gli aspetti tecnici relativi sia alla condivisione in tempo reale delle osservazioni acquisite dalle SP-GNSS in opportuni formati sia all'acquisizione e archiviazione di prodotti per il postprocessamento, generati a partire dalle osservazioni memorizzate internamente ai ricevitori e non ricostruite dai flussi dati utilizzati per la generazione dei prodotti per il posizionamento in tempo reale.

Tra le SP-GNSS istituzionali già operative si potrebbe in particolare includere la SP-GNSS M0SE, installata dal 2002 presso la Facoltà di Ingegneria della Sapienza Università di Roma, inclusa dal 2004 nella rete dell'Agenzia Spaziale Italiana (<http://geodaf.mt.asi.it/>), dal 2007 nella EUREF Permanent Network (www.epncb.oma.be) e prevista come partecipante alla futura Rete Dinamica Nazionale (unica SP-GNSS a possedere queste caratteristiche nel territorio della Regione Lazio).

Allo stato attuale, le altre SP-GNSS istituzionali già operative e aventi caratteristiche che le rendono tecnicamente riutilizzabili sono le seguenti:

- all'interno della Regione Lazio - appartengono alla Rete Integrata Nazionale GPS (<http://ring.gm.ingv.it/credits.php>) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: GUAR – Guarcino (FR), INGR – INGV Roma, LNSN – Leonessa (RI), VENT – Isola di Ventotene (LT)
- nella Regione Umbria - appartengono alla Rete regionale di posizionamento GPS e GLONASS della Regione Umbria: UNTR – Terni, UNOV – Orvieto (TR)
- nella Regione Abruzzo - appartengono alla Rete GPS della Regione Abruzzo: Alfedena (AQ), Balsorano (AQ), l'Aquila, Oricola (AQ)

Complessivamente, considerando il vincolo di interdistanza media (40-50 km), nell'ipotesi di realizzare un'infrastruttura integrata con altre già attive in regioni limitrofe, si ritiene necessario istituire ex-novo le seguenti 13 SP-GNSS: Cassino (FR), Civitavecchia (RM), Fiumicino (RM), Frosinone, Latina, Mazzano Romano (RM), Pescia Romana (VT), Isola di Ponza (LT), Rieti, Sperlonga (LT), Tor San Lorenzo (RM), Valmontone (RM), Viterbo.

Pertanto, in tale ipotesi, le SP-GNSS potenzialmente coinvolte nella realizzazione del Servizio Regionale di Posizionamento e Navigazione del Lazio sono rappresentate in Figura 1.

Nel caso invece di una rete autosufficiente, sempre conservando il vincolo di interdistanza media (40-50 km), le SP-GNSS da istituire saranno le seguenti 17: Acquapendente (VT), Amatrice (RI), Cassino (FR), Civitavecchia (RM), Fiumicino (RM), Frosinone, Latina, Mazzano Romano (RM), Mandela (RM), Pescia Romana (VT), Isola di Ponza (LT), Isola di Ventotene (LT), Rieti, Sperlonga (LT), Tor San Lorenzo (RM), Valmontone (RM), Viterbo (Figura 2).

Principi generali di realizzazione e gestione dell'infrastruttura

E' significativo sottolineare che la Regione Lazio sta valutando la possibilità di procedere alla realizzazione dell'infrastruttura tramite il project financing, individuando quindi un partner privato che possa finanziare in misura significativa (al limite interamente) la realizzazione dell'infrastruttura e che poi la possa gestire in concessione per un assegnato periodo, promuovendone l'utilizzo con diverse tipologie contrattuali in dipendenza della tipologia di utenza, dei possibili ambiti applicativi e dei servizi offerti.

La Regione Lazio rimarrebbe pertanto proprietaria dell'infrastruttura e garante istituzionale del suo funzionamento ma non avrebbe il compito della sua gestione dal punto di vista pratico.

Nelle attuali previsioni si ritiene possibile iniziare la realizzazione dell'infrastruttura a partire dall'inizio del 2009 e concluderla, contestualmente alle necessarie verifiche, in 12-18 mesi.

Bibliografia

- B. Benciolini, L. Biagi, M. Crespi, A. Manzino, M. Roggero (2006). *Linee guida per la realizzazione di reti di Stazioni Permanenti di servizio*. Bollettino di Geodesia e Scienze Affini, n. 2/2006.
- L. Biagi, M. Crespi, A. Manzino, F. Sansò (2005). *I servizi di posizionamento basati su reti di stazioni permanenti GNSS*. Atti della 9^a Conferenza Nazionale ASITA, Catania, novembre 2005 (Invited paper) - su CD-ROM.
- L. Biagi, M. Crespi, A. Manzino, A. Mazzoni, G. Reina, F. Sansò (2006). *Un primo censimento sullo attuale delle reti di stazioni permanenti per i servizi di posizionamento in Italia*. Cartographica n. 15, luglio 2006.
- L. Biagi, F. Sansò (Eds.) (2007), *I servizi di posizionamento satellitare per l'e-government*, Geomatics Workbooks, Volume 7, ISSN: 1591-092X (disponibile anche on-line sul sito: <http://geomatica.comopolimi.it/>).

