

LA RETE REGIONALE DI STAZIONI PERMANENTI GPS DELLA REGIONE CALABRIA

Giovanni ABATE (*), Sergio Borrelli (**), Tonino CARACCILO (**),
Francesco CHIAPPETTA (***), Giuseppe IIRITANO (***), Vincenzo MARRA (**),
Gaetano SCARNATI (**)

(*) Leica Geosystem S.p.A. – Via Taletè 41 – 70010 Valenzano (BA) - Tel/Fax 0804674928 – giovanni.abate@lgs-geo.it
(**) Regione Calabria – Centro Cartografico Regionale – c/o Centro Servizi Avanzati – Area ex-SIR
88046 Lamezia Terme (CZ) – Tel. 0968444300 – Fax 0968444260 – centro.cartografico@regcal.it
(***) Regione Calabria – Settore Protezione Civile – Viale Europa 35 Località Germaneto –88100 Catanzaro
Tel. 0961768111 – Fax 0961769044 –centrofunzionale@protezionecivilecalabria.it

Riassunto

La Regione Calabria, nell'ambito delle attività finalizzate alla realizzazione dell'Infrastruttura dei Dati Geografici (INDAGEO), ha in corso di ultimazione la Rete Regionale di Stazioni GPS Permanenti il cui progetto è frutto della stretta collaborazione tra il Centro Cartografico Regionale ed il Settore Regionale di Protezione Civile.

La rete di stazioni GPS fornisce, con il massimo di precisione ottenibile, la materializzazione del sistema di riferimento terrestre per innumerevoli applicazioni. E' stata, infatti, progettata per finalità applicative sia di tipo scientifico che ingegneristico rendendo disponibile un servizio utile sia per il posizionamento topografico post-processato che per il posizionamento in tempo reale con la fruizione delle correzioni differenziali per i vari profili di utenti.

Il monitoraggio, come ad esempio il controllo di aree instabili, o la navigazione in condizioni di emergenza, l'inquadramento topografico di grandi opere civili, tanto per citare alcune delle innumerevoli applicazioni, hanno richiesto requisiti progettuali di alto contenuto tecnologico e scientifico in modo da assicurare il massimo valore al progetto stesso.

Introduzione

La rete geodetica di stazioni permanenti GPS della Regione Calabria, composta da 17 Stazioni, fornisce, con il massimo di precisione ottenibile, la materializzazione del sistema di riferimento terrestre per innumerevoli applicazioni. E' stata, infatti, progettata per finalità applicative sia di tipo scientifico che ingegneristico rendendo disponibile un servizio utile sia per il posizionamento topografico post-processato che per il posizionamento in tempo reale con la fruizione delle correzioni differenziali per i vari profili di utenti.

Il monitoraggio, come ad esempio il controllo di aree instabili, o la navigazione in condizioni di emergenza, l'inquadramento topografico di grandi opere civili, tanto per citare alcune delle innumerevoli applicazioni, hanno richiesto requisiti progettuali di alto contenuto tecnologico e scientifico in modo da assicurare il massimo valore al progetto stesso.

Il progetto

La rete regionale è costituita da:

- N° 17 "Vertici" per Stazioni di riferimento GNSS (SP) complete di un sistemi di ricezione e trasmissione GPS (denominato SRT) costituito dai seguenti componenti:
 - un'antenna GPS con cavo
 - un ricevitore GPS

- un apparato di memorizzazione dati e relativo software di gestione della singola SP integrato nel ricevitore
- un gruppo di continuità necessario all'alimentazione elettrica per il funzionamento del SRT
- N° 1 Centro di Controllo ed Elaborazione Dati (CeCED) che sarà installato presso il Centro Cartografico Regionale a Lamezia Terme e presso il Settore di Protezione Civile Regionale a Germaneto;
- N° 1 Software "Leica GPS Spider" per la gestione e il controllo della rete e la distribuzione dei dati di correzione.

Per ciascuno dei 17 siti ospitanti le SP sono state eseguite le seguenti attività:

- a) monumentazione delle nuove stazioni permanenti;
- b) fornitura e materializzazione dei supporti a centramento forzato per l'alloggiamento delle antenne GPS;
- c) realizzazione di opere di protezione dei cavi di connessione tra l'antenna e il ricevitore GPS;
- d) fornitura e allocazione di armadio Rack contenente SRT;
- e) connessione dell'SRT alla rete elettrica e telematica;
- f) fornitura di antenna GPS e di relativi cavi di connessione all'SRT;
- g) fornitura dell'SRT.

Per l'allestimento del CeCED saranno eseguite le seguenti attività:

- a) adeguamento dei locali ospitanti il CeCED;
- b) fornitura del sistema di elaborazione dati e distribuzione dei Servizi 1 (PPDB) e Servizi 2 (NRTK);
- c) fornitura di un sistema telefonico (SAT) per la gestione delle chiamate dell'utenza del Servizio 2;
- d) fornitura di software " Leica GPS Spider " per il CeCED consistente in :
 - modulo "SiteServer" SWCR per il controllo della rete
 - software "SpiderWEB" SWDB per la realizzazione del Servizio 1 PPDB
 - modulo "RTK Proxy-Server" SWRT per la realizzazione del Servizio 2 NRTK
- e) fornitura del server adibito al calcolo presso il Settore di Protezione Civile Regionale a Germaneto;
- f) fornitura del server adibito alla distribuzione dei dati (rinex e correzioni rtm) presso il Centro Cartografico Regionale a Lamezia Terme

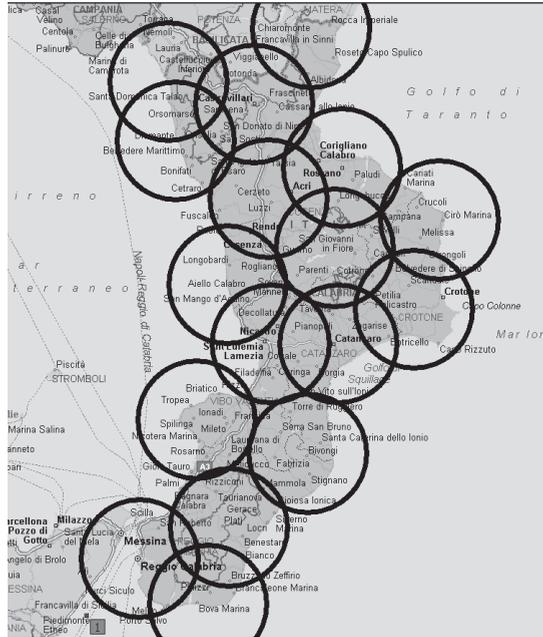
La rete della Regione Calabria è definita come un sistema di posizionamento satellitare su scala globale GNSS (**Global Navigation Satellite System**) assumendo così validità nei confronti della precisione attesa che si posiziona al massimo livello, conferendo alla rete GNSS non solo un valore di strumento di misura, ma anche e soprattutto un sistema di riferimento e confronto per tutti gli utilizzatori. La Rete nasce per garantire taluni requisiti ritenuti indispensabili:

- altissimo contenuto tecnologico;
- continuità spaziale al fine di fornire il servizio in ogni punto del territorio regionale;
- espansibilità;
- modularità al fine di consentire un adeguamento a basso costo ed impatto in funzione dei prevedibili aggiornamenti scientifici;
- continuità temporale del servizio.

Utilizzo delle Costellazioni GPS / Glonass / Galileo / Compass

I ricevitori installati, **Leica GRX1200PRO-GG** di ultima generazione, consentono di tracciare i segnali inviati dalla costellazione **GPS** e da quella **GLONASS**, sono già predisposti per la ricezione dei segnali dalla costellazione **GALILEO** e **COMPASS** una volta che questi segnali

saranno noti, diffusi ed in quantità sufficiente ad un loro effettivo utilizzo, hanno i requisiti per consentire la dell'eventuale terza frequenza su costellazione GPS denominata **L5** ed il nuovo codice **L2C**. In tal modo i ricevitori utilizzati potranno adeguarsi a tutti gli sviluppi futuri garantendo l'attualità della rete anche in previsione di nuovi sviluppi tecnologici ed offrono una possibilità d'espansione futura fino a **72 canali** oltre **L2C**, **WAAS** ed **EGNOS**.



Il progetto della rete di stazioni permanenti GPS della Regione Calabria

Antenne Geodetiche Choke Ring

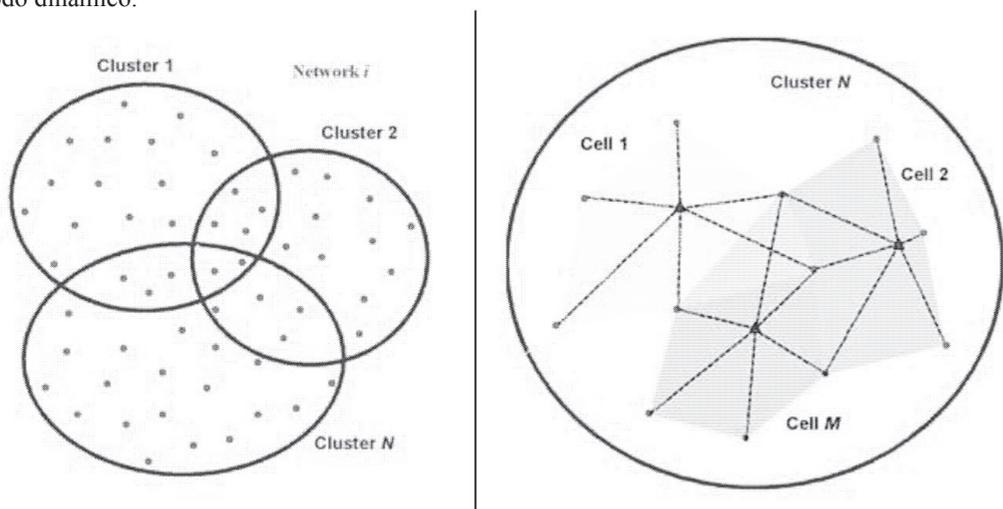
Essendo la rete di stazioni permanenti destinata ad un servizio pubblico, allo scopo di mantenere sempre un alto livello di qualità, sono state installate Antenne “Choke Ring con elemento Dorne Margolin” certificate da UNAVCO in grado di ricevere segnali da entrambe le Costellazioni GPS e Glonass.



Antenne geodetiche utilizzate per la rete di stazioni permanenti GPS della Regione Calabria

Omogeneità della rete

Il valore scientifico, l'efficienza nonché l'efficacia di una rete di stazioni permanenti si caratterizza soprattutto per la qualità del servizio costante ed omogeneo in tutta l'area interessata dal progetto stesso indipendentemente dalle condizioni operative e logistiche della rete stessa. Al successo di questo importante aspetto di omogeneità del servizio contribuiscono molti fattori, quali, ad esempio, la tecnologia adottata nell'eseguire le compensazioni di rete tipo **MAC** (Master Auxiliary Correction) che operano su intere aree (**CLUSTER**) con l'ottimizzazione delle celle interessate in modo dinamico.



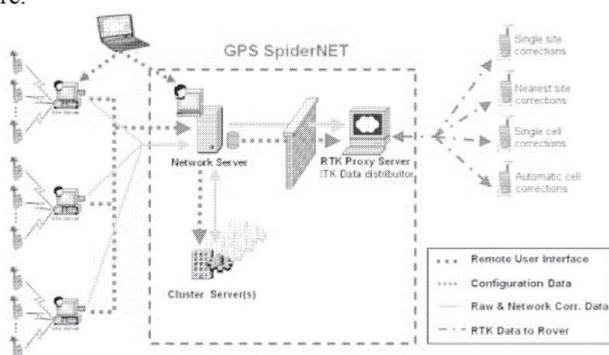
Networks, Clusters e Celle

Software per la gestione e il controllo della Rete

Il software di rete utilizzato, **Leica GPS Spider**, è stato progettato e sviluppato con le più recenti tecnologie ed è in grado di fornire le correzioni generate dalla rete stessa conforme ai nuovi standard internazionali (**RTCM 3.x**) recentemente introdotti dalla Commissione Internazionale **RTCM SC104** secondo la tecnica "**MAC**" – **Master Auxiliary Concept**.

L'adozione di questi standard garantisce che i servizi erogati all'utenza siano sempre conformi alle normative internazionali e predispone la Rete a qualunque sviluppo tecnologico futuro.

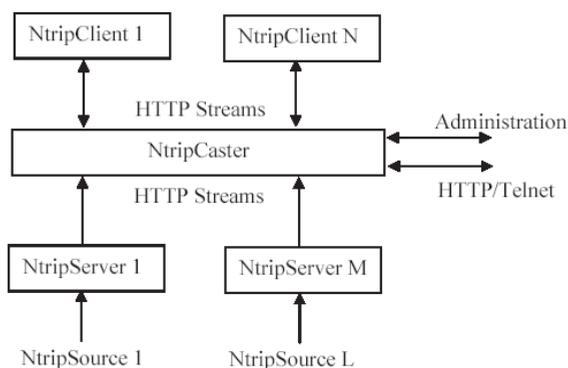
In ogni modo, in un contesto di utenti molto differenziati, appare importante la possibilità di erogare correzioni anche per utenti dotati di strumentazione più datata ed indipendentemente da marca e modello del ricevitore.



Architettura Leica GPS SpiderNet

Leica GPS Spider, completamente automatico, è in grado di gestire e controllare singolarmente ciascuna Stazione Permanente e l'intera rete nel suo complesso. Inoltre gestisce il flusso dati necessario alla generazione dei servizi proposti:

- Servizio di Post-Processamento mediante la distribuzione dei dati di ciascuna Stazione Permanente nel formato RINEX
- Servizio di posizionamento in tempo reale (RTK / DGPS) mediante la distribuzione dei dati di correzione nei formati standard RTCM via Internet (protocollo NTRIP)



NTRIP protocollo utilizzato per la distribuzione delle correzioni differenziali (IP, GSM, GPRS etc.)

Sistemi di trasmissione dati

Tutte le Stazioni Permanenti sono dotate di apposita connettività ADSL (protocollo TCP/IP). I centri di controllo, presso il Centro Cartografico Regionale di Lamezia Terme e la Protezione Civile in località Germaneto, sono interconnessi da un link dedicato. Il servizio di correzione differenziale viene erogato su internet (protocollo NTRIP) e su GSM.

Attivazione dei servizi

L'attivazione dei servizi è avvenuta secondo le fasi sotto riportate:

Attivazione e verifica del funzionamento degli SRT

Per ogni singolo SRT sono state effettuate le seguenti operazioni di verifica e controllo:

- Accensione e verifica delle funzionalità base del ricevitore
- Verifica di Zero-Base line mediante un ricevitore campione
- Ricezione prolungata per la verifica di eventuali anomalie di registrazione
- Test del gruppo di continuità in condizioni operative
- Test di connettività al CeCED

Determinazione delle coordinate delle SP

Per ciascuna SP sono state effettuate registrazioni per 24 h consecutive di dati in modo da determinare con software scientifico il primo valore utile delle coordinate di stazione al fine di effettuare il processo di avviamento dei moduli di calcolo e gestione della rete SWRT e SWDB.

Installazione e verifica del SWDB e SWRT

A seguito dell'installazione del software Leica GPS Spider e relativi moduli è stata verificata la connettività con ogni singola SP, la qualità della connettività stessa e, a seguito di queste, la corretta generazione dei files RINEX e del servizio di correzioni Real Time nelle varie modalità enunciate.

Contemporaneamente all'avviamento dei software di elaborazione e gestione della rete sono state controllate tutte le funzionalità di allarmistica, verificando la corretta generazione di messaggi in concomitanza con l'evento occorso.

Attivazione e verifica del funzionamento del Servizio 1 (PPDB)

Sono state verificate tutte le funzionalità del software Leica SpiderWEB ed in particolare la inizializzazione del data base dei file di correzione RINEX mediate la classificazione e la denominazione dei files secondo le specifiche IGS e parzializzazione temporale dei files memorizzati. Verifica degli accessi, della gestione utenti e scarico file dati via web.

E' stata inoltre effettuata una verifica di fruibilità dei dati scaricati

Attivazione e verifica del Servizio 2 (NRTK)

Sono state verificate le connessioni di ogni SP verso il centro di controllo e l'avviamento del software SWRT. Controllo della stabilità funzionale della rete nel tempo, test di utilizzo dei vari prodotti Real Time.

Inoltre sono state effettuate le seguenti operazioni di verifica e controllo come utenza (rover):

- Test di connettività al CeCED mediante accesso con Internet e GSM (accesso al SAT)
- Corretto utilizzo dei dati di correzioni ricevuti

Determinazione delle coordinate delle SP di precisione

Al fine di determinare ed attribuire le coordinate precise per ciascuna SP ed a completamento dell'attivazione del Servizio 1 (PPDB) e del Servizio 2 (NRTK), per ciascuna SP sono state effettuate registrazioni dati continue per 5 giorni al fine di poter elaborare con software scientifico (Bernese) i dati registrati e determinare così le coordinate definitive di stazione dopo opportuna compensazione in blocco della rete.

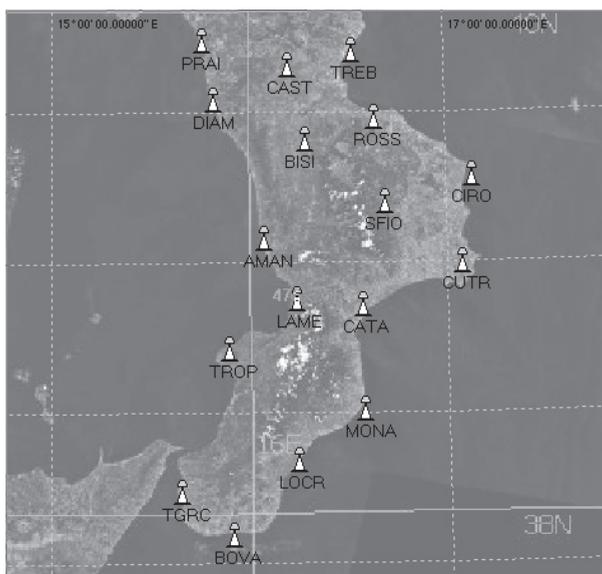
Geometria della rete

Le stazioni permanenti sono geometricamente disposte e interdistanziate per garantire i servizi per tutto il territorio regionale anche nel caso che una stazione sia momentaneamente fuori servizio.

Di seguito vengono riportati l'identificativo di ogni Stazione Permanente e la relativa collocazione sul territorio della Regione Calabria.

Identificativo	Collocazione
PRAI	Praia a Mare
CAST	Castrovillari
TREB	Trebisacce
DIAM	Diamante
ROSS	Rossano Calabro
BISI	Bisigano
AMAN	Amantea
SFIO	San Giovanni in Fiore
CIRO	Cirò Marina
LAME	Lamezia Terme
CATA	Catanzaro
CUTR	Cutro
TROP	Tropea
MONA	Monastarace
LOCR	Locri
TGRC	Reggio Calabria (ITG Righi)
BOVA	Bova Marina

Elenco delle 17 Stazioni Permanenti



La rete di Stazioni Permanenti

Considerazioni conclusive

La Regione Calabria attribuisce grande importanza alla realizzazione della rete che, da un lato, completa i servizi di posizionamento già attivati attraverso la realizzazione della rete pianoaltimetrica regionale di raffittimento a 7 Km della rete IGM e, dall'altro, mette a disposizione del Settore della Protezione Civile, in una regione con elevatissimi gradi di rischi naturali, sismico ed idrogeologico in primis, una ulteriore infrastruttura per la gestione delle emergenze.

Ma la valenza della rete delle stazioni GPS in Calabria è ancor più rilevante nel quadro delle realizzazioni intraprese dalla Regione per l'infrastrutturazione dei dati geografici. Il protocollo d'intesa con l'Agenzia del Territorio e l'accordo con l'Istituto Geografico Militare contemplano l'utilizzo dei dati di posizionamento nell'ambito delle attività di definizione di set di punti di interesse catastale in doppia coordinata e per le attività geodetiche proprie dell'IGM.

La Regione Calabria infine intende stipulare appositi accordi con le Università e con gli ordini professionali per le ulteriori possibili utilizzazioni sia in campo scientifico che applicativo.

Alcune installazioni



Lamezia Terme



Catanzaro



Troppa



Bisognano



Amantea

METADATI

Titolare dell'informazione

Regione Calabria - Centro Cartografico Regionale - Lamezia Terme
Regione Calabria – Settore Protezione Civile Regionale – Germaneto

Realizzazione

Leica Geosystems S.p.A.

Data di completamento

2008

Copertura territoriale

Intero territorio regionale

Formato dei dati

RINEX per il post-processamento
RTCM 3.xx o NTRIP per il real time

Modalità di distribuzione

Sul sito del Centro Cartografico Regionale www.regione.calabria.it verranno indicate le modalità di distribuzione

LA GESTIONE DEI DATI GEOSPAZIALI NELLE ORGANIZZAZIONI: ARCHIVIARE, CATALOGARE E CONDIVIDERE IN MODO EFFICIENTE E RAPIDO

Cristoforo ABBATTISTA, Nicola LUNANOVA

Planetek Italia Srl, Via Massaua 12, I-70123 Bari, Tel. 0809644200, fax 0809644299
e-mail: abbattista@planetek.it, lunanova@planetek.it

Riassunto

“Abbiamo un'immagine aggiornata della nostra area di interesse? Cosa abbiamo? Dove si trova fisicamente questo file? Di quand'è? E' affidabile? Possiamo condividerla con il Cliente? In quanto tempo può essere disponibile?”