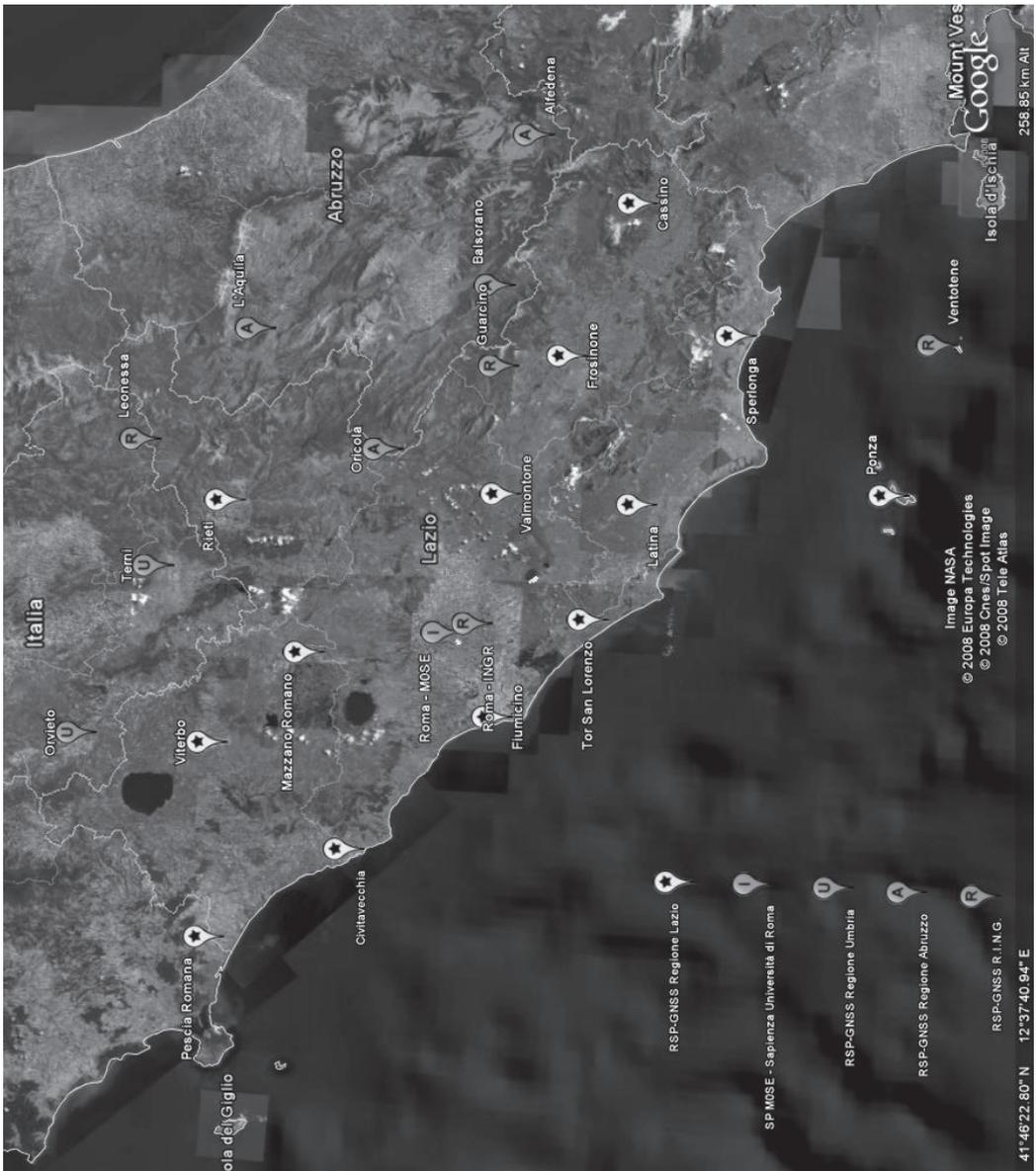


Figura 1 - Possibile collocazione delle SP-GNSS nell'ipotesi di una RSP-GNSS integrata con infrastrutture già esistenti



Figura 2 - Possibile collocazione delle SP-GNSS nell'ipotesi di una RSP-GNSS autonoma

NUOVO PORTALE CARTOGRAFICO DELLA REGIONE LAZIO

Patrizia PROCACCINI (*), Sergio VARCASIA (*), Mauro CASABURI (**)

(*) Regione Lazio – Dir. Territorio e Urbanistica, Sistema Informativo Geografico Generale,
Via del Giorgione 129, I-00154 Roma, Tel. 06 51685938 Fax 06 51688714

Email: pprocaccini@regione.lazio.it - svarcasia@regione.lazio.it

(**) Planetek Italia Srl, Via Massaua 12, I-70123 Bari, Tel. 0809644200, fax 0809644299,
email: casaburi@planetek.it

Riassunto

Il progetto del Sistema Informativo Territoriale Regionale (SITR) della Direzione Territorio e Urbanistica della Regione Lazio nasce dalla necessità della Regione di creare un sistema per la condivisione delle informazioni cartografiche tra tutti i dipartimenti che afferiscono alla Regione.

Nel SITR sono raccolte e consultabili la cartografia e le basi informative geografiche di tutta la Regione. Il servizio di cartografia on-line è parte integrante di un progetto più ampio che ha visto la pubblicazione in internet del nuovo portale informativo dell'urbanistica, interamente realizzato dalla Direzione Territorio e Urbanistica, e della nuova Carta dell'Uso del Suolo, realizzata dall'Area di Pianificazione Paesistica e Territoriale.

Il nuovo portale cartografico della Regione Lazio è stato realizzato nel rispetto dei principi INSPIRE in merito ai requisiti di interoperabilità.

La necessità della Regione di creare un ambiente comune tra tutti i dipartimenti regionali per la condivisione delle informazioni cartografiche, ha richiesto l'adozione di una soluzione matura e soprattutto interoperabile.

Tale obiettivo è stato raggiunto collegando il portale a servizi WebGIS erogati da server remoti, sfruttando differenti protocolli (OGC-WMS, ESRI-ArcXML e Image Web Server-ECWP). In questo modo gli utenti del portale possono consultare in maniera integrata cartografie rese disponibili da fonti differenti, utilizzando le diverse opzioni di visualizzazione offerte dal portale (con viste affiancate o sovrapposte), e potendo effettuare analisi comparative tra dati eterogenei e multi-temporali. Il sistema non è invasivo nei confronti dei server remoti, in quanto non richiede alcuna configurazione o installazione, ed offre un completo sistema di reportistica all'amministratore del sistema, che mantiene il controllo sugli accessi al portale ed alle mappe fornite dai data provider remoti, monitorando costantemente l'efficienza del sistema.

Abstract

The project for the Regional Geographic Information System (SITR), in force at Directorate of Land and Urban Planning of the Lazio Region, resulted from the need of the Region to create a system for sharing geospatial information and cartography between all the regional departments.

The SITR archives and makes accessible maps and geographical information databases of the entire Region. The on-line cartographic service is a part of a larger project, which aimed at publishing via the Internet both the urban planning information portal, realized entirely by the Directorate Land and Urban Planning, and the new Land Use Map, realized by the Land and Territorial Planning Division.

The new cartographic portal of the Lazio Region has developed and realized in accordance with the INSPIRE principles, with regard to the requirements of interoperability.