Al giorno d'oggi le organizzazioni che operano nel mercato geospaziale si trovano quotidianamente a fare i conti con questi problemi. Aumenta la dimensione dei dataset che producono o acquistano, aumenta la quantità di dati utilizzata. Spesso questi dati, troppo ingombranti e pesanti per essere centralizzati o condivisi velocemente, devono al tempo stesso essere rapidamente disponibili per svolgere la propria funzione.

Si tratta in sostanza di venire a capo di problematiche associate al reperimento, descrizione, catalogazione dei dati, nonché alla loro condivisione con un'ampia varietà di applicazioni web e client desktop all'interno di un'organizzazione.

La soluzione proposta da ERDAS si chiama Apollo Image Manager (EAIM), ed è uno strumento software in grado di Rintracciare, Descrivere, Catalogare e Condividere dati geospaziali, nel rispetto degli standard OGC e ISO. In particolare i metadati di EAIM sono pubblicati nel formato standard ISO 19115 *Geographic Information Metadata*, garantendo così la piena compatibilità con quanto richiesto dal CNIPA per l'aggiornamento del Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT).

Abstract

Today, organizations have constant changes to their business environments and must produce and purchase large quantities of data. Often too large to be centrally stored or quickly shared, this data needs to be readily available. ERDAS Apollo Image Manager is a new solution for efficiently storing and quickly sharing imagery throughout the enterprise.

This comprehensive Open Geospatial Consortium and International Organization for Standardization (OGC/ISO) compliant solution helps solve many complex business problems associated with securely discovering, describing, cataloging and serving imagery to a variety of web and rich client applications. Specifically EAIM is also compliant with **standard ISO 19115 *Geographic Information Metadata***, satisfying thus completely the CNIPA requirements for the update of the Italian Spatial Data Inventory, Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali (RNDT).

Introduzione

Negli ultimi anni, grazie anche al successo di Internet, la scienza dell'informazione geografica è caratterizzata da almeno un paio di rilevanti fenomeni. Il primo riguarda un cambiamento di paradigma che, rispetto alla fornitura di sistemi monolitici chiusi su se stessi, prevede lo sviluppo di sistemi aperti e distribuiti; si va, quindi, verso lo sviluppo di Infrastrutture di Dati Spaziali. Il secondo riguarda la notevole quantità di dati archiviati e gestiti, dati che, se male o affatto organizzati, costituiscono semplicemente un fattore di costo, un patrimonio inutilizzato.

Una IDT è solitamente definita come "... un rilevante insieme di tecnologie, politiche, atti istituzionali, che facilitano la disponibilità e l'accesso a dati spaziali. La IDT fornisce le basi per l'individuazione dei dati spaziali, la loro valutazione ed il loro uso da parte di utenti [...] nei diversi livelli di governo, nel settore commerciale, nel settore no-profit, nell'accademia e da parte dei cittadini in generale." (GSDI Cookbook)

Una IDT ha quindi l'obiettivo fondamentale di sbloccare il potenziale del vasto patrimonio di dati geospaziali esistenti, integrandoli in un unico "database virtuale" e sviluppando su di essi servizi da offrire via Internet.

Il presente articolo introduce una innovativa soluzione, in grado di Rintracciare, Descrivere, Catalogare e Condividere dati geospaziali, in accordo con gli standard OGC/ISO e, in Italia, con i requisiti del CNIPA per il RNDT.

La nuova ERDAS

ERDAS Inc. nasce all'inizio del 2008, successivamente all'acquisizione da parte di Leica Geosystems Geospatial Imaging, delle società Acquis, ER Mapper e Ionic.

Grazie a queste acquisizioni ERDAS Inc. ha aggiunto alle consolidate soluzioni nel settore della produzione ed elaborazione delle immagini telerilevate da aereo e satellite, proprie di **Erda**s **Imagine** e *Erda*s *LPS* (Leica Photogrammetry Suite), nuove tecnologie e competenze nell'archiviazione, gestione e condivisione di dati geospaziali.

Oggi ERDAS offre soluzioni che consentono di trasformare i dati geospaziali in informazioni utili per attivare i processi decisionali all'interno di organizzazioni complesse, anche in mercati non tradizionali che possono trovare valore nell'uso dell'informazione geospaziale.

Incorporando all'interno dei propri prodotti gli standard di interoperabilità OGC ed ISO che consentono di gestire di tutto il ciclo di vita dei dati geospaziali, dalla produzione alla elaborazione, organizzazione, condivisione fino alla distribuzione, ERDAS garantisce l'utilizzo pieno dei dati in soluzioni web-based conformi al Web 2.0 ed integrate con ambienti desktop e mobile.

Le funzionalità di ERDAS Apollo Image Manager

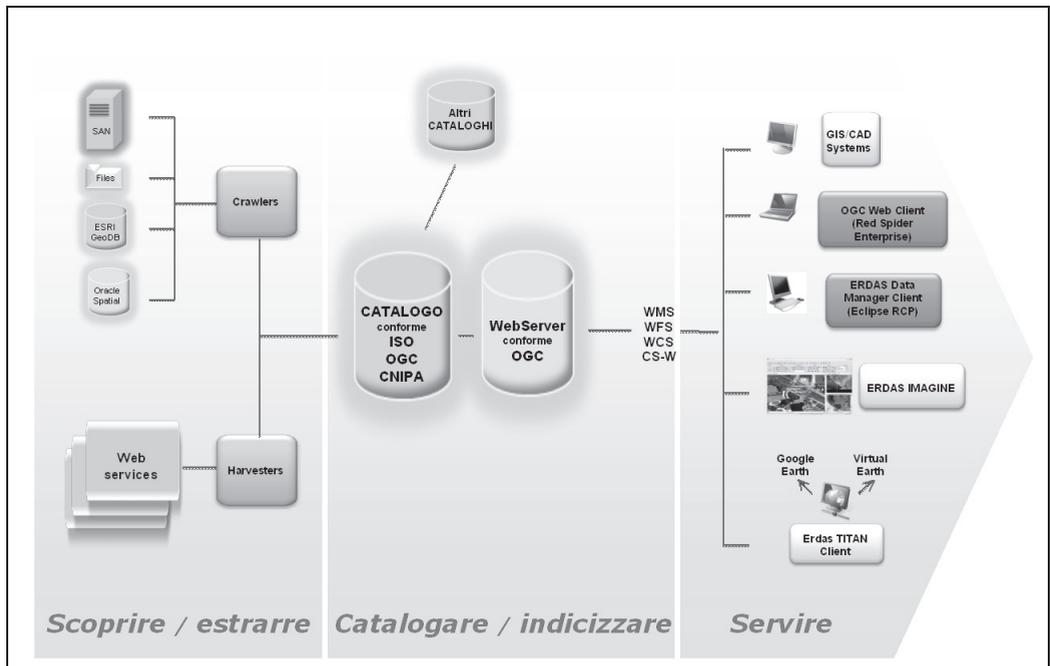
ERDAS Apollo Image Manager è una soluzione tecnologica, conforme agli standard OGC/ISO, che include una serie di strumenti efficienti e coordinati, che svolgono congiuntamente le funzioni relative al reperimento, alla indicizzazione e descrizione, catalogazione e condivisione delle immagini.

ERDAS Apollo Image Manager fornisce gli strumenti per:

- Scoprire attraverso data crawlers intelligenti, nella rete aziendale, immagini geografiche e webservices geografici;
- Estrarre con gli harvester le informazioni importanti dai dati e dai servizi rintracciati (metadati, caratteristiche del sensore, ecc.) in maniera automatica, garantendo un grande risparmio di tempo e la fedeltà delle informazioni reperite;
- Catalogare le immagini e i servizi web OGC trovati, indicizzandone i dati, ovunque essi si trovino all'interno dell'azienda, evitando perdite di tempo quando servono e consentendone l'uso immediato all'occorrenza;
- Servire i dati così organizzati, sia come sono che sotto forma di mosaici orto corretti, o di prodotti geografici a valore aggiunto, sia per applicazioni desktop (tutte quelle della suite ERDAS ovviamente, ed i software più diffusi per la gestione di informazioni geospaziali) che Web.

Le immagini sparse in un'organizzazione possono essere così rintracciate e gestite: i dati vengono catalogati in modo da essere sempre disponibili all'occorrenza. È possibile gestire diversi livelli di sicurezza sui dati, che possono essere diffusi in maniera efficiente grazie al protocollo ECW-P (noto per la velocità nella pubblicazione di immagini raster in formato ECW e JPG2000).

EAIM implementa gli standards OGC (WMS, WCS e CS-W), con le immagini che possono quindi essere servite a qualsiasi client web conforme agli standard OGC, o a Google Earth e Microsoft Virtual Earth. L'architettura del sistema, infine, è completamente scalabile per massimizzare l'efficacia dei processi e dell'allestimento hardware.



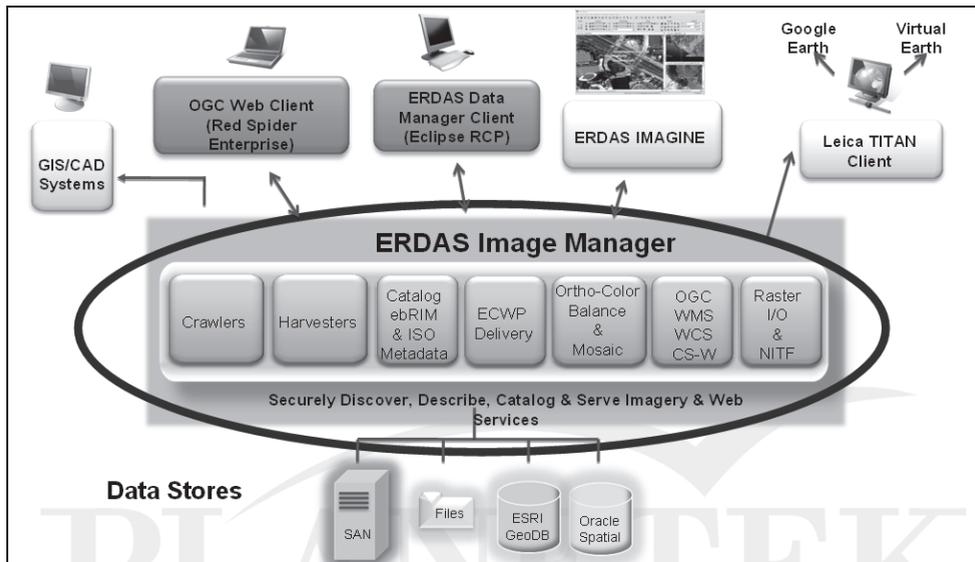
The screenshot displays the ERDAS APOLLO Image Manager web interface. At the top, the ERDAS logo and 'The Earth to Business Company' tagline are visible. The main header reads 'ERDAS APOLLO Image Manager' and includes a login section with 'Username:' and 'Password:' fields, and 'Login' and 'Help' buttons. Below the header, there are navigation tabs: 'Discover', 'Navigate', and 'Request Data'. A search sidebar on the left contains 'Search', 'Browse', and 'Layers' tabs. Under 'Search criteria', there are input fields for 'Keywords', 'Availability' (set to 'WMS'), 'Type' (set to 'Any'), and 'Spatial extent' (set to '11.80123263647946,40.8'). A 'Search' button is located at the bottom of the sidebar. The central area features a map of Europe with a search box showing 'X: 1.587', 'Y: 40.427', and 'Scale: 18458714'. The map includes various city labels and a search box. Below the map is a toolbar with navigation icons. The bottom section displays a list of search results with the following details:

Item	Title	Abstract	Access	Date	SRS	Extent
ROOT	EAIM 2009 Public Demo Catalog	EAIM 2009 Public Demo Catalog	WMS	Unspecified	EPSG:4326	-180, -150.984, 180, 90
blue_marble_NG_full_Res	Blue Marble NG Mosaic Summer 2006	Aggregate Next Generation Blue Marble Mosaic Summer 2006 in IMAGINE file format. Mosaic created with Mosaic Pro from the published scenes into one global coverage image.	WMS WCS	Unspecified	EPSG:4326	-180, -90, 180, 90
mosaic	Coverage File: mosaic.img	Coverage	WMS WCS	Unspecified	EPSG:4326	-180, -90, 180, 90

Architettura

Erda Image Manager include una serie di strumenti efficienti e coordinati, che svolgono congiuntamente le funzioni relative al reperimento, alla indicizzazione e descrizione, catalogazione e condivisione delle immagini:

- i **data crawlers**, attraverso la rete aziendale, rintracciano immagini geospaziali e webservice;
- gli **harvester** estraggono le informazioni importanti dai dati rintracciati (metadati, caratteristiche del sensore, ecc.) in maniera automatica, garantendo un grande risparmio di tempo e la fedeltà delle informazioni reperite;
- il **catalogo** delle immagini geospaziali e dei servizi web OGC (WMS, WCS e CS-W) indicizza i dati ovunque essi si trovino all'interno dell'azienda, evitando perdite di tempo quando servono e consentendone l'uso immediato all'occorrenza;
- i dati così organizzati possono quindi essere **condivisi**, anche sotto forma di mosaici orto corretti, o di prodotti geoinformativi a valore aggiunto, con le applicazioni desktop (tutte quelle della suite ERDAS ovviamente e la famiglia di prodotti ESRI) o con client Web.



Le caratteristiche

Veloce

Rende disponibili rapidamente grandi volumi di immagini ad utenti interni o esterni alla propria organizzazione, massimizzando al tempo stesso gli investimenti in termini di hardware e information technology. Grazie al protocollo ECW-P di distribuzione di immagini, migliaia di dati anche di grosse dimensioni possono essere rapidamente distribuite ad un vasto numero di utenti.

Sicuro

Garantire la sicurezza dei propri dati serve a valorizzare gli investimenti fatti per fornire le giuste informazioni, nel momento giusto ed alle persone giuste. Con ERDAS Apollo Image Manager l'amministratore di sistema può definire fino al minimo dettaglio i privilegi associati agli utenti interni ed esterni alla propria organizzazione.

Scalabile

Con l'aumentare del numero di utenti all'interno della propria organizzazione, aumentano anche le performance e la qualità dei servizi offerti da ERDAS Apollo Image Manager. Sviluppato in maniera da massimizzare i processi di business J2EE (Java Enterprise Edition) e l'hardware dei server, ERDAS Apollo Image Manager è in grado di risolvere i problemi di scalabilità che si incontrano normalmente all'interno di organizzazioni che lavorano con grossi volumi di dati geospaziali.

Flessibile

Gli utenti possono sviluppare applicazioni per mercati verticali mediante un application framework estensibile e completo. Grazie alla sua architettura aperta e conforme agli standard SOA, Leica Image Manager può essere ampliato per rispondere alle esigenze specifiche dei propri utenti.

Interoperabile

Qualsiasi client che supporti webservice conformi agli standard OGC WMS, WCS o CS-W può essere interfacciato con ERDAS Apollo Image Manager. In questo elenco rientrano ESRI ArcMap,

Intergraph GeoMedia, Google Earth, ed ovviamente la suite di prodotti Erdas Imagine, nonché Cart@net, l'applicazione WebGIS prodotta da Planetek Italia.

Intelligente

ERDAS Apollo Image Manager estrae automaticamente le informazioni più opportune e strategiche dai dataset e dai webservice, necessarie per supportare applicazioni geospaziali intelligenti e sistemi business-oriented. La capacità di effettuare ricerche e catalogazioni di dati accurate ed affidabili è basata sull'utilizzo di metadati a standard ISO, aperti ed interoperabili, senza i quali la modellazione spaziale e l'analisi non sarebbe realizzabile.

Accurato

ERDAS Apollo Image Manager preserva ed utilizza le informazioni accurate associate alle immagini, e le rende disponibili assieme a dati ortho-ready a client desktop geospaziali ed applicazioni web.

EAIM per l'aggiornamento del RNDT

Se è vero che le fondamenta per l'implementazione di una Infrastruttura per i Dati Spaziali (SDI, Spatial Data Infrastructure) sono costituite dalla creazione di un repertorio dei metadati, che consente di conoscere la disponibilità di dati territoriali per un determinato contesto territoriale, le organizzazioni che si confrontano con questa necessità devono spesso affrontare anche il problema della compilazione del catalogo stesso, che non può ovviamente essere fatta manualmente.

Da qui nasce l'esigenza di disporre di sistemi automatici di catalogazione dei dati, e di creazione dei relativi metadati in formati conformi alle normative vigenti.

In Italia il CNIPA, soggetto istituzionale che gestisce il Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali, ha messo a punto le linee guida per l'implementazione da parte delle Pubbliche Amministrazioni dello Standard ISO 19115:2003 "Geographic Information – Metadata", con le quali vengono definite le informazioni minime che i metadati associati ai dati spaziali devono fornire, ovvero il cosiddetto "Core Metadata".

Come già più volte sottolineato, le funzionalità di EAIM si ispirano completamente agli standard OGC, e pertanto il prodotto si candida naturalmente ad essere il fulcro di sistemi di catalogazione, reperimento e fornitura di dati spaziali per soggetti, istituzionali e privati, che hanno la necessità di gestire grandi data repository.

ERDAS Apollo Image Manager, essendo un prodotto totalmente configurabile, permette dunque di implementare da subito le suddette linee guida, consentendo a Comuni, Province, Regioni e ogni altro soggetto istituzionale che produce, detiene e distribuisce dati spaziali, di gestire in maniera sicura e agevole il proprio data repository.

Con EIM è possibile configurare in maniera dettagliata gli schemi XML che costituiscono i metadati, definendone le classi e i domini dei valori. I dati spaziali potranno quindi essere distribuiti, sempre mediante EIM, completi delle metainformazioni necessarie per un loro corretto impiego.

ERDAS TITAN: IL SOCIAL NETWORK DEI DATI GEOGRAFICI IN WEB 2.0

Cristoforo ABBATTISTA, Massimo ZOTTI, Pietro BLU GIANDONATO

Planetek Italia Srl, Via Massaua 12, I-70123 Bari, Tel. 0809644200, fax 0809644299
email: abbattista@planetek.it, zotti@planetek.it

Riassunto

Spesso la necessità di condividere le informazioni e comunicare o collaborare in tempo reale tra i partecipanti ad un network (es. enti governativi e non, data providers, associazioni e altri membri), può rivelarsi fondamentale per incrementare le speranze di successo di un'operazione o semplicemente l'efficacia nell'operato. Ciò è particolarmente vero in caso di emergenze: l'esperienza quotidiana degli operatori della protezione civile dimostra quanto sia difficile condividere rapidamente i dati. In caso di calamità naturali (inondazioni, frane o incendi) numerose organizzazioni umanitarie o entità specializzate hanno difficoltà a contribuire rapidamente alle **operazioni di gestione dell'emergenza**, per una serie di ragioni: l'assenza di repository centralizzate, l'impossibilità di condividere i dati per restrizioni sulle licenze, la mancanza di compatibilità tra le applicazioni o le informazioni condivise.

Per risolvere queste problematiche, sfruttando le enormi potenzialità offerte dal Web 2.0, è stato creato il TITAN Network di ERDAS, una soluzione innovativa e dinamica per condividere contenuti geospaziali in un unico ambiente, salvaguardando però la sicurezza delle informazioni.

Basato su un client gratuito, che consente di caricare dati geospaziali (immagini satellitari, foto aeree, oggetti 3D o modelli digitali del terreno, nonché shape file ed i più diffusi formati per la gestione di dati territoriali) il network TITAN consente immediatamente di condividere i propri dati con gli utenti connessi alla rete. La logica è quella delle applicazioni peer-to-peer, ma basata su un globo virtuale in 3D, in stile Google Earth, e garantendo l'integrità dei dati, che non vengono scambiati tra gli utenti ma solo condivisi utilizzando protocolli di comunicazione standard OGC.

Il Network di TITAN è aperto a chiunque, e mette a disposizione il **software gratuito** ed il Forum degli utenti, in lingua italiana, all'indirizzo <http://titan.planetek.it>. Planetek Italia ha dato vita alla prima comunità italiana di utenti TITAN per creare una grande comunità di professionisti e utilizzatori di dati geospaziali, nella quale è possibile non solo condividere direttamente i propri dati e reperirne di altri, ma soprattutto mettere a disposizione la propria esperienza nel settore e favorire la diffusione di informazioni geospaziali, delle quali sempre più se ne sente da un lato la necessità, e dall'altro se ne accusa la carenza.

Abstract

In case of emergencies, Government and non-government organizations (NGOs) need to effectively communicate, collaborate and share data. At the moment, as these organizations attempt to work together, their efforts are often complicated by licensing and data ownership restrictions. While federal relief agencies may download and share data without license restrictions, these benefits are not shared by other levels of the government or NGOs. Further complicating matters, no central repository for publicly shared data exists, and without centralized data sharing, agencies continue to operate independently, thereby inhibiting the possibilities of creating response solutions.

The ERDAS TITAN Network is the answer for this kind of needs. It is a dynamic online solution for sharing geospatial data, web services and location-based content in a single, secure environment. The ERDAS TITAN Network allows users to discover, visualize, access and retrieve data into a variety of desktop, Internet and 3D virtual globe applications. This 3D environment supports users and organizations that want to make their geospatial data available while retaining digital ownership rights.

ERDAS TITAN goes well beyond the capabilities of static 2D websites to offer powerful features for connecting and communicating to a network of worldwide geospatial users, and discovering, visualizing and ultimately consuming geospatial data and web services.

Users create a MyWorld — a geographically enabled personal space — where they can upload their data, set permissions, and share content with other network users. The Geospatial Instant Messenger application supports sharing and real-time communication among ERDAS TITAN Network participants, including government and commercial data providers, GIS data clearinghouses, city/county and state/federal agencies, and other members. Participants can access data published to the ERDAS TITAN Network from any OGC WMS compliant application or into various client applications including 3D virtual globes. Users can search for data and select which data they would like to visualize and retrieve.

Introduzione

Il Web 2.0 ha rapidamente rivoluzionato il panorama dei servizi internet, allo stesso modo quello dei dati spaziali non si è potuto sottrarre alle dirompenti innovazioni che ha portato questo nuovo paradigma informatico.

Il semplice scambio di dati e informazioni si sono evoluti nel cosiddetto “social networking”, e mentre già da diversi anni esistono soluzioni sia commerciali che libere per costruire sistemi di condivisione delle informazioni spaziali, in quest’ultimo periodo è venuta fuori in maniera pressante la necessità di condividere rapidamente dati, far convergere formati e piattaforme software differenti in situazioni di emergenza durante le quali sono esiziali tempi di risposta rapidi. Costruire dunque Social Networks geospaziali.

Obiettivi e Metodologia

ERDAS TITAN Network si pone come obiettivo proprio quello di mettere a disposizione una serie di strumenti che sappiano garantire:

- condivisione dei dati spaziali e location-based semplice, rapida e stabile, in standard aperti (OGC compliant);
- un sistema di scambio di informazioni in tempo reale (instant messaging);
- un ambiente di consultazione ed editing geospaziale condiviso, sempre in tempo reale.

Il sistema e le funzionalità

Il core del sistema ERDAS TITAN è costituito da un client che permette agli utenti di entrare in collaborazione con altri utenti e community sulla rete ERDAS TITAN, liberamente scaricabile da <http://titan.planetek.it/>. ERDAS TITAN Client comprende le seguenti due componenti.

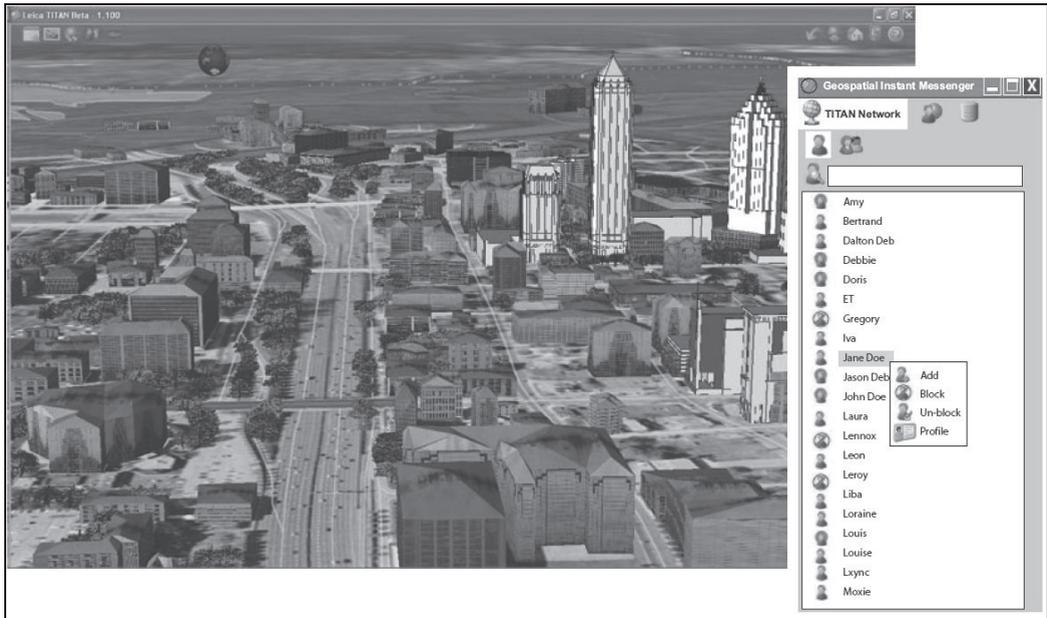
Il Viewer

Si tratta di un’applicazione gratuita basata sul web che consente ad una rete globale di utenti di visualizzare e condividere interattivamente i dati spaziali. Il visualizzatore 3D è caratterizzato da un mondo virtuale (stile Google Earth), e le immagini raster e il modello del terreno di base sono fornite in streaming dall’archivio GlobeXplorer situato negli USA.

Mediante il viewer gli utenti hanno la possibilità di aggiungere i dati (immagini, dati vettoriali) residenti localmente sulla propria macchina, così come i dati che gli altri utenti hanno condiviso sulla rete ERDAS TITAN.

Le funzionalità del viewer consentono sia la navigazione, molto intuitiva grazie a semplici ma completi strumenti di pan/zoom, sia la gestione dei layer caricati da locale o in remoto da utenti facenti parte della rete.

Il vero punto di forza del Viewer ERDAS TITAN è però la possibilità di condividere con altri utenti, in tempo reale, la propria vista di dati (**MyWorld**), come pure la creazione di oggetti vettoriali direttamente nella stessa vista (punti, linee e poligoni) esportabili in KML e condivisibili in maniera rapida e semplice sempre con altri utenti della rete.



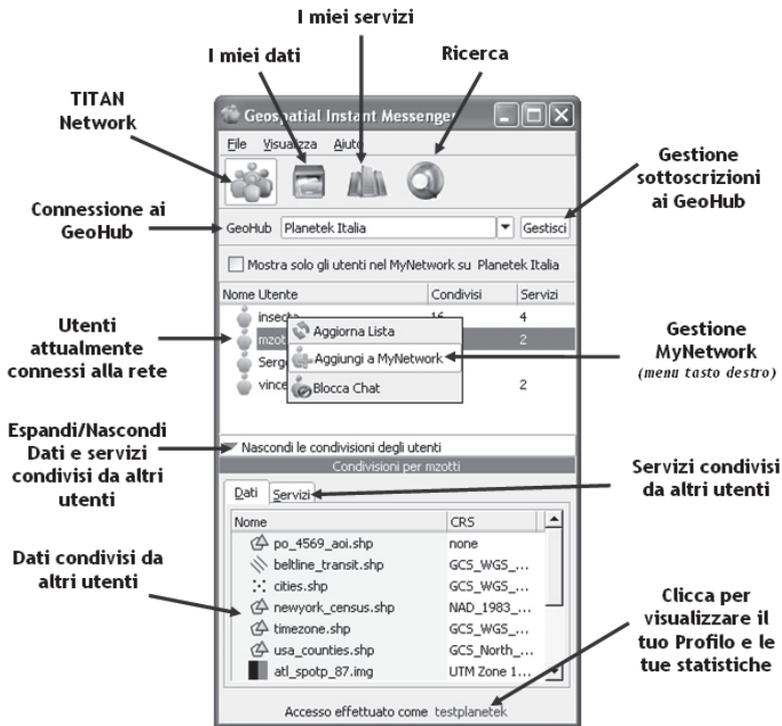
Il Geospatial Instant Messenger (GeoIM)

Il **GeoIM** implementa un protocollo di comunicazione che consente agli utenti all'interno della rete ERDAS TITAN di condividere, chattare, scoprire, accedere e recuperare dati geospaziali e servizi web.

Utilizzando questa interfaccia, ogni utente può condividere i propri dati trascinandoli con un semplice drag-and-drop nella cartella 'MyData', questi verranno poi pubblicati sulla Rete ERDAS TITAN. A questo punto gli altri utenti saranno in grado di reperire e accedere questi dati condivisi.

Sempre mediante il GeoIM, dati geospaziali e servizi web condivisi dagli altri utenti sulla rete ERDAS TITAN possono essere **fruits in una varietà di applicazioni cartografiche desktop**, basate su Internet e 3D. ERDAS TITAN fornisce i dati condivisi dall'utente che li ha messi a disposizione in streaming direttamente dal proprio computer.

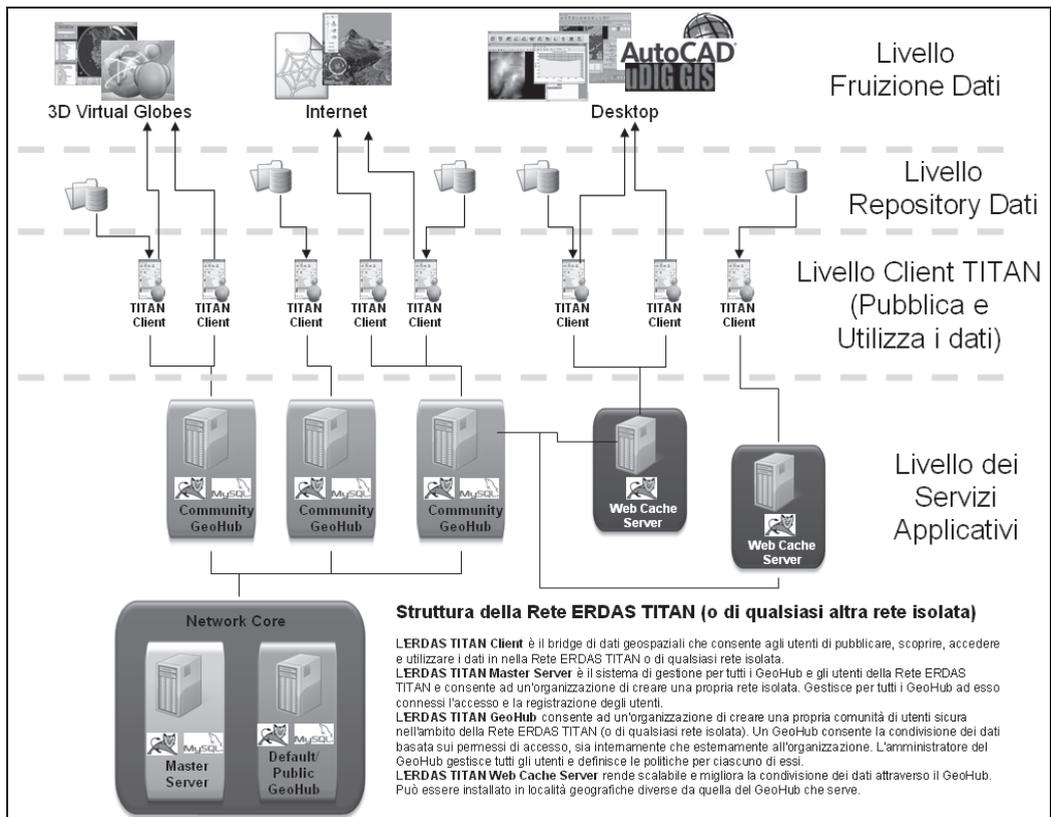
Per ogni dato pubblicato utilizzando il GeoIM inoltre viene creato automaticamente un **servizio Web Map Service (WMS) compatibile OGC**. Il servizio WMS è incorporato nel Client ERDAS TITAN e viene eseguito sulla macchina locale. I set di dati pubblicati possono quindi essere fruiti direttamente da qualsiasi applicazione desktop con la capacità di utilizzare un servizio WMS come ad esempio applicazioni web client OGC, Erdas Imagine, ArcMap, uDig, Quantum GIS, Manifold, GeoMedia, Autodesk, ecc.



Con il Client ERDAS TITAN, che ricordiamo è assolutamente freeware, è dunque possibile sia utilizzare i dati geospaziali condivisi da altri utenti in una moltitudine di modalità differenti, sia mettere a disposizione i propri dati in pochissimo tempo: una volta connessi alla rete ERDAS TITAN, con un semplice drag-and-drop si potranno pubblicare dati raster e vettoriali nei più svariati e diffusi formati.

Architettura

L'architettura sulla quale è basato ERDAS TITAN è una rete con topologia a stella, al centro della quale è collocato un GeoHub che gestisce il traffico di dati tra un client e l'altro. I client non "parlano" mai direttamente tra loro, ma tutte le comunicazioni, l'indicizzazione e la condivisione dei dati avviene attraverso server proxy sicuri chiamati **GeoHub**.



ERDAS TITAN è una suite di componenti indipendenti con specifiche funzionalità e obiettivi di impiego:

- ERDAS TITAN Client è l'applicativo liberamente scaricabile e utilizzabile con il quale è possibile entrare nella Rete ERDAS TITAN e condividere e fruire i dati geospaziali.
- ERDAS TITAN GeoHub garantisce le comunicazioni tra un client e l'altro e tiene traccia il traffico dati.
- ERDAS TITAN Master Server autentica gli accessi alla rete da parte dei client, gestisce gli account degli utenti.
- ERDAS TITAN Web Cache Server viene incontro a specifiche esigenze di caching di dati geospaziali per reti complesse e geograficamente ampie.

Conclusioni e Risultati

Mescolando il concetto di "network sociale" e quello di comunità di utenti, ERDAS TITAN risulta particolarmente interessante per un vasto uditorio di individui e organizzazioni che desiderano condividere dati, sia pubblicamente che in maniera privata.

I punti di forza nel condividere i dati spaziali con un sistema come ERDAS TITAN sono innegabili sotto molteplici aspetti:

- mantenere i propri dati in locale rendendoli accessibili in streaming
- non pagare soggetti terzi per servizi di hosting e publishing
- mantenere i diritti di titolarità sui dati condivisi

- gli autori di dati spaziali diventano fornitori di contenuti
- adottare una struttura non centralizzata, mantenendo i dati spaziali presso i rispettivi produttori e i distributori
- avere a disposizione un ambiente collaborativo in tempo reale, per fare editing condiviso e scambiare dati e ricostruzioni di scenari (MyWorld).

Un altro aspetto non trascurabile di ERDAS TITAN è quello relativo alla sicurezza nella condivisione delle informazioni, assolutamente fondamentale in applicazioni nel campo della protezione civile e della difesa. Grazie alla possibilità di impostare i permessi di accesso ai propri dati condivisi, è possibile costruire reti di client private, nelle quali i dati stessi sono assolutamente protetti da accessi non autorizzati.

Gli utilizzatori potenziali di ERDAS TITAN e i vantaggi che ne possono trarre possono essere riassunti come segue:

- **Soggetti istituzionali** (Agenzie, Regioni, Province, Comuni, ecc.), che hanno come mandato quello di generare e distribuire dati geospaziali e servizi web tra strutture interne e esternamente ad un pubblico più vasto, decentralizzando l'immagazzinamento dei dati.
- **Difesa e protezione civile**, per i quali fondamentale è la condivisione dei dati in maniera isolata, protetta e sicura.
- **Fornitori di dati e servizi geospaziali**, che generano e vendono dati e servizi a terzi. ERDAS TITAN costituisce una modalità alternativa di cessione dei dati e servizi, ad esempio per abbonamento.
- **Utenti generici**, che impiegano dati geospaziali e servizi web in una moltitudine di applicazioni.

Scaricando e installando ERDAS TITAN Client è possibile da subito creare un account sulla Rete ERDAS TITAN, gestita da ERDAS mediante un proprio Master Server e iscriversi ai diversi GeoHub ad esso collegati, tra i quali quello di Planetek Italia.

La società pugliese ha dato vita alla prima comunità italiana di utenti TITAN (<http://titan.planetek.it>) che già conta numerosi iscritti. L'obiettivo è stato quello di **creare una grande comunità di professionisti e utilizzatori di dati geospaziali**, nella quale è possibile non solo condividere direttamente i propri dati e reperirne di altri, ma soprattutto mettere a disposizione la propria esperienza nel settore e favorire la diffusione di informazioni geospaziali, delle quali sempre più se ne sente da un lato la necessità, e dall'altro se ne accusa la carenza.

IL LASER SCANNER PER LA VERIFICA DI IPOTESI GEOMETRICHE: APPLICAZIONE AD UN MONASTERO MUSULMANO A XANTHI

ADAMI (*), GUERRA (**), TSIUKAS (**), VERNIER (****)

(*) Politecnico di Milano, DIIAR, Piazza Leonardo da Vinci, 26 Milano, adami_a@tin.it

(**) Università IUAV di Venezia, CIRCE, Santa Croce 191, Venezia, guerra2@iuav.it

(***) Democritus University of Thrace, Dept. of Architectural Engineering, vtsiuka@arch.duth.fr

(****) Politecnico di Milano, DIIAR, Piazza Leonardo da Vinci, 26 Milano, vernier@iuav.it

Abstract

L'esperienza che viene presentata tratta il rilievo di un monastero musulmano sito nella prefettura di Xanthi nel nord-est della Grecia. Le operazioni di rilievo dovevano essere condotte in modo speditivo in quanto non vi era la possibilità di stazionare a lungo sul sito e neppure di ritornare. Per questo motivo si è scelto di utilizzare la tecnologia laser scanner così da acquisire grandi quantità di dati, sia geometrici che fotografici, in tempi contenuti. Contemporaneamente all'acquisizione delle nuvole di punti, si sono acquisiti anche i GCP per via topografica in modo da georeferenziare tutte le nuvole in un unico sistema di riferimento locale.

Nella fase di elaborazione dei dati, le nuvole di punti sono state utilizzate in due diversi modi. Il primo percorso, quello ormai tradizionale, ha visto innanzitutto il filtraggio dei dati e la successiva triangolazione dei punti per ottenere un modello 3d di superfici e le ortofoto dei prospetti laterali.

La particolare struttura del monastero ha però suggerito di utilizzare i dati laser scanner non solo nella creazione di un modello poligonale, costruito senza regole geometriche ben definite, ma anche per la realizzazione di un modello solido da realizzare come verifica delle ipotesi costruttive.

La genesi geometrica è infatti abbastanza chiara e soprattutto evidente. La forma interna del monastero può essere assimilata ad un ottagonone di base, sormontato da una cupola emisferica su pennacchi ottagonali. Le operazioni di modellazione, condotte a partire dalle nuvole di punti, hanno utilizzato la tecnica del best fitting per calcolare di volta in volta la miglior sfera interpolante da utilizzare nell'ipotesi geometrica. È stato così costruito un modello solido tridimensionale di tipo ideale da confrontare con quello poligonale derivante direttamente dai dati acquisiti.

Il confronto ha messo in evidenza, come era prevedibile, la non perfetta aderenza del modello geometrico ipotetico con il modello reale. Attraverso l'utilizzo di software progettati per il reverse engineering sono state infine evidenziate sia le aree di maggior aderenza tra i due modelli (reale e geometrico) sia quelle in cui la differenza è maggiore.

Abstract in inglese

This paper talks about the survey of a Muslim monastery in the prefecture of Xanthi in the north-east of Greece. In this particular case there was neither the possibility of coming back or to stay for a long time in the same place. For these reasons the survey has been done using a laser scanner in such a way to acquire a big amount of geometrical and radiometric data. At the same time, we acquired also the position of reflective targets by the use of a total station, in order to georeference all data in only one reference system.

In the first step the pointclouds have been processed in a "traditional" way: internal and external data processing and realization of a 3d model by mesh. In the second step the particular shape of the

monastery suggested to use the pointclouds like an instrument to verify some geometrical hypothesis. The building in fact is clearly composed by simple geometrical solid blended in different ways.

In particular we started from a geometric hypothesis concerning the inner structure of the monastery and we verified it using a best fit geometry. In this way the noise of the instrument in computed in the 3d shape extracted from the pointcloud.

At the end we obtained two model to compare: the first model, made of mesh, is strictly connected with reality and the second model which has been constructed using geometric rules verified by the pointcloud

Introduzione

Le nuvole di punti ottenute mediante scansioni laser rappresentano oggi uno strumento molto diffuso nella descrizione di un'architettura. La numerosità dei punti acquisiti permette infatti una descrizione quasi continua delle superfici contrapposta alla rappresentazione discreta che ha sempre caratterizzato la disciplina del rilievo. I metadati che distinguono ogni singola nuvola (primo tra tutti il colore) aggiungono ulteriori possibilità che portano ad una descrizione non solo geometrica dell'oggetto scansionato, ma anche materica. E' quindi possibile caratterizzare i modelli creati a partire dalle nuvole di punti con indicazioni riguardanti i materiali, le tessiture, lo stato di conservazione e tutti gli altri temi evidenti dall'accostamento geometria immagine. Anche per quanto riguarda gli aspetti logistici l'utilizzo del laser scanner ha permesso un notevole passo avanti, consentendo l'acquisizione veloce di numerosissime informazioni e demandando ad una seconda fase, in studio, l'elaborazione delle stesse.