The need for the Region to create a unique environment among all regional departments for cartographic information sharing purposes, required a solid interoperable solution.

This was achieved by linking the WebGIS portal services provided by remote servers, using different protocols (OGC-WMS, ESRI-ArcXML and Image Web Server-ECWP). In this way the portal users are allowed to an integrated map consultation, available from different sources, using different displaying options offered by the portal (with side by side or overlapped views) and can perform comparative analysis between heterogeneous and multi-temporal data. The system requires no configuration or installation on remote servers, and offers a comprehensive reporting system to the system administrator, which maintains the control over accesses to the portal and maps provided by remote data providers, constantly monitoring the system's efficiency.

Introduzione

Il progetto del Sistema Informativo Territoriale Regionale (SITR) della Direzione Territorio e Urbanistica della Regione Lazio nasce dalla necessità della Regione di creare sistema per la condivisione delle informazioni cartografiche tra tutti i dipartimenti che afferiscono alla Regione.

Nel SITR sono raccolte e consultabili la cartografia e le basi informative geografiche di tutta la Regione. Il sistema fornisce materiali aggiornati sulla produzione cartografica tecnica e tematica, consentendo la visualizzazione on line delle cartografie del repertorio cartografico regionale.

Il Sistema è nato proprio per questo scopo e utilizza tecnologie in grado di mettere a disposizione, attraverso la rete, servizi vettoriali e raster in tempi ragionevolmente rapidi e con modalità semplici ed efficaci.

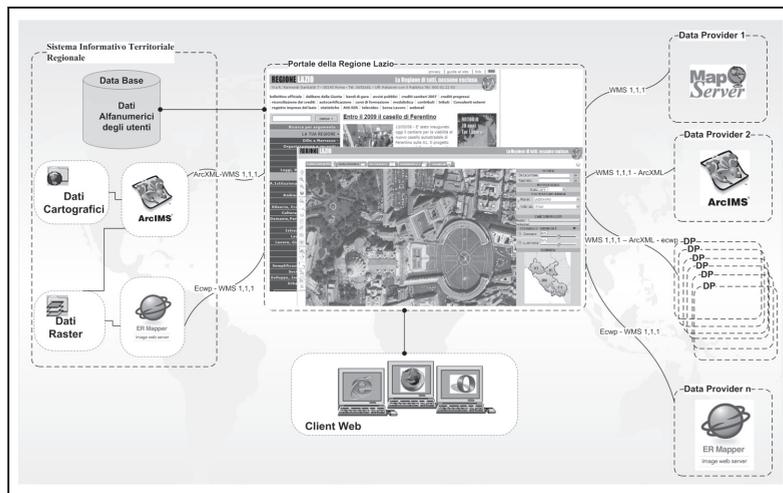
Il servizio di cartografia on-line è parte integrante di un progetto più ampio che ha visto la pubblicazione in internet del nuovo portale informativo dell'urbanistica, interamente realizzato dalla Direzione Territorio e Urbanistica, e della nuova Carta dell'Uso del Suolo, realizzata dall'Area di Pianificazione Paesistica e Territoriale.

Il sistema Cart@net realizzato per assolvere questo compito, ha previsto la valorizzazione delle scelte fatte in termini di tecnologie di base, software d'ambiente, banche dati e competenze disponibili presso la Regione Lazio. Infatti la banca dati che è stata resa disponibile alla consultazione via internet, secondo le modalità operative abituali dei tecnici regionali, è elaborata e predisposta con i software ArcGIS per la parte vettoriale e con il software ER Mapper per quanto riguarda la base raster (ortofoto e cartografia rasterizzata).

Descrizione del sistema

La necessità della Regione di creare un ambiente comune tra tutti i dipartimenti regionali per la condivisione delle informazioni cartografiche, ha richiesto l'adozione di una soluzione matura e soprattutto interoperabile. Il sistema Cart@net, realizzato da Planetek Italia srl e ampiamente utilizzato in Italia, realizza una perfetta integrazione tra tecnologie ESRI, come ArcIMS, e tecnologie come Image Web Server, della Leica Geosystems Geospatial Imaging. Questo strumento offre una completa interoperabilità tra tecnologie differenti, utilizzate da differenti fornitori di dati cartografici.

Cart@net garantisce proprio questa funzionalità, ossia raccoglie e permette di consultare tutti i dati messi a disposizione da qualsiasi fornitore, non preoccupandosi in alcun modo delle tecnologie usate da ciascuno di essi nel pubblicare i dati, di come essi siano stati tematizzati o creati. Offre a più utenti la possibilità di localizzare, visualizzare, analizzare e prendere decisioni distribuendo le informazioni cartografiche all'interno della propria organizzazione o attraverso Internet.



Grazie all'utilizzo dei moduli Multiserver e Multistandard di Cart@net, il portale cartografico dell'Assessorato all'Urbanistica della Regione Lazio ha acquisito la capacità di condivisione dei dati cartografici disponibili e pubblicati dai molteplici server remoti basati su differenti tecnologie quali lo stesso ESRI ArcIMS, MapServer, server conformi allo standard WMS (Open Geospatial Consortium) ed Image Web Server.

Multiserver

Il modulo Multiserver consente di poter collegare il Portale a servizi WebGIS erogati da server remoti senza alcun limite nel numero dei server integrati. Questo consente le seguenti funzionalità:

- **Integrazione di server cartografici vettoriali e raster remoti con tecnologia ArcIMS, UMN MapServer e Image Web Server.**
L'amministratore del Portale può pubblicare cartografia vettoriale e raster residente presso qualsiasi server anche esterno della Regione Lazio;
- **Pubblicazione di dati raster remoti con tecnologia Image Web Server**
L'amministratore del Portale può pubblicare cartografia raster residente presso qualsiasi server Image Web Server anche esterno;
- **Pubblicazione di servizi vettoriali remoti** con tecnologia ArcIMS o Map Server. L'amministratore del Portale può pubblicare cartografia vettoriale e raster residente presso qualsiasi server ArcIMS o MapServer, anche esterno;
- **Allineamento delle informazioni pubblicate nel Portale**
L'amministratore del sistema può in qualsiasi momento riallineare le informazioni anagrafiche contenute nel sistema con quelle disponibili presso i server remoti, che potrebbero aver subito un disallineamento, in seguito ad una eventuale manutenzione dei sistemi remoti;
- **Consultazione di cartografia** resa disponibile dai server remoti citati
L'utente del Portale cartografico può consultare cartografia vettoriale e raster residente presso server remoti di tipo ArcIMS, UMN MapServer e Image Web Server;
- **Reportistica** sull'accesso ai dati ed errori nella consultazione dei dati stessi.

Ogni fornitore di cartografia sarà in grado di ricevere informazioni circa l'utilizzo della propria cartografia pubblicata attraverso il Portale e degli errori creati nella visualizzazione della stessa.

Multistandard

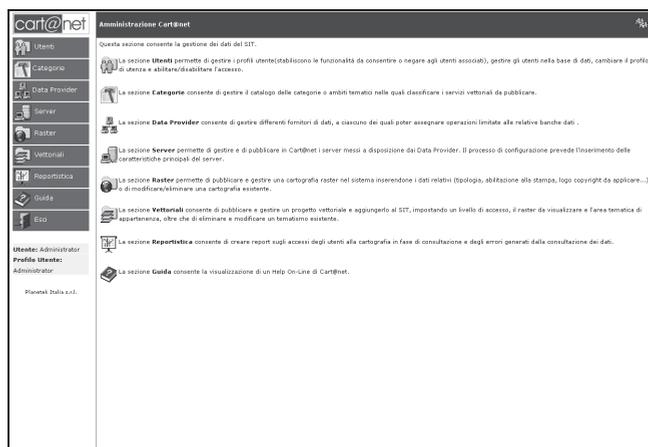
Il modulo MultiStandard si innesta direttamente sul modulo MultiServer e consente al Sistema la pubblicazione di server con tecnologia differente da ArcIMS, UMN Map Server e Image Web Server. ArcIMS o MapServer sono usati per pubblicare servizi vettoriali, mentre Image Web Server è usato per pubblicare dati raster.

I driver forniti per l'accesso a server remoti sono riportati nella tabella che segue:

| Server cartografici | Protocollo di scambio |
|---|-----------------------|
| ArcIMS (ESRI) dalla versione 3.1 alla 9.2 | ArcXML e WMS 1.1.1 |
| Image Web Server dalla versione 1.7.1 alla 8.5 | Ecwp e WMS 1.1.1 |
| Map Server (UMN) | WMS 1.1.1 |

Grazie alla disponibilità del Modulo MultiStandard gli utenti del sistema possono consultare dati cartografici serviti dai server remoti di Data Provider che utilizzino anche soluzioni differenti da quelle adottate dal SITR della Regione Lazio.

All'utente è totalmente trasparente l'utilizzo di cartografia proveniente da tipologie disomogenee di server. Di seguito viene illustrato il modo di interfacciarsi dei vari Data provider con il portale della Regione Lazio, di ciò che il SITR ha a disposizione e di come tutto questo viene fornito all'applicazione WebGIS presente nel Portale Regionale.



Il SITR della Direzione Regionale Territorio e Urbanistica dispone di una sezione di **Content Management** ed una di **consultazione**, realizzata con tecnologia ASP e Javascript. Attraverso la

consolle di amministrazione, gli operatori del Sistema possono direttamente condividere all'interno della Regione la cartografia, sia raster che vettoriale, residente presso il proprio server e pubblicata con un WebGIS server.

Al navigatore rimane assolutamente trasparente l'origine dei dati, ed allo stesso tempo, per i Data Provider, l'integrazione della propria produzione all'interno del portale è immediata.

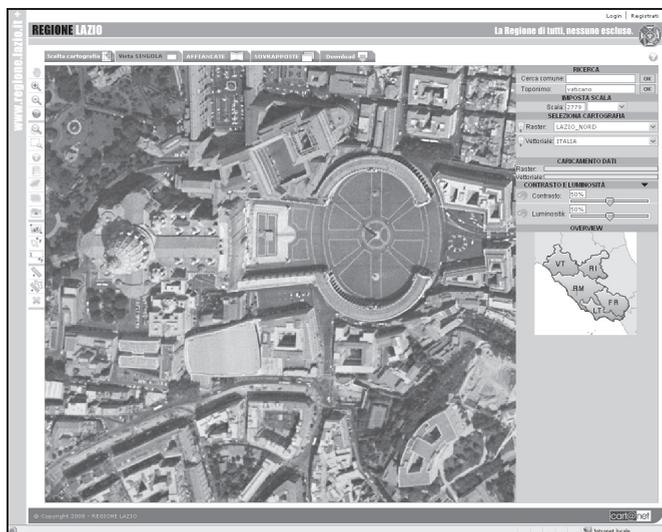
Eliminando quindi un livello di redistribuzione del dato si ottiene una maggiore qualità dell'informazione per ciò che riguarda il suo livello di aggiornamento, garantendo al tempo stesso quel requisito di *interoperabilità* tra la sede centrale e quelle periferiche ed anche tra le stesse sedi periferiche.

La sezione di amministrazione costituisce un semplice ed efficace strumento di back office che permette di poter amministrare le utenze e la cartografia pubblicata e di poter gestire la propria banca di dati cartografica pubblicata sul sistema. Potrà accedere a questa sezione l'amministratore di tutto il sistema con la possibilità di gestire e controllare tutte le operazioni, funzionalità e dati presenti, e gli amministratori dei singoli Data Provider dal lui predisposti, ma con competenze ristrette ai dati ad esso correlati.

In fase di registrazione dei server occorre scegliere, da una lista precompilata, la tipologia e versione del server che si sta pubblicando. Nella pubblicazione dei servizi raster e vettoriali i parametri relativi al sistema di riferimento sono automaticamente rilevati dal sistema o configurati durante la fase di registrazione.

L'accesso differenziale agli amministratori del sistema e ai Data Provider permette di avere a disposizione, in fase di amministrazione, differenti funzionalità, compatibilmente con le differenti esigenze operative delle utenze.

La gestione dei *Livelli di utenza* permette di gestire le utenze e la loro profilazione sia dal punto di vista funzionale che di consultazione cartografica. Questo per consentire un controllo sull'accesso alla visualizzazione, stampa e download dei dati. Di seguito una videata che illustra la sezione di accesso al *Content Management System*.