Per tutti questi motivi il laser scanner viene utilizzato anche nei casi di "rilievo speditivo" in cui non c'è la possibilità di procedere con le metodologie tradizionali ed esiste tuttavia la necessità di acquisire il maggior numero di informazioni. Un esempio di tutto ciò è il rilievo di un monastero musulmano sito vicino alla città di Xanthi in Tracia (Grecia) realizzato in collaborazione con il prof V. Tsioukas della Democritos University of Thrace all'interno del IINTERREG IIIA/PHARE CBC "co-operation networks for the transfer of know-how in 3D digitization applications. La particolare geometria del monastero, appena riportato alla luce, ha destato l'interesse oltre che per le proprie caratteristiche stilistico-costruttive, per la riconoscibilità delle geometrie elementari che la compongono.

Il rilievo e i diversi utilizzi della nuvola di punti

Il rilievo del monastero, che è avvenuto in un arco di tempo limitato (circa 4 ore), è stato realizzato da 5 punti di scansione all'esterno e da 3 all'interno, per un totale di circa 27 milioni di punti.

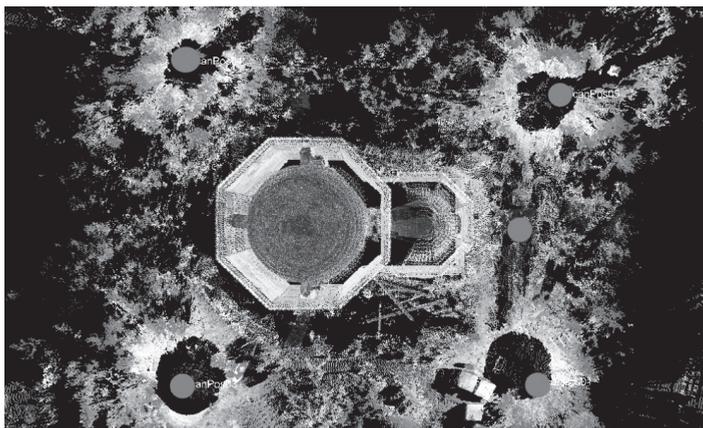


Figura 1: individuazione dei punti di scansione

Avendo utilizzato un Riegl LMS 390i sono stati acquisiti oltre ai punti anche i valori RGB per ogni singolo punto. L'appoggio topografico, di tipo tradizionale, è stato realizzato con lo scopo di georeferenziare le diverse nuvole utilizzando dei GCP.

La successiva elaborazione dei dati ha seguito, inizialmente, il classico percorso che prevede il trattamento esterno ed interno della nuvola di punti per arrivare poi ad un modello per superfici del monastero. Le scansioni, sia interne che esterne, sono state registrate nel sistema locale e successivamente sono state filtrate e decimate per costruire la mesh finale del monastero. Utilizzando la superficie costruita e le fotografie infine sono state realizzate le ortofoto degli esterni con le quali sono stati mappati i modelli.

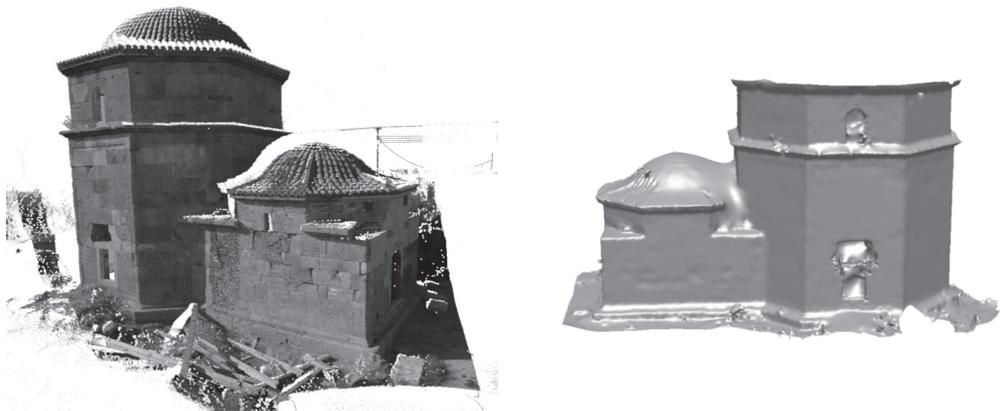


Figura 2: vista della nuvola iniziale (a) e del modello per superfici (b)

La particolare forma del monastero ha però suggerito un percorso diverso nell'utilizzo della nuvola di punti. Si è cercato infatti di utilizzare i punti acquisiti per verificare le ipotesi geometriche che sottintendono l'intero edificio.

Sono stati studiati prevalentemente due aspetti della geometria: la forma e la misura. Il primo, la forma, per individuare le primitive geometriche e le relazioni che intercorrono tra di esse per arrivare all'edificio studiato, facendo riferimento alle operazioni classiche dell'algebra booleana. Il secondo aspetto considerato è quello della misura, necessario per passare da un modello ideale ad un modello fisico, reale.

La numerosità dei punti e la loro disposizione tridimensionale nello spazio hanno permesso di applicare le suddette analisi con un procedimento insolito rispetto alle applicazioni tridimensionali. Non è presente infatti la suddivisione classica che piante e alzati, ma ogni osservazione è condotta direttamente nello spazio 3d in cui le primitive geometriche non sono più cerchi, quadrati o triangoli, ma direttamente cubi, sfere e parallelepipedi.

Il monastero esternamente può essere suddiviso in due parti: la principale costituita da un parallelepipedo a 8 lati con copertura smussata, mentre la parte secondaria è costituita da un parallelepipedo a base quadrato sovrastato dalla medesima copertura. Lo spazio interno invece può essere schematizzato come un parallelepipedo sempre a base ottagonale sovrastato da una cupola semisferica su pennacchi.

La verifica delle ipotesi geometriche è condotta a partire dalla nuvola 3d in due diverse modalità: o attraverso l'estrazione di profili orizzontali e verticali da confrontare con le ipotesi fatte (ottagono di base del volume principale) oppure attraverso geometrie "best-fit" estratte direttamente dalle nuvole. Software di reverse engineering come RapidForm e Geomagic, permettono di estrarre le migliori geometrie interpolanti e danno anche indicazioni sull'aderenza della geometria virtuale con quella reale evidenziando la differenze tra le due geometrie.

La verifica delle ipotesi geometriche

La prima ipotesi geometrica da verificare è relativa alla forma ottagonale del volume principale. Per fare ciò sono state estratte numerose sezioni orizzontali del monastero a diverse altezze. Dopo aver individuato la sezione tipo, si è costruito il poligono regolare a otto lati che meglio interpola i dati estratti dalla nuvola. Dal confronto tra la geometria ideale e la geometria estratta dalle sezioni si notano alcune difformità che sono però abbastanza contenute (comunque entro 5 cm).

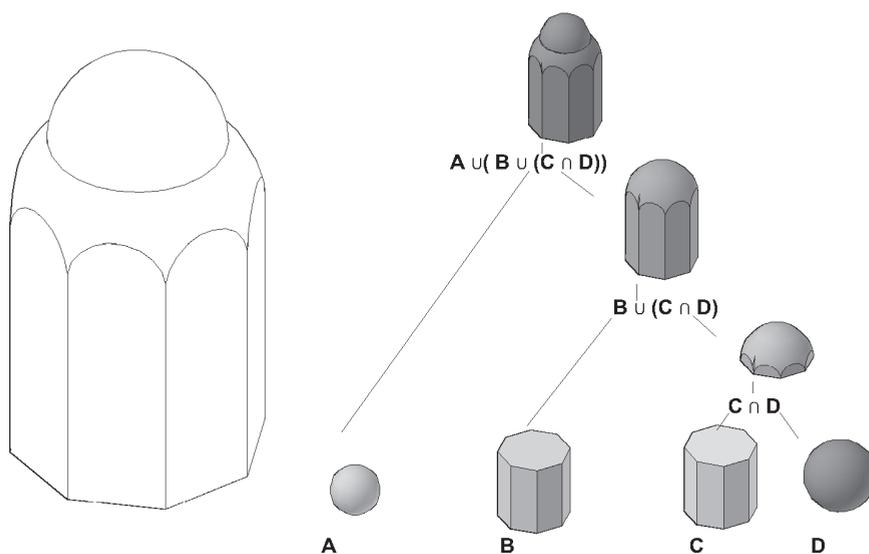


Figura 3: schema geometrico dello spazio interno (rappresentazione secondo un albero CSG)

Risulta sicuramente più interessante svolgere la verifica sugli spazi interni del Monastero. Come spesso avviene, l'interno viene considerato come un volume da sottrarre all'involucro generale. Così lo schema geometrico può essere ricondotto alla composizione di diverse primitive geometriche solide come sfere e parallelepipedi. La combinazione di due parallelepipedi a base ottagonale e di due sfere dà luogo alla forma della grande sala interna, e ciò risulta evidente quando si applica una rappresentazione tipica della computer grafica, ossia l'albero CSG, in cui si trovano alla radice (dell'albero rovesciato) la forma finale e in successione tutti le forme precedenti che lo compongono con indicazione delle operazioni dell'algebra booleana applicate.

Il passo successivo al riconoscimento delle forme geometriche che compongono lo "spazio" consiste nel passaggio dal caso ideale al caso reale, accostando ad ogni solido geometrico la misura e la posizione nello spazio derivante dalla nuvola di punti. Si possono così studiare le proporzioni della forma finale, ma soprattutto quali sono le relazioni precise tra i solidi.

Attraverso i software Rapidform e Geomagic è possibile calcolare a partire da una nuvola di punti o da una selezione parziale i migliori solidi interpolanti ottenendo anche un'indicazione della deviazione tra il solido calcolato e la scansione. Anche se non è particolarmente evidente l'operazione di best-fit risulta particolarmente efficace anche perché tiene in considerazione il rumore tipico di ogni laser scanner, andando a mediare lo spessore della nuvola di punti in una sola geometria. In questo modo si sono ottenuti tutti i solidi necessari a ricreare lo spazio interno e la loro posizione. Si è proceduto quindi alla composizione della forma finale attraverso le operazioni booleane di unione ed intersezione rappresentato nell'albero CSG.

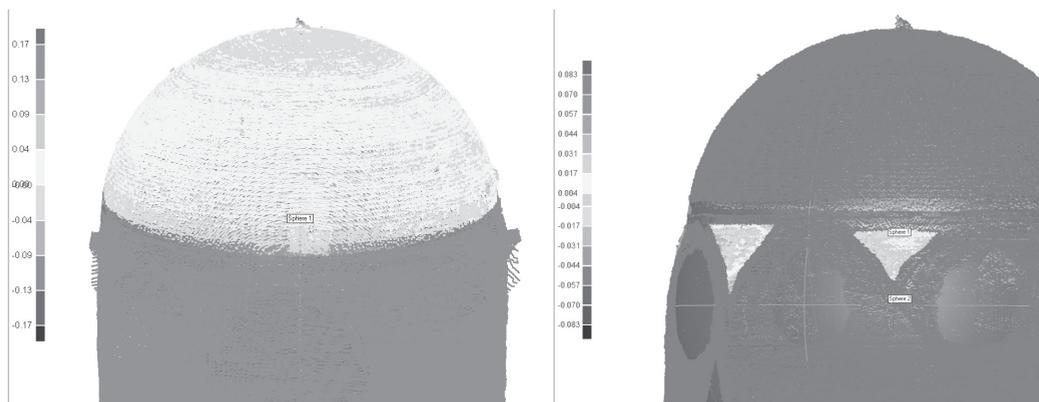


Figura 4: nuvola di punti interna e sfere interpolanti: cupola principale (a) e pennacchi sferici(b)

Attraverso gli stessi metodi di verifica applicati alle altre parti del solido sia interne che esterne si è costruito un modello solido basato però su regole geometriche e non derivante esclusivamente dalla triangolazione della nuvola iniziale.

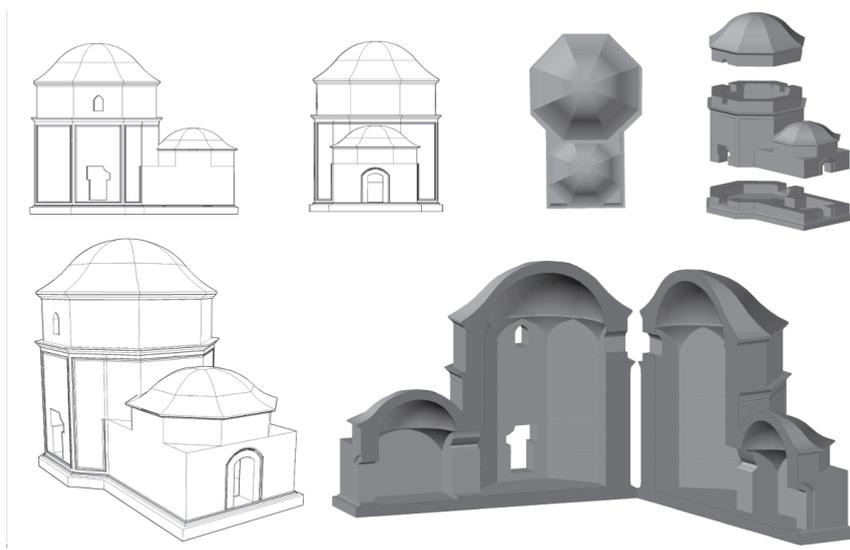


Figura 5: viste del modello solido derivante dalla costruzione geometrica

L'ultimo passo della verifica geometrica è il confronto tra i modelli realizzati per due strade differenti. I software già utilizzati per il calcolo delle superfici interpolanti permettono inoltre il confronto tra diversi modelli. È stata così effettuata un comparazione tra i due modelli evidenziando attraverso una scala colorimetrica le deviazioni tra il modello geometrico e la mesh triangolare. Dalle immagini risulta evidente come le deviazioni più significative siano presenti esclusivamente nelle zone di maggior dettaglio come ad esempio le modanature poste nelle zone più alte del monumento. È necessario però tenere in considerazione sia gli effetti della vegetazione infestante sul manufatto, sia la mancanza di dati in alcune zone (la parte tra le due modanature più alte) che provoca l'interpolazione nel modello per mesh. La scala colorimetrica allegata al modello oltre a porre in relazione il colore con la deviazione tra i due modelli evidenzia come la deviazione media tra i due modelli sia attorno ai 4 cm.

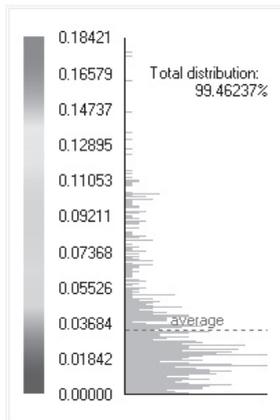


Figura 6: confronto tra il modello per mesh e il modello geometrico

Conclusioni

In questa applicazione si è cercato di dimostrare un ulteriore utilizzo della nuvola di punti non solo per la rappresentazione di un'architettura, ma soprattutto per una migliore comprensione dei manufatti. Questa ricerca ha messo in evidenza, ancora una volta, come non sia presente sul mercato un software di gestione dati laser, pensato per l'architettura in cui oltre alle tradizionali geometrie, sia possibile calcolare elementi più complessi sempre con il principio del best fitting.

Bibliografia

- Adami A., Guerra F., Vernier P.,(2007) “*Laser scanner and architectural accuracy text*” in Proceeding of CIPA 2007 XXI International Symposium "Anticipating the future of the cultural past" Atene;
- Balletti C., Guerra F., Pillon M., Sartorelli L.,(2007) “*The Grumentum's Arena: measure, geometry and shape*” in Proceeding of CIPA 2007 XXI International Symposium "Anticipating the future of the cultural past" Atene;
- Bitelli G., (2002)“*Rilievo di beni architettonici*”, in Atti della 6^o Conferenza Nazionale ASITA Geomatica per l'ambiente, il territorio e il patrimonio culturale, Perugia;
- Bonora V., Spanò A.,(2004) “*Strutture voltate: rilievo laser scanning e modellazione delle geometrie*” in Atti del Workshop E-ArCom “Tecnologie per comunicare l'architettura” CLUA edizioni Ancona, Ancona;
- Giordano A. (1999) “*Cupole, volte e altre superfici. La genesi e la forma*”. UTET, Torino;

UN SISTEMA WEBGIS PER LA PROMOZIONE DEL TURISMO

Sergio ADDARIO

Libero professionista, Via F. Baracca n.157 – 85100 Potenza, tel/fax 0971473400,
cell 3476117317, mail ddaser@alice.it

Riassunto

Il Sistema Informativo Geografico, finalizzato alla promozione del turismo in Basilicata, è stato realizzato per conto di DOC Archiviazione Documentale di Potenza su piattaforma *Web*. Essendo indirizzato ad una utenza disparata, l'interfaccia grafica si presenta semplice ed intuitiva, semplificata in contenuti tecnici. La scelta di *softwares open source* ha consentito di evitare investimenti e di realizzare un prodotto personalizzato in virtù del codice aperto. Sono stati utilizzati *Mapserver*, su *server Apache*, per la gestione delle mappe e *p.mapper* per l'interfaccia utente, che utilizza il codice di *Mapserver* per la gestione dei dati cartografici ed è gestito con linguaggi *php* e *javascript*. Tale *WebGIS* è stato progettato in modo interattivo per gestire dinamicamente le informazioni tramite la multimedialità. E' possibile interrogare mappe, gestire dati cartografici, visualizzare schede descrittive, fotografie, filmati con sottofondo musicale. L'attenzione è stata posta su alcuni beni artistici presenti in Basilicata, in particolare quelli del Comune di Pignola (PZ) attraverso un percorso dove è possibile visitare dei portali storici e alcune chiese. Sono stati fotografati gli interni delle chiese con tecniche ed attrezzature che consentono una esplorazione con realtà virtuale a 360° con tecnologia *QuickTime VR*. L'auspicio è di aver creato uno strumento completo e di facile utilizzo e che le potenzialità offerte dal *Web* vengano utilizzate in modo crescente e ulteriormente sviluppate in futuro.

Abstract

The Geographical Information System, aimed at promoting tourism in Basilicata, was carried out on behalf of DOC Archiviazione Documentale of Potenza on Web platform. Being addressed to a disparate user, the graphical interface is simple and intuitive, simplified in technical contents. The choice of open source software has made it possible to avoid investment and achieve a personalized product under open code. Mapserver has been used on Apache server, for the management of maps and p.mapper for the template, which uses the Mapserver code for the management of cartographic data and is managed with php and javascript languages. This WebGIS has been designed interactively to manage dynamically the information through multimedia. It's possible interrogate maps, manage mapping data, view descriptive sheets, photographs, movies with background music. Emphasis is placed on some artistic goods in Basilicata, in particular those of the city of Pignola (PZ) through a path where you can visit historical portals and some churches. The interiors of churches have been photographed with techniques and equipment that allow a virtual reality exploration to 360° with QuickTime VR technology. The hope is that it is been created a complete and easy tool to be used and that the Web possibilities are increasingly used and further developed in the future.

Percorsi turistici della Basilicata

La pagina *Web* (Fig.1) è strutturata con pulsanti di navigazione e menu a tendina; i *layers*, raggruppati in categorie, consentono un rapido accesso alle informazioni. In particolare (Fig.2) è possibile visualizzare il *layer* "Basilicata I" appartenente alla categoria dei *TIN* (*Triangulated*

Irregular Network) denominati “Basilicata 3D” e il *layer* “Chiese” che evidenzia i territori comunali con presenza di tale bene artistico; con il pulsante Identifica si può interrogare il *database* associato ai dati spaziali. Sulla sinistra è presente una barra per eseguire uno zoom dinamico sulla mappa.



Figura 1 – Vista generale con i pulsanti di navigazione e a destra l’elenco dei layers

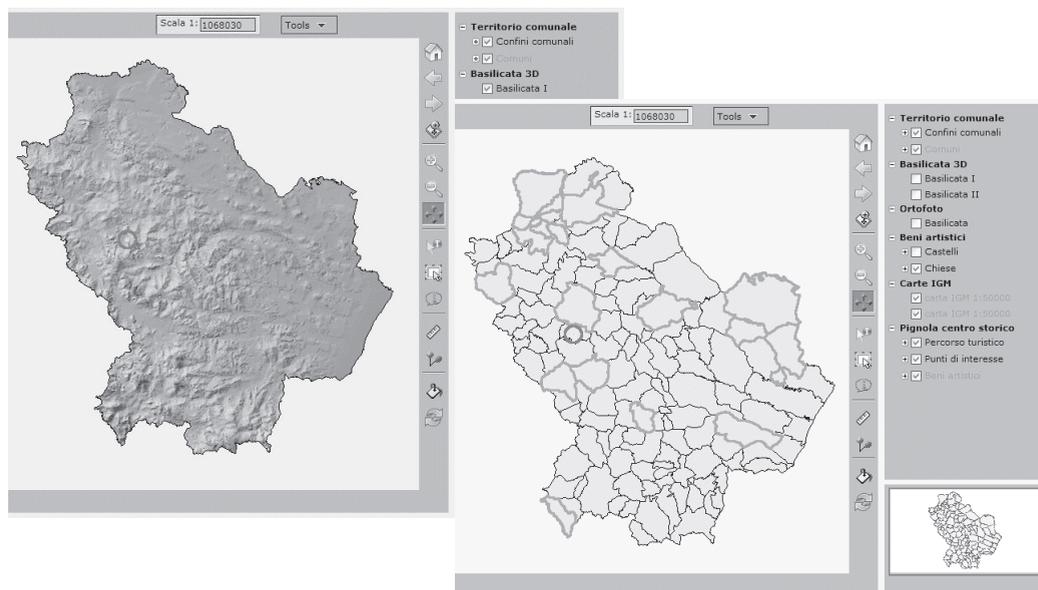


Figura 2 – Visualizzazione di un TIN e della presenza di chiese

Le Query

Tramite il menu a tendina è possibile fare una ricerca (*query*) per toponimi nel *database* associato ai dati spaziali; in Fig.3 è visibile il risultato della ricerca del bene artistico “chiesa” che evidenzia,

analogamente al *layer* “Chiese” (Fig.2), uno strato informativo di tipo spaziale ed in questo caso anche il corrispondente *database*; è inoltre possibile fare una ricerca avanzata nei campi Comune e Bene artistico, per individuare la eventuale presenza di tale bene nel comune considerato.