Gli utenti che accedono al sistema dall'esterno, nell'area pubblica di *consultazione* della cartografia, possono selezionare i servizi catalogati per aree tematiche, e visualizzare i metadati inseriti, in fase di amministrazione, per ogni servizio vettoriale e raster associato.

Un ottimo strumento offerto nella consultazione cartografica è il confronto immediato tra cartografie di tipologie differenti oppure la sovrapposizione in trasparenza tra diverse cartografie che offre, ad esempio, la possibilità di visualizzare l'ortofoto a 50cm di risoluzione del 2005 e poterla confrontare, nella vista sovrapposta, con quella del 2000 a 1m, per poter eseguire delle analisi di confronto sui cambiamenti intervenuti sul territorio in quell'intervallo temporale.

Funzionalità innovative rispetto ai tradizionali sistemi WebGIS, sono:

- *Stampa in PDF*

Stampa in PDF dell'area cartografica visualizzata, con i servizi visibili in quel momento, direttamente in un file pdf, correlato della leggenda per i servizi vettoriali. L'area di stampa è evidenziata da un riquadro sovrapposto alla mappa, e tale area si seleziona geograficamente, con i consueti metodi di navigazione della mappa, oppure tramite la funzione della scala appositamente inserita nella barra della stampa. Inoltre è possibile settare il formato (A3 e A4, ciascuno orizzontale e verticale) e la risoluzione di stampa (bassa, media e alta).

- *Bookmark cartografici (viste preferite)*

Modalità di memorizzazione e condivisione della visualizzazione di un area di interesse. In qualsiasi momento si potrà salvare la vista attuale e poterla visualizzare in un secondo momento, oppure condividerla con altri inviando automaticamente un invito, tramite e-mail, a visualizzare tale link.

- *Download dei dati cartografici e PDF*

Possibilità di effettuare il download dei dati cartografici e dei PDF che la Regione permette di scaricare agli utenti. Si consente di selezionare l'area da scaricare tramite una ricerca e selezione geografica sulla mappa, oppure una ricerca testuale per comune e per tavole di riferimento. Per i servizi vettoriali è possibile la selezione dei layer che si intende scaricare e verrà effettuato un taglio al volo del dato. Tutte le tavole selezionate per il download, sia per i raster, vettoriali o PDF, verranno inserite in un unico file zip.

Conclusioni

Il sistema descritto è parte di una strategia complessiva di condivisione dei dati territoriali nell'ambito della rete della Regione Lazio e costituisce un tassello basilare del più ampio sistema SITR (Sistema Informativo Territoriale Regionale) che, attraverso un insieme di strumenti, permette ai soggetti che fanno parte della rete la consultazione, l'elaborazione e l'aggiornamento delle informazioni geografiche disponibili. I WebGIS svolgono quindi un compito essenziale quanto efficace in termini di divulgazione delle informazioni e condivisione dei dati all'interno della Rete regionale e rappresentano un elemento fondamentale per l'interconnessione delle informazioni cartografiche e l'interscambio tra i diversi fornitori di dati.

CATASTO INCENDI BOSCHIVI

Dr. Maurizio PUCCI (*), Dr. Lucrezia CASTO (**), Arch. Patrizia PROCACCINO (***)

(*) Dr. Maurizio Pucci – Direttore della Protezione Civile – Regione Lazio - mpucci@regione.lazio.it

(**) Dr. Lucrezia Casto – Dirigente Area Pianificazione e Sviluppo - Direzione Protezione Civile
Regione Lazio - lcasto@regione.lazio.it

(***) Arch. Procaccini Patrizia – Dirigente Area Sistema Informativo Geografico Generale –
Direzione Territorio e Urbanistica – Regione Lazio - pprocaccini@regione.lazio.it

Abstract

Problematica/Obiettivo

Il 28 agosto 2007, dopo una serie di tragiche occorrenze, l'ordinanza n. 3606 della Presidenza del Consiglio dei Ministri ha posto una vigorosa accelerata all'istituzione del Catasto Incendi Boschivi (Legge quadro 353/2000): essa stabiliva la creazione del Catasto Incendi Boschivi, da parte dei soggetti attuatori dell'ordinanza (individuati –articolo 1 comma 2- nel Presidente della Regione o Prefetto della Provincia interessata), per i Comuni che, entro quindici giorni dalla pubblicazione dell'ordinanza stessa, non avessero realizzato il catasto dei soprassuoli percorsi dal fuoco nel corso del 2007 (solo per le regioni Lazio, Campania, Puglia, Calabria e Sicilia).

Metodologia

Si è ritenuto indispensabile integrare il Catasto Incendi Boschivi nell'ambito delle azioni e degli sforzi intrapresi dalla Regione Lazio all'interno del progetto PRO.ci.CO (Protezione Civile per i Comuni). Oltre alle attività formative, un ulteriore aspetto fondamentale del progetto è il Software GIS di supporto alla raccolta dati secondo il metodo Augustus e che è stato distribuito ai diversi Enti Locali afferenti al sistema per la realizzazione dei Piani di Emergenza. Creando un'infrastruttura GIS estremamente aperta a integrazioni future nel campo di protezione civile è risultato altamente fattibile concentrare in questo ambito la realizzazione del Catasto Incendi Boschivi.

Risultati

Un software specifico GIS per poter visualizzare, interrogare, integrare, modificare e creare sia la componente geometrica delle aree percorse dal fuoco (perimetro e superficie) sia la componente alfanumerica di ognuna di esse (Numerazione progressiva cronologica per comune, date di riferimento, località, tipologia dell'area interessata, ecc.). Grazie ad esso ogni Comune ha potuto contestualizzare le informazioni geografiche relative agli incendi che si sono verificati sul territorio di propria competenza (grazie alla base dati cartografica rilasciata con PRO.ci.CO), confrontarle con i dati catastali per verificare quali particelle sono state interessate dal fenomeno (al fine della pubblicazione sull'albo pretorio) ma anche per analizzarle (incendi d'interfaccia).

Premessa

L'esigenza di sviluppare un apposito software GIS in grado di gestire un Catasto Incendi Boschivi comunale secondo le indicazioni di legge (nazionale e regionali) e nei tempi individuati nelle ordinanze e nei decreti di riferimento, è fondata essenzialmente su:

1) Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3606

Disposizioni urgenti di protezione civile dirette a fronteggiare lo stato di emergenza in atto nei territori delle regioni Lazio, Campania, Puglia, Calabria e della regione Siciliana in relazione ad eventi calamitosi dovuti alla diffusione di incendi e fenomeni di combustione, 28/08/2007.

I soggetti attuatori dell'ordinanza (individuati -articolo1 comma 2- nel Presidente della Regione o Prefetto della provincia interessata) agiranno in via sostitutiva dei Comuni che entro quindici giorni dalla pubblicazione dell'ordinanza stessa non abbiano ancora realizzato il catasto dei soprassuoli percorsi dal fuoco nel corso del 2007 e dell'ultimo quinquennio (art. 1 comma 7). I soggetti attuatori quindi raccoglieranno e completeranno tali informazioni, rendendole poi disponibili presso i comuni stessi e certificandole ai fini dell'accatastamento.

2) Decreto commissariale n.1, 7/09/2007

Il Presidente della Regione Lazio è nominato soggetto attuatore per l'adozione di tutte le iniziative necessarie al superamento dell'emergenza come istituendo una Commissione tecnico amministrativa con il compito di svolgere una funzione di supporto tecnico amministrativo nell'attuazione dell'ordinanza n. 3606 dello scorso 28 agosto.

Come tale istituisce una Commissione tecnico – amministrativa con il compito di svolgere una funzione di supporto tecnico amministrativo nell'attuazione dell'ordinanza n. 3606 dello scorso 28 agosto. I nuclei operativi specificatamente costituiti favoriscono la redazione del catasto delle aree percorse dal fuoco da parte dei comuni della Regione Lazio (Delibera Giunta Regionale n. 687, 7/09/2007).

La Regione Lazio come soggetto attuatore si è impegnata concretamente a:

1. mettere a loro disposizione la cartografia di base necessaria;
2. acquisire i dati relativi alle Aree Forestali Percorse dal Fuoco provenienti dal CFS, VVF ed elaborarli per renderli compatibili con il proprio Sistema Integrato di Protezione Civile
3. distribuire i dati di cui sopra ai singoli Comuni, che si troveranno a disposizione l'intero Dataset di propria competenza delle Aree Forestali Percorse dal Fuoco
4. fornire a ciascun comune un software specifico per la realizzazione e gestione in autonomia del proprio Catasto Incendi Boschivi, con potenzialità di collegamento con la banca dati regionale.

Catasto incendi

Con il progetto PRO.ci.CO la Regione Lazio ha voluto porre le basi di un'infrastruttura per un *Geographic Information System* estremamente aperto ad integrazioni future nel campo di protezione civile. Pertanto è risultato altamente fattibile concentrare in questo ambito la realizzazione del Catasto Incendi Boschivi (di seguito CIB) per le seguenti ragioni:

1. La presenza di un'ampia base dati cartografica (Ortofoto, CTR, ecc.) rilasciata ad ogni singolo Comune.
2. La capacità d'inserimento, gestione delle informazioni relative alle Aree Percorse dal Fuoco (di seguito APF).
3. La presenza di un applicativo GIS per la gestione delle informazioni geografiche (georeferenziazione, creazione di elementi geometrici, ecc.), per la loro interrogazione e per la capacità dello stesso applicativo di operare secondo standard OGC e ISO, per garantire la comunicazione verso tutte le altre componenti del sistema e verso tutti quelli che aderiscono a questi standard nazionali e internazionali.
4. L'utilizzo delle tecnologie più diffuse in Italia e all'estero per la gestione dell'informazione geografica.

D'altronde riteniamo ulteriormente valido sottolineare come tutti gli sforzi di sviluppo del software, da una parte, e di produzione delle banche dati, dall'altra, siano stati anche orientati verso un'integrazione futura nel "Sistema Integrato di Protezione Civile". In quest'ultimo, la presenza di un'applicazione di scambio dati, perfettamente interoperabile con il CIB, permetterà, da una parte, la trasmissione delle informazioni raccolte nei vari livelli del sistema (comunale, provinciale e regionale) e, dall'altra, garantirà sia l'univocità e l'integrità del dato (origine e proprietà) sia, in un'ottica di resilienza, la massima accessibilità alle informazioni in caso venga meno un nodo di scambio dati. Infine la presenza di un Atlante dei Rischi permetterà di convergere in un unico *repository* le informazioni geografiche relative alle APF trasmesse periodicamente dai singoli Comuni così come previsto dalla norma vigente.

Il modello dati per l'informazione spaziale

Negli ultimi anni, nell'ambito dei GIS, si è assistito all'introduzione di un nuovo modello di dati geografici che sta diffondendosi in modo ubiquitario. Il motivo della rapida diffusione di questo modello sta nelle sue caratteristiche di scalabilità e interoperabilità. La ESRI¹, società leader nel settore, da tempo ormai promuove un "Geodatabase" estremamente performante grazie alla forte esperienza pregressa che ha acquisito negli anni con il formato dati "Coverage" e "Shapefile". Il primo è stato per molto tempo l'architettura fondamentale dei GIS, con l'introduzione della topologia, e lo è tuttora nell'ambito di alcune piattaforme (UNIX, ecc.); il secondo è diventato il formato dati GIS più diffuso al mondo evolvendo in un file open .

Comunque non si può spiegare il "Geodatabase", e quindi la validità e convenienza del suo utilizzo, senza un breve excursus storico sui GIS.

A metà degli anni '90, le diverse aziende che producevano software specializzato per i GIS realizzavano formati dati nativi e proprietari. Questi in principio erano strutture di file non relazionali altamente ottimizzati per il rapido accesso ai dati e facilmente distribuibili tra gli utenti dello stesso software, essendo "file based". Ciò ovviamente limitava la diffusione dell'informazione e l'interoperabilità a strumenti di conversione, trasferimento con standard (network file system: NFS) e più tardi con open file. La condivisione dei dati spaziali con altre applicazioni software era raramente ottenuta.