Figura 3 – Query sui beni artistici

E' anche possibile fare una *Query* per Comune (Fig.4) e visualizzare la corrispondente ortofoto; in basso a destra una mappa di riferimento indica la posizione geografica della generica immagine georeferenziata (mappa, fotografia, disegno) visibile nel riquadro della pagina *Web*. In alto è riportato il valore della scala di visualizzazione, che può essere impostato anche numericamente.

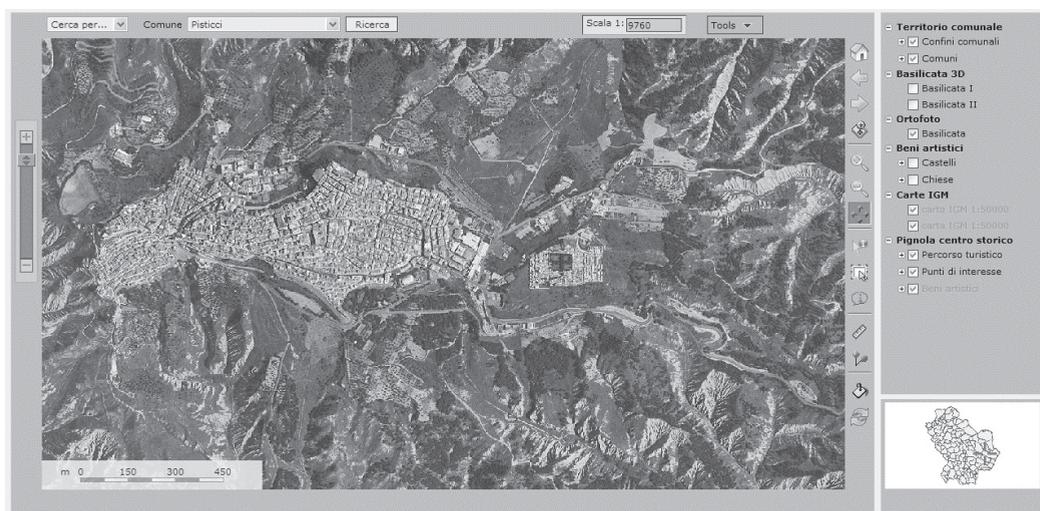


Figura 4 – Query sul Comune di Pisticci e visualizzazione della ortofoto

Le carte IGM

Le carte IGM in scala 1:50000 sono visibili (Fig.5) accendendo il corrispondente *layer*, attivabile a partire da una determinata scala di visualizzazione per garantire una significativa lettura della mappa. Ad ingrandimenti superiori compaiono automaticamente le carte IGM in scala 1:25000.

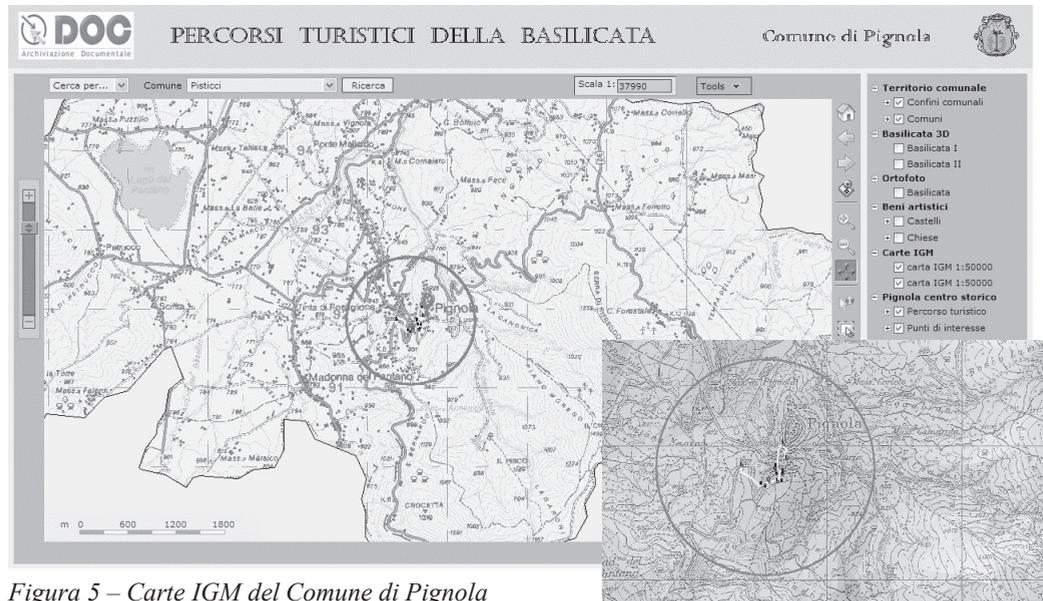


Figura 5 – Carte IGM del Comune di Pignola

Cliccando sulla stemma del Comune di Pignola in alto a destra si attiva un breve filmato con sottofondo musicale che mostra un *DTM (Digital Terrain Model)* del centro storico di tale Comune sul quale è stata sovrapposta una ortofoto con georeferenziazione per punti.



Figura 6 – Modello 3D del Comune di Pignola

Le schede e il tour virtuale

Nel centro storico del Comune di Pignola è visibile il percorso turistico segnato in giallo (Fig.7) dove le icone rappresentano dei portali e alcune chiese. Il campo "scheda" del database contiene i *links* per visualizzare le schede dei beni artistici. Queste sono pagine *html* contenenti fotografie, disegni, descrizioni, scritte dinamiche e sono accompagnate da un sottofondo musicale. La pianta della Chiesa Madre evidenzia dei cerchi rossi che rappresentano dei *links* per effettuare in diverse zone una esplorazione con realtà virtuale a 360° con tecnologia *QuickTime VR (Virtual Reality)*.

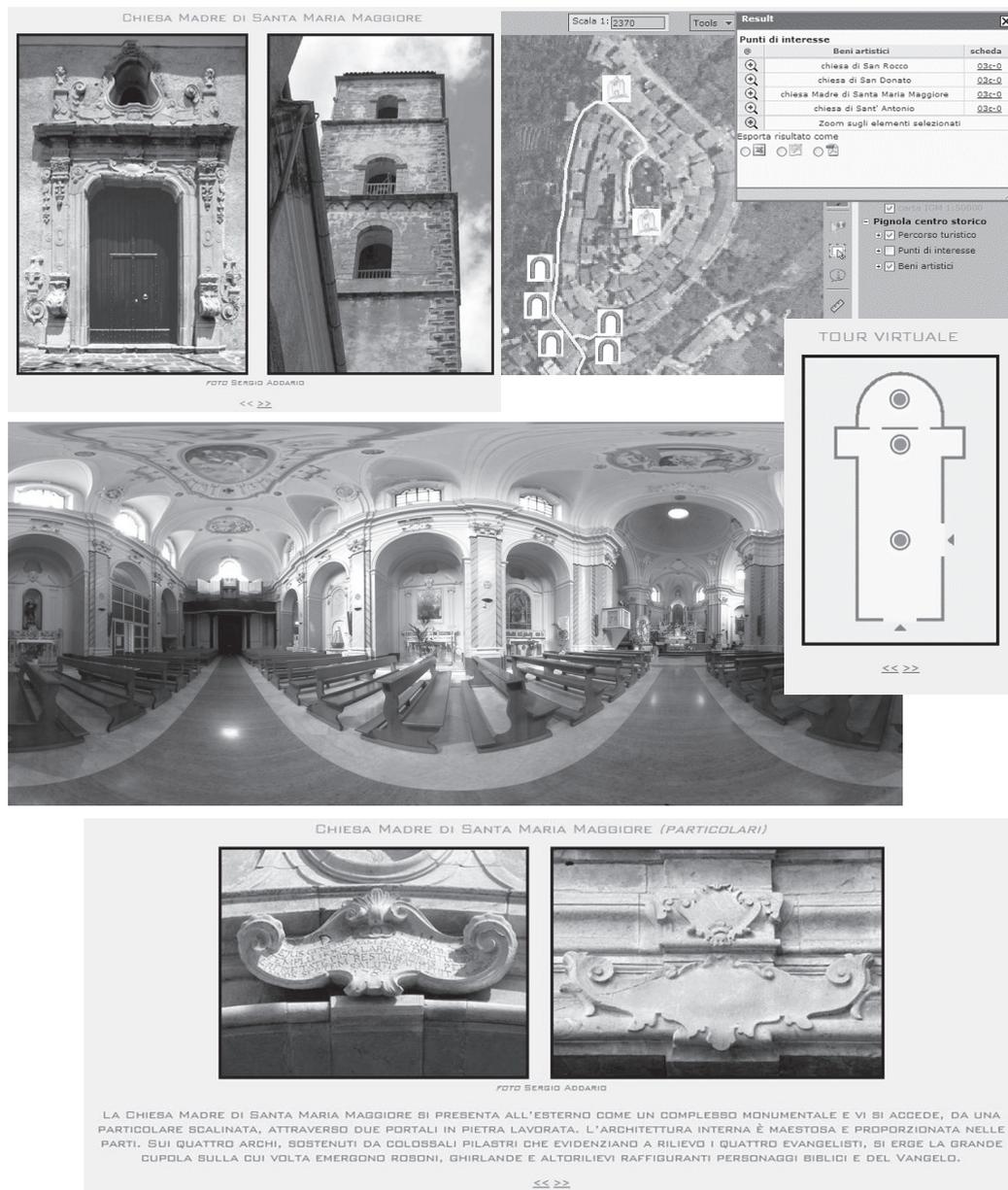


Figura 7 – Le schede dei beni artistici e il tour virtuale



Figura 8 – Esplorazione a 360°

L'utente, tramite il mouse può muoversi all'interno a 360° (Fig.8) e con l'ausilio dei pulsanti in basso può ingrandire, ridurre, ruotare l'immagine.

Conclusioni

Lo strumento informatico realizzato è stato progettato per utilizzare tutte le potenzialità multimediali offerte dal PC al fine di ottenere informazioni più complete possibili supportate da tabelle, disegni, mappe, fotografie, filmati, musica. La piattaforma Web presenta delle grandi potenzialità per la facilità e velocità di consultazione da parte di un gran numero di utenti. Questo lavoro, piuttosto variegato, è stato interamente realizzato dall'autore con l'entusiasmo di affrontare la problematica da tutti i punti di vista.

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
- Braglia E., Braglia R., Galassi S., Giulietti L., "Web GIS Un Portale al servizio del Cittadino", *Consorzio Intercomunale Servizi C.I.S.*
- Fiorentini G., "Progetto SUT: un sistema di banche dati (geografiche) distribuite per il marketing territoriale delle aree produttive", *ESALAB*, Consorzio Quadratech
- Lorenzetti W., Scarselli D., Venturato E., Cavallini P., "p.mapper Un front-end dinamico per MapServer", *MondoGIS 55* luglio/agosto 2006
- Magni D., *Introduzione a MapServer*, Polismaker
- Renso C., "WEB & GIS Master in Sistemi Informativi Territoriali", *ISTI-CNR*
- Menegon S., "Introduzione alle infrastrutture WebGIS Open Source", *Mpa Solution*, <http://www.mpasol.it/>
- Negretti M., "MapServer", *Politecnico di Milano*, Polo Regionale di Como, <http://geomatica.como.polimi.it>
- Rotondo F., "Tecniche e strumenti per la pianificazione collaborativi: i Web Gis", *Dipartimento di Architettura e Urbanistica*, Politecnico di Bari
- Zatelli P., "WebGis", *Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale*, Università degli Studi di Trento

TRACCIAMENTO PER IL CONSOLIDAMENTO STATICO DELLA CAPPELLA GUARINI

E. AGOSTO (*), A. BIASION (*), A. LINGUA (**)

(*) Soluzioni Innovative per il Rilevamento S.r.l.
C.so Castelfidardo 30/A, 10129 Torino

(**) Dipartimento di Ingegneria del territorio, dell'ambiente e delle geotecnologie, Politecnico di Torino
C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino
e-mail: eros.agosto@sir.to.it, andrea.biasion@sir.to.it, andrea.lingua@polito.it

Riassunto

L'incendio dell' 11 e il 12 aprile 1997 danneggia profondamente la Cappella Guarini a Torino ove è custodita la SS. Sindone. Inizia una delicata opera di studio, e restauro. Nell'ambito dei lavori di consolidamento statico, si presenta la necessità di posizionare due catene che, passando sotto il pavimento della cappella, colleghino la zona del cortile del palazzo Reale con l'interno del Duomo. SIR s.r.l., società spin-off del Politecnico di Torino, viene incaricata di effettuare il tracciamento per la perforazione degli alloggiamenti dei due fori. Le criticità del lavoro sono legate al contesto di cantiere nel quale si colloca, e alla preziosità degli elementi che un errore di esecuzione potrebbe portare a danneggiare.

Dato di partenza è l'indicazione dei punti di innesto e uscita desiderati dei due fori. Il progetto di massima dei fori, realizzato a partire da piante in possesso della Soprintendenza, deve essere geometricamente verificato prima del tracciamento definitivo. SIR provvede al rilievo di una rete di inquadramento al fine di materializzare un affidabile sistema di riferimento; determina mediante intersezione in avanti le posizioni piano altimetriche dei punti di sbocco dei fori, oltre che l'ambiente dello scurolo, nella zona retro absidale del duomo sottostante la cappella, ed il piano della cappella stessa. Con questi dati vengono calcolate le coordinate di tracciamento dell'asse dei fori sul piano del pavimento dello scurolo e vengono riportate quindi sul soffitto dello stesso, oltre che sul pavimento della cappella, valutando il franco dell'asse del foro rispetto all'intradosso del soffitto e piano pavimento. Il lavoro condotto concorre alla corretta realizzazione dei due fori senza arrecare danni al contesto di pregio nel quale si innesta.

Abstract

In 1997 a fire deeply damages Guarini Chapel, where the Holy Shroud is kept, in Turin. A complex study work starts and during the static consolidation works, SIR is in charge of tracing two holes under the Chapel floor. The work has many criticisms due to the fact the Chapel is a working area and the precious context of the drilling. SIR creates and surveys a reference and a tracing network, in order to check the drilling plan and trace the axis of the holes, both on the Chapel floor and the Scurolo floor and ceiling. The applied methodology helps in a correct drilling of the holes.

Introduzione

L'incendio dell' 11 e il 12 aprile 1997 danneggia profondamente la Cappella Guarini a Torino ove è custodita la SS. Sindone. Inizia una delicata opera di studio, e restauro coordinato dalla Soprintendenza piemontese. Nell'ambito dei lavori di consolidamento statico, progettati dalla ditta Sintecna s.r.l. e realizzati dalla ditta Cingoli s.r.l., si presenta la necessità di posizionare due catene che, passando nella soletta sotto il pavimento della cappella, colleghino la zona del cortile del

Palazzo Reale con l'interno del Duomo. La Soluzioni Innovative per il Rilevamento s.r.l. (SIR), società spin-off del Politecnico di Torino, viene incaricata di effettuare il tracciamento per la perforazione degli alloggiamenti dei due fori. La perforazione avviene forzatamente, dato l'ingombro ed il disturbo arrecato dalle macchine perforatrici, dal cortile verso l'interno del Duomo: critica risulta l'uscita nel Duomo e l'attraversamento del pavimento della Cappella stessa, elementi entrambi decorati da preziose lastre di pietra ornamentale.

Dati del lavoro sono i possibili punti di innesto e uscita dei due fori.

Metodologicamente SIR provvede a:

1. realizzare un'affidabile rete di inquadramento primaria;
2. realizzare un'affidabile rete secondaria e di emanazione del tracciamento;
3. effettuare il rilievo dei punti di innesto e sbocco dei fori;
4. effettuare un primo rilievo della parti del pavimento dello scurolo e della capella ove avviene presumibilmente il tracciamento;
5. effettuare il calcolo per il tracciamento;
6. tracciare i punti sul pavimento dei due ambienti, effettuando contestualmente il controllo sulla prima descrizione della superficie di tracciamento;
7. riportare i punti tracciati sulla volta dello scurolo;
8. rilevare in corrispondenza dei punti tracciati sul soffitto, il profilo del soffitto stesso;
9. calcolare il franco dell'asse del foro dall'intradosso del soffitto dello scurolo e dal pavimento della cappella soprastante.

Rete di inquadramento primaria

Vengono istituiti 4 vertici per quanto riguarda la rete di inquadramento a circoscrivere la zona di indagine. Tali vertici vengono rilevati mediante una poligonale chiusa e livellati mediante livellazione geometrica in andata e ritorno.

A seguito della compensazione, si ottengono precisioni planimetriche millimetriche dei vertici, mentre le linee di livellazione vengono chiuse con scarti inferiori al millimetro.

Rete di inquadramento secondaria

Vengono istituiti 7 vertici per quanto riguarda la rete di inquadramento secondaria base per il posizionamento delle stazioni di tracciamento.

Tali vertici vengono rilevati mediante una poligonale aperta vincolata agli estremi ai vertici della rete primaria e livellati mediante linee di livellazione geometrica in andata e ritorno a partire dai vertici della rete primaria.

A seguito di compensazione, si ottengono precisioni planimetriche inferiori al centimetro dei vertici, mentre le linee di livellazione vengono chiuse con scarti inferiori al millimetro. È da notare come congruamente a quanto atteso gli scarti dei punti aumentino verso il centro della poligonale, ovvero mano a mano che ci si allontana dai vincoli; questo fatto è dovuto alla configurazione di rilievo adottata praticamente imposta dalla situazione di cantiere: la poligonale viene effettuata sull'unica linea consentita dal cantiere che colleghi l'interno del Duomo con il cortile di Palazzo Reale; i vertici di rete vengono scelti quasi forzatamente dati i punti sufficientemente stabili e l'intervisibilità reciproca.

Si può inoltre evidenziare come gli ellissi d'errore abbiano il semiasse maggiore nella direzione degli assi dei fori, cosa che concorre positivamente alla precisione nel rilievo e tracciamento planimetrico dei fori.

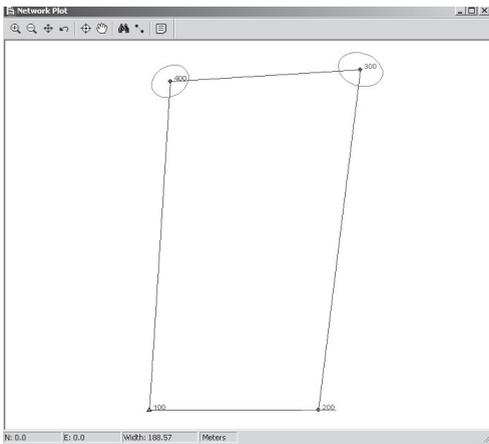


Figura 1 – Rete primaria con visualizzazione ellissi di errore e delle collimazioni effettuate dalle varie stazioni

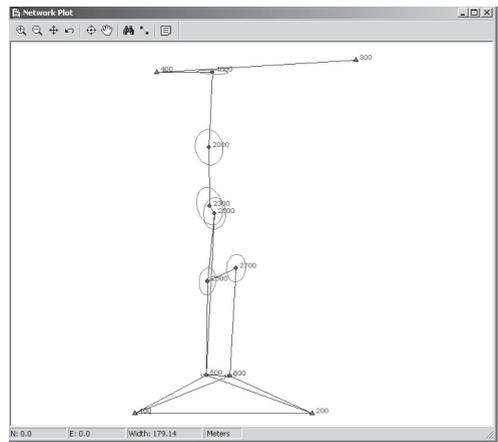


Figura 2 – Rete secondaria con visualizzazione ellissi di errore e delle collimazioni effettuate della varie stazioni

Rete di emanazione del tracciamento

Contestualmente alla rete secondaria negli ambienti sottostanti la Cappella vengono posizionate 4 stazioni da cui verranno effettuati i tracciamenti, 2 nello scurolo e 2 negli ambienti ad esso attigui.

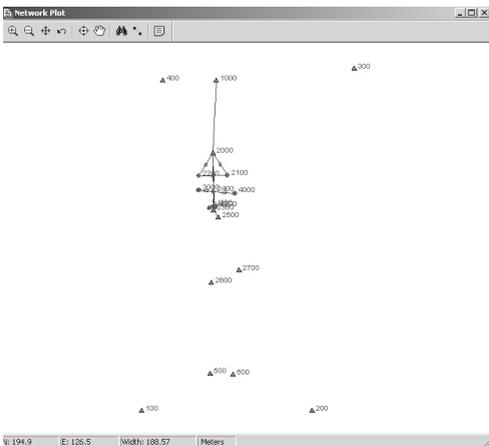


Figura 3 – Rete di emanazione del tracciamento

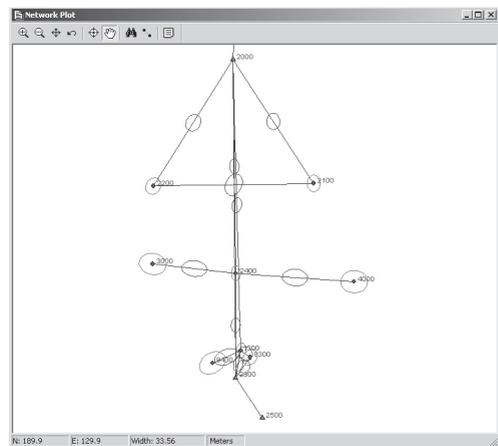


Figura 4 – Rete di emanazione del tracciamento con visualizzazione ellissi di errore e delle collimazioni effettuate della varie stazioni

Anche questi vertici vengono livellati a partire da punti della rete secondaria con linee di livellazione in andata e ritorno con errori di chiusura accettati inferiori al millimetro.

Il collegamento con la Cappella Guarini

Importante è posizionare alcuni vertici nella cappella Guarini, al fine di ottenere il profilo del pavimento in corrispondenza dell'asse dei fori e per il tracciamento degli stessi.

Il collegamento risulta problematico per il fatto che al momento la Cappella è un grosso "catino" dal punto di vista delle possibilità di accesso: gli accessi tradizionali tramite scaloni da Palazzo Reale sono tuttora chiusi, e si ha possibilità di accesso solo tramite i ponteggi in acciaio del cantiere. Vengono pertanto posizionate due stazioni sui ponteggi, stazionando sulla verticale di un chiodo posizionato negli ambienti sottostanti la cappella: la posizione planimetrica viene quindi rilevata contestualmente alla poligonale rete secondaria, mentre l'altezza della stazione viene misurata tramite bindella metrica. Il controllo dell'altimetria viene effettuato mediante livellazione su bindella fissata a due delle tre colonne metalliche portanti dell'impalcatura eretta dopo l'incendio.

A partire da tali punti di collegamento con la rete secondaria, vengono posizionate ulteriori 2 punti per chiusura di una poligonale, come emanazioni del tracciamento e come stazioni di misura mediante celerimensura di punti del pavimento della cappella stessa, rilevati ove questo non è protetto da assi lignee.

La precisione ottenuta nel posizionamento di tali vertici è dell'ordine del centimetro, mentre il pavimento è risultato in buona approssimazione piano (scarti rispetto alla media dell'ordine di 1 cm).

Rilievo dei punti di innesto e sbocco dei fori

A partire da vertici di inquadramento (primaria nel cortile, secondaria in chiesa) e da stazioni libere orientate su vertici di rete (primaria nel cortile, secondaria in chiesa), vengono rilevati i punti di innesto e sbocco dei fori.

I punti vengono rilevati come intersezioni in avanti e misura delle distanze inclinate, tranne per il punto A in cui è stata effettuata una singola misura causa ostruzione dei pannelli posti a copertura del cantiere che non è stato possibile rimuovere.

Strumenti di misura e calcolo

Tutte le misure sono state effettuate mediante stazione LEICA 1200, caratterizzata da una precisione nella misura delle distanze di 2mm+2ppm e di 1cc per quanto riguarda le direzioni azimutali. Tutto il rilievo viene compensato in un sistema locale.

Tutte le misure della rete primaria e secondaria, oltre che quelle per il posizionamento delle stazioni di tracciamento è stato fatto sistematicamente con regola di Bessel e doppio strato di misure.

La livellazione geometrica è stata effettuata con livello Leica NA 2002.

Tutte le reti di inquadramento sono state compensate con il programma Starnet. Il calcolo delle coordinate dei punti di celerimensura sono stati effettuati mediante i software Topko di Sierrasoft.

Operazioni di tracciamento

A partire dalla posizione di innesto e sbocco dei fori, si sono determinate le coordinate di alcuni punti lungo il tracciato dei fori stessi, alla quota delle stazioni di tracciamento (per ciascun foro, 4 punti nello scurolo, 3 nell'ambiente ad esso attiguo, 4 sul pavimento della Cappella).

Si è quindi effettuato il tracciamento planimetrico dei punti, collimando un prisma su palina a stessa altezza della stazione di tracciamento, in modo tale da verificare la differenza in quota tra il vertice di tracciamento e il punto a pavimento sull'asse del foro; apportata la modifica alla quota del punto da tracciare, è stato quindi materializzato.

È stato quindi materializzato un piano verticale passante per i punti tracciati a pavimento mediante l'utilizzo di un livello laser autolivellante (Leica Lino 2); questo ha consentito il rilievo delle principali discontinuità e punti caratteristici della volta degli ambienti sulla sezione di progetto dei fori.

Sono stati inoltre segnalizzati alcuni punti per i quali è stata fornita la differenza in quota tra il centro di progetto del foro e l'intradosso della volta ed il pavimento soprastante.

In particolare è emerso come, stante il tracciato di progetto dato, si verificherà presumibilmente il taglio della volta per entrambi i fori nello scurolo.

Si è poi effettuato il tracciamento di un punto per foro nel cortile al fine della verifica del corretto posizionamento della perforatrice.

È stato posizionato dalla committenza un pannello metallico a circa 3 metri dalla facciata, sorretto da travatura metallica a partire dalla facciata e svincolata dal castello su cui verrà posizionata la perforatrice.

Tali pannelli sono stati posizionati planimetricamente su indicazione di SIR, dato l'orientamento planimetrico dei fori rispetto alla facciata dell'edificio.

A partire dal vertice della rete primaria nel cortile, è stato effettuato rilievo della superficie di tracciamento, con l'utilizzo della misura di distanza con prisma (più precisa) mediante la sovrapposizione di una pellicola riflettente al momento della misura.

Sono state quindi determinate le coordinate del punto di intersezione del piano di tracciamento e l'asse teorico di ciascun foro, procedendo quindi al tracciamento degli stessi.

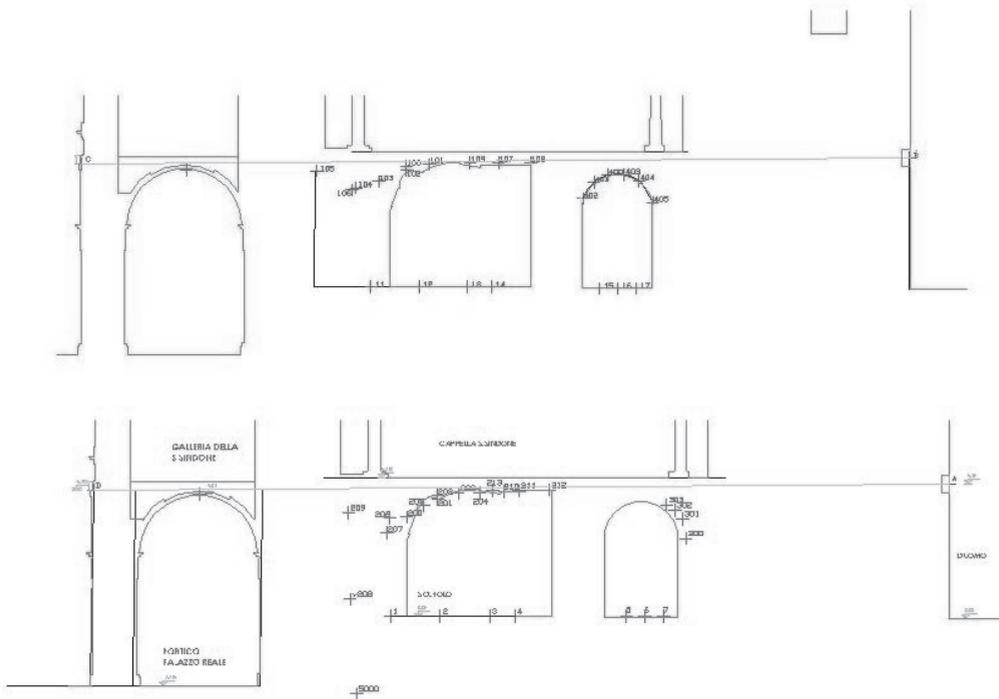


Figura 5 - Le sezioni dei due fori: vengono sovrapposti i punti rilevati alle sezioni previste in fase di progetto a partire dai dati in possesso della Soprintendenza; ad un generale allineamento dei due rilievi si accompagnano localizzate discrepanze.

Conclusioni e Sviluppi futuri

L'approccio metodologico seguito ha consentito la verifica della situazione progettuale, l'assistenza all'impresa nel creare un riferimento stabile per il posizionamento della perforatrice e il tracciamento di punti atti ad un controllo del corretto avanzamento dello scavo.

L'esecuzione concorde all'ipotesi progettuale dei fori, senza recare danni al contesto di pregio del cantiere, costituisce felice riscontro della bontà dell'approccio seguito.

Ringraziamenti

Si ringrazia la ditta Cingoli s.r.l. per la disponibilità ed il supporto fornito in sede di cantiere.

EROGAZIONE DI WEB-SERVICES PER LA FRUIZIONE DI UN GEODATABASE A SCALA GLOBALE

E. AGOSTO (*), S. DALMASSO (*)

(*) Ithaca - Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action
Via P.C. Boggio 61, 10138, Torino
e-mail: eros.agosto@ithaca.polito.it, simone.dalmasso@ithaca.polito.it

Riassunto

Ithaca (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action* – www.ithacaweb.org) sta sviluppando un'infrastruttura di dati geospaziali a scala globale (GSDI) a supporto della propria attività e di quella di agenzie delle Nazioni Unite come il World Food Programme (WFP) per cui opera.

Data la scala globale e distribuita degli utenti, importante è rendere possibile la fruizione dei dati presenti nel GSDI, oltre che l'estrazione di informazione da esso, tramite la rete; i *web services* rappresentano uno standard condiviso e normato dall'Open Geospatial Consortium (OGC) per consentire l'accesso alla informazione sia a *client web* che *desktop*.

Nel caso dello sviluppo di *client web* è particolarmente importante l'aspetto prestazionale: di qui l'importanza delle ottimizzazioni e nello specifico dei sistemi di cache dei dati per il protocollo *Web Mapping Service* (WMS).

Ithaca, con una scelta precisa, sviluppa l'infrastruttura per la pubblicazione dei dati del GSDI con strumenti *Free and Open Source Software* (FOSS). Tale scelta è motivata da ragioni di sostenibilità, manutenibilità, replicabilità, sperimentazione e personalizzazione delle applicazioni.

Nella complessa architettura interna, la gestione del GSDI, avviene con consolidati strumenti proprietari come Oracle e ArcSDE, uniti a *client* della serie ArcGIS. Nello sforzo di utilizzare solo strumenti aperti per quanto riguarda la fase di fruizione del dato del GSDI, Ithaca provvede alla creazione di una replica in sola lettura del GSDI su un *database* PostgreSQL con estensione spaziale PostGIS.

Ithaca sperimenta differenti architetture completamente FOSS basate sui principali strumenti di pubblicazione mappe al momento in circolazione: MapServer dell'università del Minnesota e Geoserver. Per la visualizzazione *web*, Ithaca adotta differenti strumenti di cache, come Tilecache e GeoWebCache, mentre verifica la fruizione dei livelli pubblicati su *client desktop* che supportano le specifiche OGC come UDIG e QGIS. Si presentano i primi risultati di tale lavoro, con la descrizione dei principali servizi erogati o in fase di avvio a partire dal GSDI.

Abstract

Ithaca (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action – www.ithacaweb.org) is developing a GSDI (Global Spatial Data Infrastructure) to base its services on. Ithaca offers its geospatial support to UN (United Nations) agencies like WFP (World Food Programme). As users are world-wide spread, the fruition of GSDI by means of the web is important. Ithaca chooses to use pure FOSS (Free and Open Source Software) tools to distribute GSDI based services on the web. The architecture and the first released web services are here described.

Introduzione

Ithaca (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action* – www.ithacaweb.org) sta sviluppando un'infrastruttura di dati geospaziali a scala globale (GSDI) a

supporto della propria attività e di quella di agenzie delle Nazioni Unite come il World Food Programme (WFP) per cui opera.

Data la scala globale e distribuita degli utenti, importante è rendere possibile la fruizione dei dati presenti nel GSDI, oltre che l'estrazione di informazione da esso, tramite la rete; i *web services* rappresentano uno standard condiviso e normato dall'Open Geospatial Consortium (OGC) per consentire l'accesso alla informazione sia a *client web* che *desktop*.

Ithaca, con una scelta precisa, sviluppa l'infrastruttura per la pubblicazione dei dati del GSDI con strumenti FOSS (*Free and Open Source Software*). Tale scelta è motivata da ragioni di sostenibilità, manutenibilità, replicabilità, sperimentazione e personalizzazione delle applicazioni, oltre che dall'attenzione che il mondo FOSS riserva all'aderenza a standard condivisi come quelli OGC..

Ithaca testa diverse architetture per l'erogazione di geoservizi, al fine di metterli a diretta disposizione di *client desktop* (che implementino opportuni standard OGC), che di utilizzarli nello sviluppo di specifiche applicazioni *web*.

GSDI

Ithaca sviluppa una GSDI sulla quale erogare i propri servizi per il WFP [Ajmar, 2007].

Nella complessa architettura interna, la progettazione, sviluppo e gestione del GSDI, avviene con consolidati strumenti proprietari come Oracle 10g e ArcSDE, uniti a *client desktop* della serie ArcGIS.

Nello sforzo di utilizzare solo strumenti aperti per quanto riguarda la fase di fruizione del dato del GSDI, Ithaca provvede alla creazione di una replica in sola lettura del GSDI su un *database* PostgreSQL 8.3 con estensione spaziale PostGIS, oltre allo sviluppo di una procedura per la sincronizzazione automatica dei due ambienti.

Si è conclusa una prima fase di analisi in cui sono state studiate le differenze tra le due piattaforme, evidenziando le difformità dei tipi di dato supportato.

La procedura di replicazione è in fase di ottimizzazione e si avvale di strumenti come Ora2Pg e le librerie OGR. Ora2Pg è un modulo Perl per l'esportazione dello schema di un *database* Oracle in uno schema compatibile con PostgreSQL; Ora2Pg è in grado di scrivere l'SQL per la replicazione dello schema (struttura più vincoli) del *database* Oracle in PostgreSQL, oltre che il caricamento selettivo dei dati ivi contenuti.

La libreria OGR e gli strumenti a riga di comando con essa distribuiti, consentono l'accesso in lettura e scrittura dei principali formati di dati vettoriali.

Architettura per l'erogazione di web services

Ithaca sperimenta differenti architetture completamente FOSS basate su una stessa struttura logica, costituita da due parti principali tra loro comunicanti, ognuna delle quali prevede varie componenti dotati di funzioni precise.

La prima parte è quella lato *server* ed è composta da: *database*, *web server/application server*, *map server*, gestore della *cache* e applicazioni di *scripting*. Il *database* comunica direttamente con il *map server* e a sua volta con il gestore della *cache* mentre il *web server* si occupa di gestire tutte le richieste che provengono dalla rete.

La seconda parte è composta dalle applicazioni lato *client*, costituite in questo caso dalla libreria di gestione delle mappe e dal *browser* dell'utente.

L'intera architettura di tutti i servizi si appoggia ad un'unica fonte di dati costituita dal *database* PostgreSQL/PostGIS sopra descritto.

Le soluzioni sperimentate si basano sui due principali strumenti FOSS di pubblicazione mappe al momento in circolazione (MapServer dell'università del Minnesota e Geoserver) che necessitano di piattaforme di gestione differenti; per questo motivo a livello di *web server/application server* sono utilizzati sia Apache che Tomcat, in modo da poter offrire supporto anche alle applicazioni Java.

Nel caso dello sviluppo di *client web* è particolarmente importante l'aspetto prestazionale: di qui l'importanza delle ottimizzazioni e nello specifico dei sistemi di *cache* dei dati per il protocollo

Web Mapping Service (WMS); il gestore di *cache* è utilizzato per velocizzare le risposte del *server* senza aver bisogno elaborazioni da parte del motore per la generazione delle mappe.

Per la visualizzazione *web*, Ithaca adotta differenti strumenti di *cache*, come Tilecache (in combinazione con MapServer) e GeoWebCache (in combinazione con Geoserver), mentre verifica la fruizione dei livelli pubblicati su *client desktop* che supportano le specifiche OGC come UDIG e QGIS.

Infine, lato *server*, risiedono le applicazioni per la generazione di file PDF.

Per la gestione delle mappe lato *client* è stata utilizzata la libreria OpenLayers. (Figura 1)

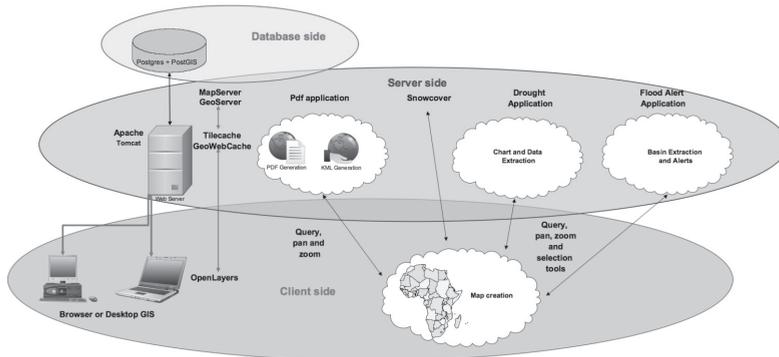


Figura 1 Architettura hardware e software

Primi servizi erogati

Applicazione "Snowcover"

L'applicazione WebGIS (Figura 2) rende graficamente disponibili le informazioni sulla copertura nevosa di due aree di interesse (Afghanistan e Nepal), e consente di ottenere i tratti di strade potenzialmente interessati.

I dati vettoriali sono il risultato di un'elaborazione automatica di dati satellitari provenienti dal sensore MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), in particolare del prodotto giornaliero MODIS Snow Cover MOD10_L2, una classificazione (risoluzione spaziale di 500 m - scala 1:1000000) del suolo votata alle coperture nevose [Boccardo, 2006].

Rispetto all'applicazione precedente [Agosto, 2007], l'attuale si pone come *client* WMS per quanto riguarda i dati che mostra, sostituendo inoltre il meccanismo di *cache* (da ka-map a Tilecache), ma mantenendo lo stesso motore di pubblicazione (MapServer che eroga i livelli di dati in WMS).

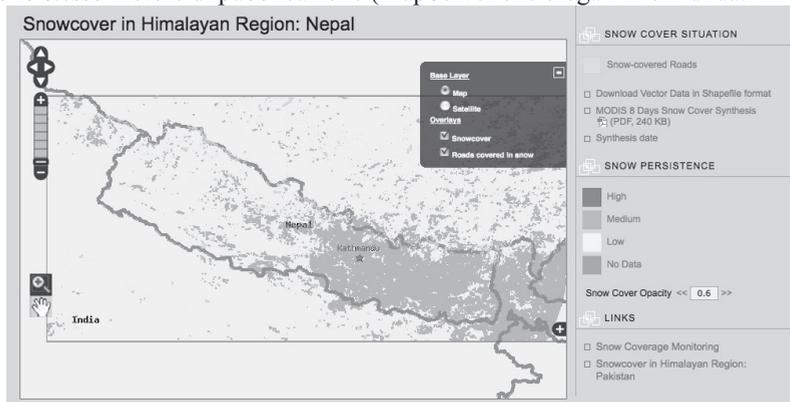


Figura 2: Applicazione snowcover

Applicazione per la generazione di mappe e predisposizione dati per Google Earth

Questa applicazione consente di creare mappe speditive in formato PDF A4 e di esportare i dati in formato KML per poter essere visualizzati su Google Earth; rende inoltre possibile effettuare interrogazioni sui dati.

L'architettura è basata su tecnologie Java quali Geoserver e GeoWebCache .

La generazione di PDF è effettuata lato *server* e comprende anche la generazione automatica della legenda e della scala grafica. La mappa prodotta presenta un titolo personalizzabile, avendo l'applicazione un funzionamento completamente WYSIWYG (*What You See Is What You Get*), vale a dire che l'utente ottiene nel PDF generato quello che imposta e visualizza a schermo sul proprio *browser* (Figura 3).

Anche la generazione di KML è effettuata lato *server*, sfruttando le funzionalità dello stesso Geoserver. Il dialogo tra *client* e *server* si basa sul protocollo standard WMS definito dall'OGC. La generazione del codice di OpenLayers è completamente automatizzata tramite il linguaggio Java e la configurazione dell'applicazione è gestibile attraverso un semplice file di testo in cui inserire il nome dei livelli informativi desiderati.