Gradualmente, per le ovvie potenzialità intrinseche, i modelli GIS hanno iniziato ad evolvere in strutture geo-relazionali dove dati alfanumerici relazionati (cioè attributi) potevano essere immagazzinati in database relazionali collegabili con dati spaziali (feature) file-based.

Comunque, il formato geo-relazionale aveva limiti importanti nella scalabilità (cioè nel dimensionamento) e la struttura duale così concepita (attributi da una parte e geometrie dall'altra) significava che i GIS non potevano beneficiare dei vantaggi dei database relazionali (backup, recovery, replication, ecc.). Inoltre per mantenere le performance venivano richieste complesse strutture e ancora a scapito dell'interoperabilità.

Verso la seconda metà degli anni '90, l'emergere di una nuova tecnologia permetteva di memorizzare direttamente i dati spaziali in un database relazionale (RDBMS), aprendo così una nuova era a un'ampia scalabilità e al supporto di estesi e continui layer (dati spaziali in visualizzazione). Ciò ha significato l'inizio di un processo verso l'interscambio tra i diversi GIS sul mercato e tra i più diffusi database relazionali esistenti. Inoltre ciò ha consentito l'integrazione in un'ottica "enterprise" (banche dati centralizzate e uniche) dei dati, eliminando le cosiddette "spatial data islands" all'interno di una struttura.

¹ Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI) – www.esri.com

In questo periodo le organizzazioni promotrici di standard come la Open GIS Consortium (OGC²), la International Organization for Standardization e il U.S. Federal Geographic Data Committee divennero fautrici dell'idea della condivisione dei dati spaziali attraverso standard specifici. Il primo lavoro di queste organizzazioni si è concentrato sulla condivisione nei database relazionali per garantire l'interoperabilità tra i diversi GIS esistenti.

La OGC, un consorzio internazionale di compagnie private, agenzie governative e università pubblicò un primo documento chiamato "Simple Features Specification" dove venivano definiti gli standard open per i dati spaziali.

Proprio in questa ottica nasce anche il "Geodatabase" che ha fatto guadagnare il primato alla ESRI di prima società con prodotti pienamente compatibili con questo nuovo standard. Primato ancora oggi indiscusso, essendo l'unica società che produce software GIS, lato cliente e server, pienamente conformi alla "OpenGIS Simple Features Specification for SQL"³.

Inoltre il "Geodatabase" fornisce supporto a ulteriori aspetti dei dati GIS come il valore z (p.es. altitudine), misure, annotazioni, fino al pieno supporto dei dati raster, andando molto al di là delle specifiche OGC.

Ulteriore caratteristica di questo formato, verso una piena visione d'interoperabilità e condivisione dell'informazione, è la possibilità dell'utilizzo del formato standard XML (*eXtensible Markup Language*) per lo scambio delle informazioni con altri geodatabase e sistemi esterni.

Il geodatabase di "Base"

Mai quanto nel settore della Protezione Civile risulta indispensabile il poter contestualizzare geograficamente le informazioni di propria competenza. In realtà, data la trasversalità della materia, la necessità di ubicare precisamente un particolare oggetto sul territorio e il suo successivo confronto geografico con altri aspetti del territorio stesso risulta fondamentale e prioritario.

Non esistendo per la PC in Regione Lazio un contenitore di dati geografici coerente è risultato indispensabile dedicare particolare attenzione alla realizzazione di un geodatabase generale in grado di fornire una base solida per il CIB e con la pretesa di essere un punto di riferimento per tutte le future integrazioni e implementazioni GIS.

Per realizzare fisicamente questo contenitore logico di "base" è stata realizzata una dettagliata analisi del patrimonio informativo già in possesso e a disposizione nei diversi uffici regionali (urbanistica, ambiente, ecc.). Le diverse fasi possono essere riassunte nei seguenti punti:

1. Analisi dei bisogni informativi;
2. Individuazione degli "strati informativi" a disposizione;
3. Standardizzazione e normalizzazione del dato secondo INTESA GIS;
4. Acquisizione dei dati mancanti e loro standardizzazione e rettificazione;
5. Progettazione logica del modello dati;
6. Caricamento dei diversi strati informativi;
7. Verifica e collaudo finale.

Di particolare rilevanza tecnica è stato il processo di costituzione dello strato Estesa Amministrativa (viabilità stradale) grazie ai dati acquisiti da Tele Atlas per l'intero territorio regionale e a livello comunale.

Inoltre sono state rielaborate in JPEG2000 le ortofoto (del 2005) fornite dalla CGR e organizzate in un *Raster Catalog* per offrire ai singoli Comuni il maggior dettaglio informativo.

² Consultare il sito <http://www.opengeospatial.org>

³ Consultare il sito <http://www.esri.com/software/standards/ogc-support.html>

Proprio quest'ultimo è stato il *trait d'union* di ogni elaborazione espletata per il geodatabase di "base", cioè fornire il maggior contenuto informativo e quello più aggiornato a disposizione per il territorio regionale ma a livello comunale.

I Comuni in questo modo possono disporre dei seguenti livelli informativi:

- a) Cartografia del rilievo di base
- b) Limiti amministrativi
- c) Ortofoto a colori
- d) CTR raster
- e) Idrografia
- f) Grafo stradale e ferroviario

APF e geodatabase del catasto

In base alla normativa vigente, punto di partenza fondamentale risulta il lavoro di perimetrazione delle Aree Boschive Percorse dal Fuoco effettuato dal Corpo Forestale dal 1970 ad oggi. Infatti l'unica fonte ufficiale dei dati statistici sugli incendi boschivi in Italia è l'archivio AIB-FN (Foglio Notizie AntIncendi Boschivi) a cura del Corpo stesso. Questo archivio è realizzato collezionando i dati che il personale forestale intervenuto sull'incendio e responsabile delle operazioni di spegnimento compila dettagliatamente sotto forma di scheda informativa predefinita, inviandola poi ai superiori Uffici dell'Ispettorato Generale.