Ithaca's Web Mapping Service

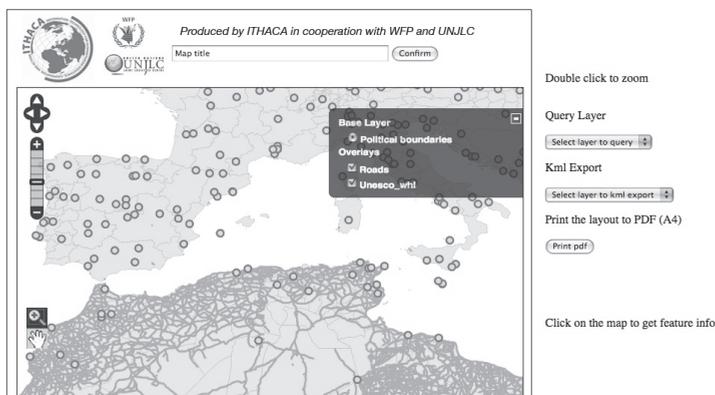


Figura 3: Applicazione per PDF e KML

Applicazione "Drought"

L'applicazione nasce a supporto del progetto di studio e previsione di periodi di siccità in zone test dell'Africa basato su un'analisi geo-statistica di serie storiche di indici NDVI. L'applicazione sviluppata ha lo scopo di fornire via *web* un facile accesso e consultazione ai dati raccolti. Attualmente offre diversi strumenti di selezione per ottenere grafici di previsione elaborati sulla base delle serie storiche, basati su diverse modalità di scelta della zona di interesse:

- selezione puntuale;
- selezione per regione (entità amministrativa);
- selezione per area rettangolare definita dall'utente.

L'output fornito consiste in grafici storici sull'andamento dell'indice NDVI con la distribuzione spaziale scelta ed un periodo temporale prefissato o, in futuro, selezionato dall'utente.

L'interfaccia utente è stata sviluppata estendendo le funzionalità della libreria OpenLayers in appoggio ad appositi *script* PHP lato *server* scritti per l'estrazione di informazione dalla base dati. (Figura 4)

Ithaca Drought Application

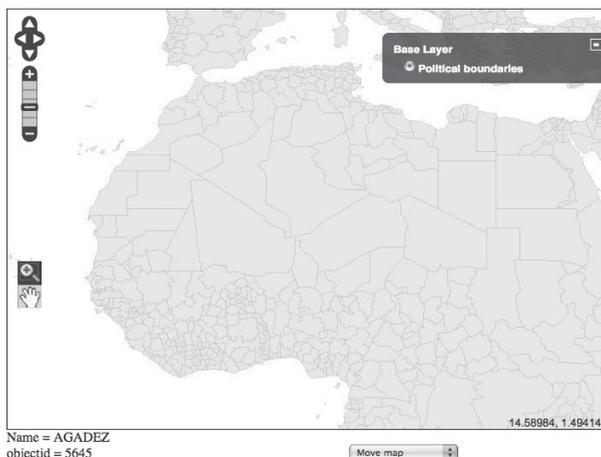


Figura 4: Interfaccia applicazione Drought

Applicazione "Flood"

L'applicazione nasce a supporto del progetto di uno studio mirato alla correlazione tra serie storiche di dati di precipitazione e dati storici di eventi alluvionali. L'applicazione sviluppata ha un duplice obiettivo, ovvero fornire via *web* un facile accesso e consultazione ai dati raccolti, oltre che evidenziare in tempo reale i bacini idrografici in potenziale emergenza. Attualmente è operativa la componente *real-time*, mentre per la parte di ricerca si aspetta che l'evoluzione del progetto fornisca direttive maggiori.

L'applicazione provvede in maniera automatica a replicare su un *database* PostgreSQL/PostGIS le informazioni di allerta che derivano dal modello sviluppato in Ithaca, e a mapparle grazie alle informazioni contenute nel GSDI.

L'interfaccia consente lo *zoom* al livello di ciascun bacino sul quale sia segnalata un'allerta, con l'attivazione di livelli informativi base estratti dal GSDI; l'interfaccia utente è stata sviluppata utilizzando le funzionalità della libreria OpenLayers.

Conclusioni e Sviluppi futuri

L'utilizzo di strumenti FOSS ha permesso l'erogazione di geoservizi attraverso i quali consentire l'accesso ai dati ed informazioni contenute nel GSDI che Ithaca ha sviluppato a supporto della propria attività.

All'interno del flusso dati che interessa il GSDI, l'utilizzo di *web services* consente di trattare la successiva fase di utilizzo del dato in maniera uguale per *client desktop* e *web* (applicazioni *web*).

Tutto questo grazie alla presenza di standard condivisi OGC implementati dagli strumenti FOSS utilizzati.

Dopo questa prima fase di avvio parallelo di due infrastrutture per l'erogazione dei geo-servizi, verrà valutata la possibilità di semplificazione ed ottimizzazione. Pertanto si apre una fase di confronto tra le due, al fine della potenziale adozione di un'unica architettura.

Continuerà lo sviluppo delle applicazioni presentate, al fine della risoluzione di bacini che si possano manifestare e dell'ottimizzazione delle prestazioni.

E' previsto lo studio dell'applicazione del protocollo *Web Feature Service Transactional* (WFS-T) per consentire modifiche e integrazioni dei dati direttamente sul *database* FOSS al fine di aumentare lo spettro delle applicazioni sviluppabili.

Bibliografia

- Albanese A., Di sabato F., Terzo O., Vigna R., Giardino M., Perotti L. (2008), A preliminary approach to flood risk mapping and flood forecasting system for the LDCs. XXI ISPRS Congress, Pechino
- Agosto E., Disabato F., Dalmaso S. (2007), “Servizi web per la gestione di emergenze ambientali”, Conferenza nazionale ASITA, Torino
- Ajmar A., Perez F., Sartori G. (2007), “Sviluppo e implementazione di una Spatial Data Infrastructure per il World Food Programme”, Conferenza nazionale ASITA, Torino
- Boccardo P., Dequal S., Giulio Tonolo F., Marenchino D. (2006), “ITHACA: un progetto innovativo per la gestione delle emergenze ambientali”, Conferenza nazionale ASITA, Bolzano
- Boccardo P., Borgogno Mondino E., Disabato F., Giulio Tonolo F., Perez F., Sartori G. (2006), “Utilizzo di dati MODIS per la gestione di emergenze”, Conferenza nazionale ASITA, Bolzano
- Agosto E., Cosenza A., Rinaudo F. (2003), “L’Open Source per la pubblicazione in rete di SIT: il software MapServer”, Conferenza nazionale ASITA, Verona

Webografia

- GeoServer, <http://geoserver.org/>
- GeoWebCache, <http://geowebcache.org/>
- Ka-Map, <http://ka-map.maptools.org/>
- MapServer, <http://mapserver.gis.umn.edu/>
- OGR, <http://www.gdal.org/ogr/>
- OpenLayers, <http://openlayers.org/>
- Ora2Pg, <http://www.samse.fr/GPL/ora2pg/>
- Postgis, <http://postgis.refractions.net/>
- Postgres, <http://www.postgresql.org/>
- QGis, <http://www.qgis.org/>
- TileCache, <http://tilecache.org/>
- uDig, <http://udig.refractions.net/>

UNO STRUMENTO DI FRUIZIONE ON-LINE DI DATI GEOMETRICI 3D E RADIOMETRICI DI UN RILIEVO TERRITORIALE: IL VISUALIZZATORE WEB DELL'ORTOFOTO SOLIDA DI PRECISIONE

E. AGOSTO (*), A. LINGUA (**), I. PICCO (***)

(*) SIR (Soluzioni Innovative per il Rilevamento)

c/o I3P, C.so Castelfidardo 30/A 10138 Torino, e-mail: eros.agosto@sir.to.it

(**) Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie
Corso duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino, e-mail: andrea.lingua@polito.it

(***) Esperto GIS, e-mail: ivano.picco@gmail.com

Riassunto

Le moderne tecniche di rilievo consentono un rapido e completo rilievo territoriale: un'acquisizione LIDAR e fotogrammetrica da piattaforma aerea, consentono di ottenere una descrizione geometrica e radiometrica accurata della zona di interesse. Non sempre agevole risulta la consultazione di questa mole di dati.

L'integrazione dei modelli 3D, acquisiti con tecnologia laser scanner o derivanti da cartografia numerica 3D, con immagini digitali di ultima generazione, ad elevata risoluzione, è uno degli argomenti che maggiormente ha suscitato e continua a suscitare interesse in campo geomatico.

Questo connubio apre infatti nuove prospettive, presentate in numerosi congressi, con applicazioni pratiche già sperimentate e molto apprezzate dagli operatori del settore. Tra questi, la modellazione 3D a colori reali (realtà virtuale), l'ortofoto di precisione e l'immagine solida.

Un prodotto innovativo, nato dall'integrazione di un modello digitale denso di superficie (DDSM) con immagini digitali ad alta definizione, recentemente sviluppato al Politecnico di Torino, è l'Ortofoto Solida di Precisione.

Trattasi di un prodotto completo che offre un semplice accesso a tutta l'informazione che un rilievo territoriale è in grado di offrire e si propone come interessante strumento di archiviazione, fruizione ed analisi di dati di rilievo territoriale.

Obiettivo del presente contributo diventa render possibile la fruizione di tale prodotto anche on-line, al fine di poter ipotizzarne l'utilizzo in intranet di enti con competenze territoriali o direttamente sulla rete internet.

Utilizzando strumenti *Free and Open Source* come Mapserver dell'università del Minnesota, Tilecache e Open Layers, si realizza un'applicazione personalizzata atta a visualizzare questo particolare prodotto innovativo del rilievo.

Il risultato è un visualizzatore web per l'*ortofoto solida di precisione*. Le sperimentazioni hanno riguardato i dati acquisiti durante un rilievo per Arpa Piemonte da parte di SIR s.r.l., spin-off del Politecnico di Torino.

Abstract

The integration of DDSM geometric data (e.g. point clouds acquired using a laser scanner) with image radiometric data offers a set of new surveying products: e.g. the Solid Image and the True Orthophoto. A new innovative concept, born from the integration of a DDSM with high quality digital images, recently developed at the Politecnico di Torino, is the Solid True Orthophoto.

The Solid True OrthoPhoto (STOP) can be used in many surveying applications to determine, in real time, the position of any point in a 3D reference system, using a normal PC or to carry out correct three-dimensional measurements (lines, areas, volumes, angles, ...), by just selecting some points on the image. In addition, with the Solid Image, even unskilled users can easily plot profiles, sections and plans using simple drawing functions, and can generate stereo models and realistic 3D models. The web viewer of this survey product is shown by mean of a land application.

Introduzione

Le moderne tecniche di rilievo consentono un rapido e completo rilievo territoriale: un'acquisizione LIDAR e fotogrammetrica da piattaforma aerea, consentono di ottenere una descrizione geometrica e radiometrica accurata della zona di interesse. Non sempre agevole risulta la consultazione di questa mole di dati.

Le tecniche informatiche hanno rivoluzionato negli ultimi decenni il modo di intendere il concetto di rappresentazione e del territorio, dell'edificato e delle infrastrutture, nonché gli strumenti di gestione connessi.

Il dato di base per tutti questi strumenti rimane una corretta conoscenza geometrica (descrizione metrica delle forme) e radiometrica (colore, connesso con il contenuto materico).

In questo modo si realizza un'efficace rappresentazione del territorio comprensiva di tutte le caratteristiche utili al progettista o pianificatore che non può prescindere, per completezza, dalla terza dimensione.

Per quanto tali modelli 3D risultino affascinanti e d'impatto visivo, il loro utilizzo si ferma sostanzialmente all'aspetto documentale mettendo a disposizione dell'utente la possibilità di osservare l'oggetto sullo schermo di un computer, senza poterne interrogare il contenuto metrico (lettura coordinate, misura di angoli, distanze, volumi ecc.), né realizzare semplici restituzioni o inserire commenti e promemoria nello spazio tridimensionale del modello. Tali possibilità sono solamente fornite da applicativi complessi e costosi per la progettazione civile ed architettonica che risultano poco adatti per affrontare tematiche di rilevamento.

Non dimentichiamo inoltre che i formati standard (come il VRML) richiedono una mole di dati memorizzati per realizzare questi modelli spesso molto elevata che necessita di PC ad elevate prestazioni per una fluida visualizzazione, limitandone ancora di più la piattaforma di utilizzo.

Il Politecnico di Torino, sensibile nel fornire una propria risposta alla necessità di agevole fruizione dei risultati di rilievi LIDAR e fotogrammetrici, negli ultimi anni sviluppa alcuni interessanti innovativi prodotti di rilievo.

L'*Ortofoto di Precisione* è un particolare tipo di ortofoto nella quale vengono corrette anche le deformazioni prospettiche residue dovute a discontinuità presenti sull'oggetto. È definita di precisione perché in grado di ottenere una rappresentazione fotografica e metrica dell'oggetto a grandissima scala.

Ortofoto solida di precisione fonde il contenuto metrico bidimensionale e cromatico dell'*ortofoto di precisione* con il contenuto tridimensionale di un DDSM dell'oggetto rappresentato. In questo modo l'*Ortofoto Solida di Precisione* sintetizza i pregi dell'*Immagine Solida* e dell'*Ortofoto di Precisione*: garantisce l'informazione sulle zone nascoste, il dettaglio e la risoluzione costante.

L'ortofoto di precisione e l'immagine solida

Il Politecnico di Torino (Dequal et al, 2002), nel tentativo di fornire un prodotto che coniugasse il rigore metrico e la rappresentazione fotografica alla semplicità di utilizzo, hanno proposto l'*ortofoto di precisione*. Essa è un'ortofoto in cui sono corrette tutte le deformazioni prospettiche residue dovute a discontinuità dell'oggetto mediante un modello digitale denso (DDEM = *Dense Digital Elevation Model*) spesso acquisito con scansioni laser e un approccio multi-immagine (in modo da ricercare l'informazione cromatica delle zone defilate in un'immagine all'interno delle altre immagini dell'intero blocco fotogrammetrico). Questo prodotto è semplicemente visualizzabile mediante PC a basso costo, è immediatamente comprensibile dagli esperti di settore che possono

utilizzarla secondo i loro fini. Il limite dell'*ortofoto di precisione* risiede nel contenuto metrico che è in grado di racchiudere: rigoroso, uniforme su tutta l'immagine (risoluzione costante e precisione definita), ma solamente bidimensionale.

La memorizzazione dell'informazione tridimensionale per mezzo di una rappresentazione in forma di immagine digitale è stata proposta (Bornaz et al., 2003) alcuni anni fa, con il nome di *immagine solida*: in essa, ad un'immagine digitale classica (prospettica, non ortorettificata, RGB) viene aggiunta l'informazione metrica tridimensionale ottenuta mediante laser scanner terrestre. La visualizzazione dell'immagine solida appare all'utente come una semplice immagine fotografica dell'oggetto rilevato, e pertanto non sono necessarie strumentazioni speciali né addestramenti specifici per essere in grado di interpretarla correttamente. L'informazione tridimensionale connessa appare solamente quando si muove il cursore all'interno dell'immagine digitale rendendo disponibili, mediante semplici funzioni la misurazione di angoli, distanze aree e volumi e quant'altro.

L'idea dell'*ortofoto solida di precisione* nasce dall'immagine solida, tentando di colmare l'unico limite apparente: la visualizzazione prospettica che nasconde la terza dimensione, in certi casi, può trarre in inganno l'operatore in quanto non contiene informazioni sulle zone nascoste e il livello di dettaglio varia in funzione della distanza della porzione di oggetto considerata e il centro di presa dell'immagine fotografica.

L'*ortofoto solida di precisione* sintetizza i pregi dei due prodotti appena descritti. Essa si configura come la fusione del contenuto metrico bidimensionale e cromatico dell'ortofoto di precisione con il contenuto tridimensionale di un DDEM dell'oggetto rappresentato. La necessità di possedere un DDEM non costituisce un vero problema, in quanto esso è richiesto per la produzione dell'ortofoto di precisione, e quindi già disponibile come sotto prodotto.

Visualizzatore web

Lo sviluppo di un visualizzatore web per l'*ortofoto solida di precisione* ha posto la necessità di affrontare diverse problematiche tecniche. Il primo è stato decidere su quale piattaforma di sviluppo realizzare il progetto: la piattaforma è basata su prodotti già disponibili sul mercato, per minimizzare i tempi di sviluppo. Fra varie alternative si sono preferiti prodotti *Free and Open Source Software* (FOSS), sia per la flessibilità e le possibilità di personalizzazione che sono in grado di offrire, sia per ragioni economiche: le caratteristiche funzionali dei prodotti adottati è tale da risolvere efficacemente i requisiti di progetto, le alternative *closed source* non avrebbero apportato alcun vantaggio tecnico ma solo maggiori oneri economici.

Come motore grafico per la pubblicazione on-line è stato scelto MapServer [Agosto et al., 2003] sviluppato dall'Università del Minnesota. MapServer è un ambiente multipiattaforma di sviluppo e fruizione finalizzato alla rappresentazione di dati geospaziali.

Tale strumento viene adoperato per la visualizzazione della componente radiometrica dell'ortofoto solida di precisione.

Al fine di un miglioramento della prestazioni nel *rendering* delle immagini è stato adottato uno strumento di *cache* denominato TileCache. Tale prodotto, distribuito con licenza BSD dalla MetaCarta, è conforme allo standard WMS-C dell'*Open Geospatial Consortium* (OGC), e consente di pre-generare i *tile* (porzione di immagine) che l'applicazione deve visualizzare, abbattendo così i tempi di elaborazione lato server.

Per lo sviluppo dell'interfaccia utente si è fatto ricorso a OpenLayers, un *client* WMS-C completamente scritto in javascript e distribuito con licenza BSD. Tale prodotto risulta leggero, dotato di API (*Application Programming Interface*) ben documentate e pertanto di semplice utilizzo e facilmente personalizzabile.

Mediante tale strumento si sviluppa un'interfaccia che consente una agevole navigazione dell'ortofoto solida di precisione:

- *pan* interattivo, continuo che non necessita il caricamento della pagina;

- possibilità di *zoom* a livelli predefiniti (già memorizzati nella *cache*);
- presenza di un righello metrico, legenda e mappa di *overview*.

Grazie all'utilizzo delle API di OpenLayers è stato possibile replicare su *web* quanto l'ortofoto solida di precisione è in grado di offrire.

Alla possibilità di esplorare il rigoroso contenuto metrico e la completezza di informazione che l'interfaccia dell'ortofoto solida di precisione è in grado di offrire, si unisce la possibilità dello sfruttamento dell'informazione tridimensionale.

Il visualizzatore consente di accedere alle coordinate tridimensionali dei punti rappresentati a video, aggiornate in continuo al muovere del mouse sull'ortofoto di precisione che costituisce l'interfaccia dell'ortofoto solida di precisione, senza necessità di aggiornamento della pagina, grazie alla tecnologia Ajax dei prodotti utilizzati nello sviluppo.

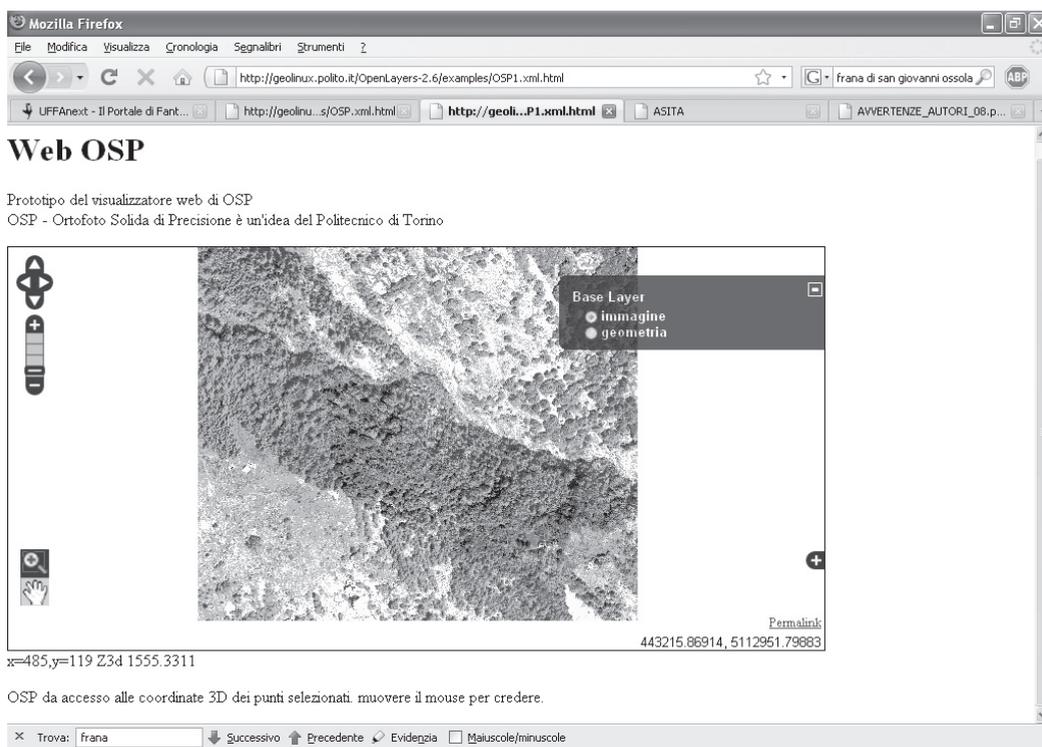
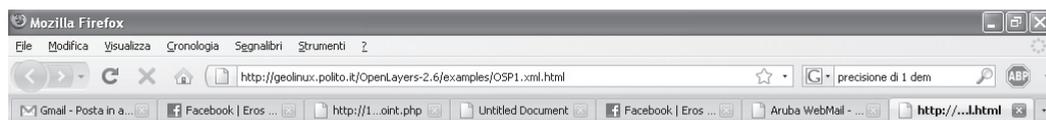


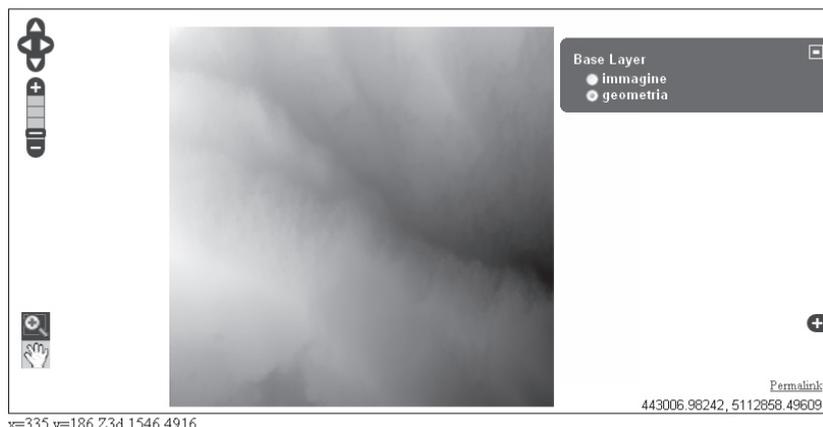
Figura 1 – Interfaccia del visualizzatore



Web OSP

Prototipo del visualizzatore web di OSP

OSP - Ortofoto Solida di Precisione è un'idea del Politecnico di Torino



OSP da accesso alle coordinate 3D dei punti selezionati. muovere il mouse per credere.