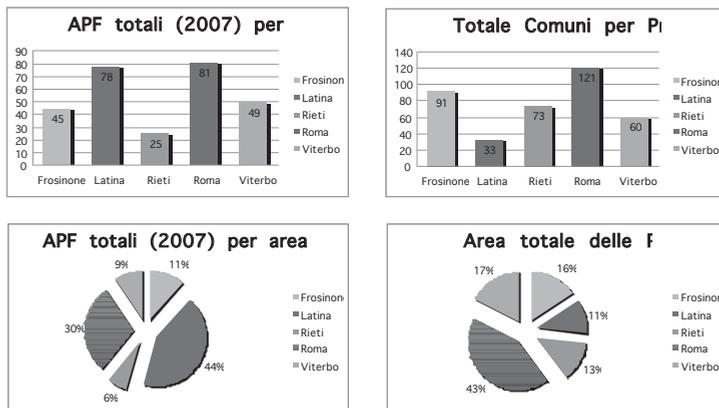
I dati in possesso del Corpo Forestale dello Stato sono dunque una fonte completa ed affidabile d'informazioni e di dati per elaborazioni statistiche sul fenomeno.

Per rendere fruibili le APF ai singoli comuni, all'interno della piattaforma GIS sviluppata, è stata necessaria la creazione di un geodatabase specifico capace sia di facilitare l'importazione dei dati provenienti dal Corpo Forestale, sia d'implementare informazioni relative al catasto terreni. Si è di fatto progettato un modello dati logico, estremamente semplice e funzionale, in grado di memorizzare, da una parte, i poligoni e gli specifici attributi delle APF e, dall'altra, le informazioni delle loro relazioni spaziali (intersezioni) con le particelle catastali provenienti dall'Agenzia del Territorio.

Le diverse fasi possono essere riassunte nel seguente elenco:

1. Correzione dei dati vettoriali forniti da quegli errori che non apportavano modifiche nella componente geometrica (per gli anni 2004, 2005 e 2006).
2. Passaggio dei dati da Gauss Boaga Roma 40 a UTM ED 1950.
3. Standardizzazione dei dati.
4. Creazione del modello dati logico.
5. Popolamento del geodatabase.
6. Georeferenziazione raster (rettificazione) delle mappe fornite in formato tif relative all'anno 2007.
7. Digitalizzazione di 278 APF relative all'anno 2007 nel geodatabase.
8. Acquisizione dei dati vettoriali relativi all'anno 2007 (rilascio tardivo da parte del Corpo Forestale).
9. Correzione e collaudo finale

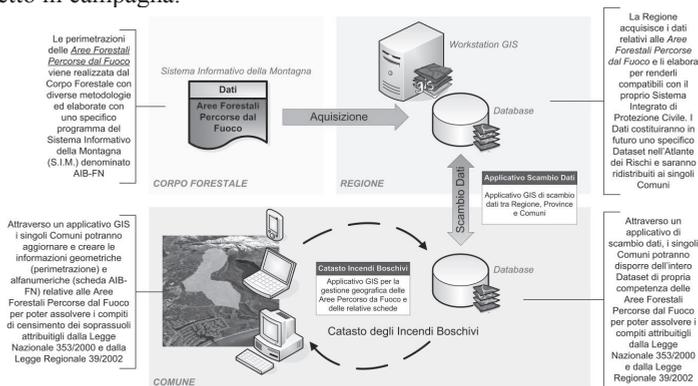
| N° | Codice ISTAT | Provincia | Totale Comuni | Superficie Provincia (mq) | APF Acquisite | MEDIA | Area APF Acquisite (mq) | % | Area APF Acquisite (ha) | Superficie Provincia (ha) |
|---------------|--------------|-----------|---------------|---------------------------|---------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------------------|---------------------------|
| 1 | 060 | Frosinone | 91 | 3238731512,17 | 45 | 0,49 | 5095810,16 | 0,16% | 509,58 | 323873,15 |
| 2 | 059 | Latina | 33 | 2251243526,70 | 78 | 2,36 | 19027170,14 | 0,85% | 1902,72 | 225124,35 |
| 3 | 057 | Rieti | 73 | 2747923805,41 | 25 | 0,34 | 2865084,35 | 0,10% | 286,51 | 274792,38 |
| 4 | 058 | Roma | 121 | 8809474317,20 | 81 | 0,67 | 13222116,83 | 0,15% | 1322,21 | 880947,43 |
| 5 | 056 | Viterbo | 60 | 3615870652,95 | 49 | 0,82 | 4131440,75 | 0,11% | 413,14 | 361587,07 |
| TOTALE | | | 378 | 20663243814,42 | 278 | 0,74 | 44341622,23 | 0,21% | 4434,16 | 2066324,38 |



Il software Catasto Incendi

L'applicativo è stato sviluppato in Net 2.0 e con gli *ArcObject* della ESRI (Engine 9.2).

Lo strumento fornito permette la visualizzazione, interrogazione, integrazione, modifica e creazione sia della componente geometrica delle APF (perimetro e superficie) sia della componente alfanumerica di ognuna di esse (numerazione progressiva cronologica per comune, date di riferimento, località, tipologia dell'area interessata, ecc.). Questo software costituisce la seconda parte fondamentale del "Catasto degli Incendi Boschivi" così come richiesto dalla normativa. Grazie ad esso ogni Comune potrà contestualizzare le informazioni geografiche relative agli incendi che si sono verificati sul territorio di propria competenza (grazie alla base dati cartografica rilasciata con PRO.ci.CO), confrontarle con i dati catastali per verificare quali particelle sono state interessate dal fenomeno (al fine della pubblicazione sull'albo pretorio) ma anche per analizzarle (al fine di una formulazione del piano di emergenza in relazione alla localizzazione del valore esposto). Questo software sarà dotato di specifiche funzionalità di stampa per la realizzazione di quegli output necessari ad ogni Comune per assolvere i propri compiti, così come previsto da legge. Inoltre, come ulteriore valore aggiunto, questo applicativo sarà pienamente integrabile in quello già previsto dal progetto PRO.ci.CO e, in futuro, nel Sistema Integrato di Protezione Civile, grazie alla tecnologia utilizzata e agli standard d'interoperabilità adottati. Proprio per questo motivo il software avrà le potenzialità d'interfacciarsi con dispositivi di acquisizione GPS ed essere installato su Tablet PC per il rilievo diretto in campagna.



La distribuzione del software e dei dati è stata realizzata con un setup specifico con la piattaforma Installshield della Macrovision e protetto da chiave hardware.