Figura 2 – Visualizzazione del contenuto puramente geometrico

Sviluppi futuri

Il visualizzatore, realizzato a scopo prototipale, verrà arricchito di una serie di strumenti che consentiranno di sfruttare la completezza di informazione che questo strumento racchiude. Verrà innanzitutto reso possibile:

- effettuare misure tridimensionali di distanza, angoli, aree e volumi;
- estrarre sezioni degli oggetti rilevati, oltre che la loro esportazione in DXF;
- effettuare operazioni di vettorializzazione, con la possibilità di esportazione in DXF.

Dati di sperimentazione

La sperimentazione è stata condotta su dati acquisiti da piattaforma aerea sulla zona della frana di San Giovanni in alta valle Ossola, nell'ambito di un rilievo effettuato da S.I.R., Soluzioni Innovative per il Rilevamento, società spin-off del Politecnico di Torino per conto di Arpa Piemonte.

Conclusioni

La sperimentazione ha mostrato come sia stato possibile utilizzare prodotti per la fruizione di dati GIS nello sviluppo di soluzioni innovative per la fruizione di dati tridimensionali.

In particolare è stato reso possibile l'utilizzo su internet dell'*ortofoto solida di precisione*, prodotto in grado di racchiudere in se l'intero contenuto di un moderno rilievo LIDAR e fotogrammetrico e che offre una estrema facilità di accesso all'informazione che contiene.

Il risultato è il prototipo di un visualizzatore web per l'*ortofoto solida di precisione*, in grado di migliorare l'accessibilità ai risultati di un moderno rilievo, grazie ad un prodotto in grado di sfruttare in maniera ottimale i dati del rilievo stesso.

Bibliografia

- Agosto E., Lingua A., Del Bianco P., 2007. L'ortofoto solida di precisione a grandissima scala in ambito urbano. In: *Atti Conferenza nazionale ASITA*, Torino
- Bornaz L., Dequal S., Lingua A., 2006. L'ortofoto solida di precisione: un prodotto innovativo per la rappresentazione e la gestione dei dati tridimensionali. In: *Atti Conferenza nazionale SIFET*, Taranto
- Dequal S., Lingua A., 2003. True orthophoto of the whole town of Turin. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Antalya (Turchia), Vol. XXXIV, Part 5/C15, pp.: 263-268
- Dequal S., Lingua A., 2001. True orthophoto for architectural surveys. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Postdam (Germania), Vol. 34, Part 5/C7, pp. 269-276.
- Bornaz, L., Dequal, S., 2003. The solid image: A new concept and its applications. In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 34, Part 6/W12.
- Balletti C., Guerra F., Lingua A., Rinaudo F., 2003. True digital orthophoto of the San Marco Basilica in Venice. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Ancona (Italia), Vol. 34, Part 5/W12, pp. 43-48.
- Agosto E., Cosenza A., Rinaudo F., 2003. L'Open Source per la pubblicazione in rete di SIT: il software MapServer. In: *Atti Conferenza nazionale ASITA*, Verona

Webografia

Progetto MapServer, <http://mapserver.gis.umn.edu/>

Progetto OpenLayers, <http://openlayers.org/>

Progetto TileCache, <http://tilecache.org/>

Ringraziamenti

Si ringrazia ARPA Piemonte nella persona dell'Ing. Campus per la proficua collaborazione.

WFP SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE: SVILUPPO DI UN AMBIENTE DI ANALISI E PUBBLICAZIONE SU PIATTAFORMA OPEN SOURCE

Andrea AJMAR (*), Marco ARCIDIACONO (**), Daniele BUSIN (***), Olivier TERZO (****)

(*) ITHACA, via P.C. Boggio 61, 10138 Torino, Italy, tel. +39-011-19751852, fax +39-011-19751122,
e-mail: andrea.ajmar@ithaca.polito.it

(**) tel. +39-335-5400195, e-mail: marco.arcidiacono@studenti.polito.it

(***) tel. +39-333-8351066, e-mail: daniele.busin@studenti.polito.it

(****) Istituto Superiore Mario Boella, via P.C. Boggio 61, 10138 Torino, Italy, tel. +39-011-2276855,
e-mail: terzo@ismb.it

Riassunto

La capacità di risposta in tempi brevi durante le emergenze, la riduzione del rischi a lungo termine e lo sviluppo di attività per la protezione dell'ambiente sono settori in cui la disponibilità di un'Infrastruttura di Dati Spaziali (SDI) permette di migliorare notevolmente le capacità analitiche, consentendo l'accesso a informazioni geografiche sulla base di un insieme di procedure, protocolli e specifiche standard.

L'associazione ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance Cooperation and Action*) opera a supporto del *World Food Programme* delle Nazioni Unite nello sviluppo di una propria SDI. Il progetto prevede l'implementazione di un'architettura a 2 livelli: un ambiente di gestione e produzione del dato, in cui sono disponibili procedure analitiche complesse per l'amministrazione dei dati, e un ambiente di analisi e pubblicazione, destinato a un'utenza allargata. L'ambiente di analisi e pubblicazione deve garantire i più elevati livelli di interoperabilità e, su richiesta del WFP, essere basato per quanto possibile su prodotti *Open Source*.

Il presente contributo ha come obiettivo l'analisi delle problematiche di *porting* da un *geodatabase* Oracle a uno PostgreSQL e la descrizione delle caratteristiche di un ambiente middleware per la gestione della conversione tra i diversi *datatype* supportati.

Abstract

Response capacities during emergencies, long-term risk reduction and the development of environmental protection measures are all fields where the availability of a Spatial Data Infrastructure (SDI) allows to enhance analytical capacities through an optimized and controlled geographic data access managed by standard procedures and protocols.

ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance Cooperation and Action*) association supports the UN World Food Programme in developing their own SDI solution. The proposed solution is basically conceived on two levels: a management and production environment, providing complex analytical procedures for data administrators, and an analysis and publication environment, dedicated to the distribution of the information to the broader humanitarian community. This second environment, to be really effective, must grant high interoperability levels and, on specific request by WFP, be based on Open Source software.

Present contribution wants to analyze some porting problems from an Oracle database to a PostgreSQL database, including the description of a middleware environment for the datatype conversion.

1. Introduzione

Il *World Food Programme* (WFP) è la maggiore agenzia delle Nazioni Unite; conta più di 10.000 dipendenti, il 90% dei quali dislocati negli uffici decentrati presenti in più di 40 nazioni dell'Africa sub-sahariana, del Medio-Oriente, dell'America Latina, in Asia e nel Pacifico. Il suo compito è quello di utilizzare la distribuzione di aiuti alimentari per gestire eventi calamitosi (naturali o prodotti dall'uomo) e per supportare lo sviluppo economico e sociale. Il WFP inoltre supporta lo *UN Joint Logistic Centre* (UNJLC), un'unità inter-agenzia responsabile della fornitura di supporto e servizi nel campo del *Logistic Information Management* per tutte le agenzie delle UN.

Ormai da più di un anno l'associazione ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*) opera come centro di ricerca applicata per la fornitura di servizi di *Information Technology* a supporto di azioni umanitarie. Sulla base di un *Memorandum of Understanding* (MoU) siglato con il WFP, ITHACA sta sviluppando e implementando una soluzione di SDI con l'obiettivo di:

- Riorganizzare le informazioni a carattere geografico attualmente disponibili e acquisire in maniera organizzata nuovi dati;
- Creare regole e procedure per la gestione, l'accesso e la documentazione dei dati;
- Fornire strumenti per la diffusione e l'utilizzo delle informazioni, principalmente per la gestione delle emergenze (fasi di *early-warning* e *early-impact*).

2. L'architettura di SDI per il WFP

Le principali problematiche relative alla progettazione di una soluzione di SDI per il WFP sono legate all'esigenza di coniugare da un lato funzionalità complesse di gestione (grossi volumi di dati, complesse procedure di aggiornamento con dati provenienti da fonti molto diversificate) e di analisi, e dall'altro elevate prestazioni (soprattutto durante le emergenze) e facilità di utilizzo per un'utenza allargata e potenzialmente non esperta nell'utilizzo di dati geografici. Queste condizioni hanno portato all'idea di sviluppare due ambienti paralleli, ma strettamente interconnessi: uno per le attività di gestione e mantenimento del dato (*Production Layer*) e uno per la sua pubblicazione e diffusione (*Publication Layer*), come evidenziato in *Figura 1*.

Questa soluzione presenta una serie di vantaggi, tra cui:

- La possibilità di sfruttare le procedure complesse e consolidate che derivano dall'utilizzo di un ambiente commerciale, e per cui le soluzioni *Open Source* attualmente disponibili non sono considerate ancora mature;
- L'incremento delle prestazioni complessive del sistema, diminuendo il carico di lavoro di ogni ambiente e consentendo un *tuning* specifico, dovendo i due ambienti rispondere a richieste sostanzialmente differenti;
- La capacità di mantenere la struttura aggiornata alle evoluzioni della comunità *Open Source* e di sviluppare nuove *feature* per un progressivo *porting* completo verso una soluzione completamente *Open Source*.

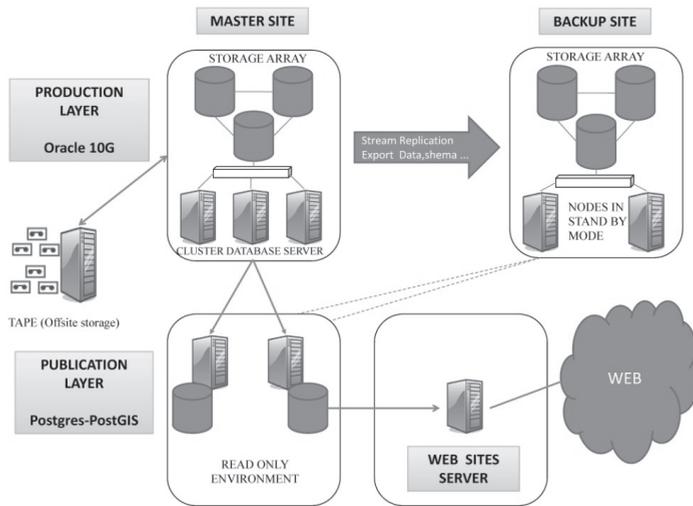


Figura 1 - WFP SDI, architettura di sistema

Sulla base dei requisiti indicati dal WFP, l'ambiente di gestione e produzione del dato è stato realizzato utilizzando ESRI come piattaforma di gestione del dato geografico; è stato costruito un *geodatabase* utilizzando Oracle 10G come DBMS e ArcSDE come *gateway*. Per garantire adeguati livelli di *backup* e *recovery*, a tale ambiente sono associati un sistema di cassette per un *backup* fisico e un nodo parallelo che costituisca al contempo un *backup* logico e un nodo in *stand-by*, da attivare rapidamente in caso di improvvisa indisponibilità del nodo principale. Il nodo parallelo viene mantenuto allineato a quello *master* tramite procedure automatiche.

L'accessibilità al sistema per la comunità allargata di operatori umanitari viene garantita dall'ambiente di pubblicazione, costituito da un *database* PostgreSQL, allineato al nodo master. I dati in questo nodo saranno utilizzati in modalità *read-only*, per la loro pubblicazione mediante WMS (*Web Map Service*). Le operazioni su WMS sono chiamate da client che supportano il protocollo http.

2.1. L'architettura di un *database* Oracle 10g

Un *database* Oracle è una collezione di dati immagazzinati in uno o più *files*, sulla base di una struttura relazionale basata su tabelle. Un'istanza comprende una serie di processi a livello di sistema operativo e strutture di memoria che interagiscono con lo *storage*; un tipico esempio di processi include il PMON (*process monitor*) e lo SMON (*system monitor*).

La struttura di memoria di un *server* Oracle è chiamata SGA (System Global Area), e tipicamente contiene informazioni *cache* come i *data-buffer*, i comandi SQL e le informazioni sugli utenti. In aggiunta alla componente di *storage*, il *database* consiste di *online redo logs*, che mantengono la *transactional history*; processi sono in grado di trasferire il contenuto degli *online redo logs* in *archive logs* (o *offline redo logs*), che costituiscono la base per i processi di *data recovery* e, in parte, di *data replication*.

2.2. L'architettura di un *database* PostgreSQL 8.2

PostgreSQL è un *object relational* DBMS (ORDBMS, *Object Relational Database Management System*). Ha un'architettura basata su un modello client/server. Il processo *server*, denominato

postgres, gestisce i file del database, accetta nuove connessioni dalle applicazioni *client* ed esegue le operazioni richieste sul database. Per ogni nuova connessione il *server* genera un processo *child* che si prende carico del *client*, mentre il processo *parent* comunica con il *socket* per gestire connessioni multiple.

3. Il porting da Oracle a PostgreSQL

L'obiettivo è quello di generare procedure automatiche per l'estrazione di schema e/o dati da un database Oracle e per la loro conversione in una sintassi interpretabile da un database PostgreSQL. I tipi di dati esportabili sono essenzialmente di diversi tipi: vettoriali, numerici, blob e stringhe.

L'attività si basa essenzialmente sull'utilizzo di due *tool*: *Ora2Pg* e *ogr2ogr*.

Ora2Pg, attualmente in versione 4.7, sviluppato in Perl. Il suo modulo principale, *Ora2Pg.pm*, contiene le funzioni che operano l'*export* dei dati. La distribuzione comprende uno *script* di default, *ora2pg.pl*, e un file di configurazione, *ora2pg.conf*, che contiene parametri da impostare secondo necessità per l'esecuzione in un determinato ambiente. *Ora2Pg* richiede le librerie Perl DBI e DBD::Oracle. Lo *script* consente di eseguire sia un *export* diretto, tramite connessione tra i database, sia indiretto, tramite la generazione di un file contenenti le istruzioni SQL necessarie per la creazione in PostgreSQL della struttura e dei dati copiati da Oracle (*Figura 2*).

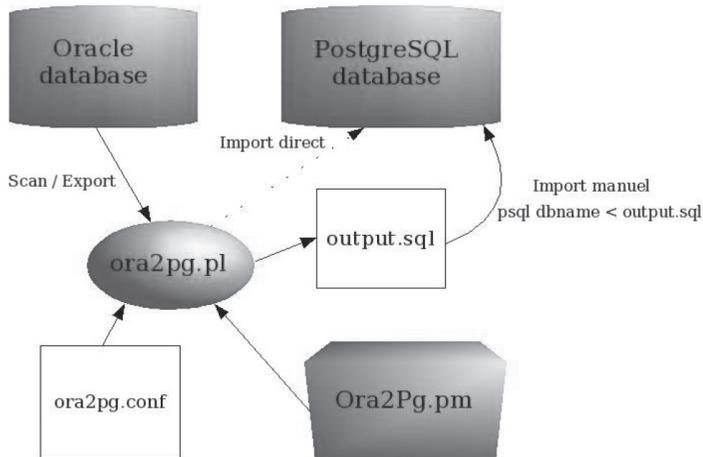


Figura 2 - Schema di funzionamento del tool Ora2Pg

Lo *script* consente di esportare tabelle (struttura, indici, *primary keys*, *foreign keys*), viste, diritti, funzioni e dati; è possibile anche l'*export* dello *schema*, anche se non in maniera esplicita.

Il *package* di base è stato modificato ed integrato allo scopo di:

- esportare singole tabelle esistenti nel database Oracle e non in quello PostgreSQL. Per questo scopo sono stati creati due *script* in Perl (
- *Figura 3*), Il primo consente di esportare da Oracle il codice sql di definizione delle strutture delle tabelle per poi essere create in ambito postgres, Il secondo consente di esportare i dati.
- eseguire l'*export* completo di tutte le tabelle incluse in un determinato *schema* e di tutti i dati in esse inclusi. In questo caso 3 *script* in Perl sono stati sviluppati. Il primo consente di esportare l'intero user schema sul database Oracle e il secondo consente la creazione dello schema sul database PostgreSQL e infine il terzo script sulla base dell'elenco degli oggetti esportati provvede all'esportazione dei dati.

- eseguire l'aggiornamento di tabelle esistenti, mediante lo sviluppo di 5 *script* in Perl (*Figura 4*). Il primo passo consente di esportare il contenuto delle tabelle da aggiornare dai rispettivi database, il secondo passo provvede a determinare se ci sono delle differenze e in tale caso si procede con l'aggiornamento dei dati sul database PostgreSQL.

Inoltre, il modulo Ora2Pg.pm è stato modificato per utilizzare uno *schema* diverso da quello di default.

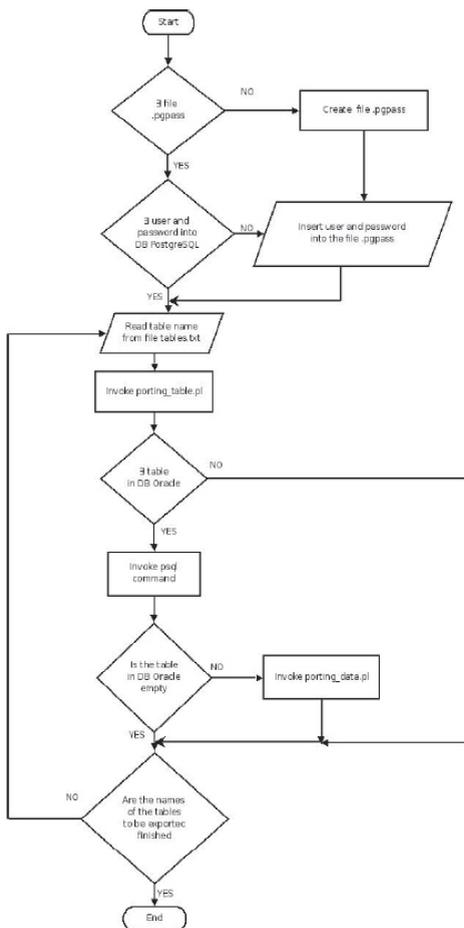


Figura 3 - Workflow per l'export di tabelle

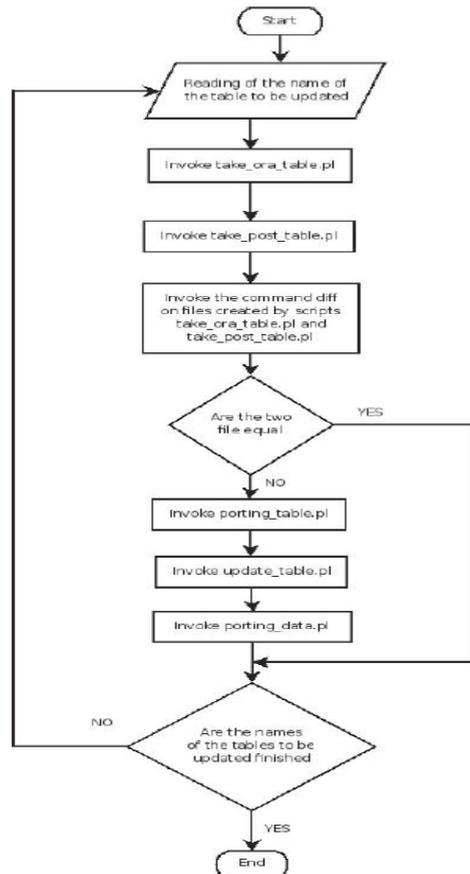


Figura 4 - Workflow per l'aggiornamento di tabelle

Ogr2ogr è un tool disponibile con le librerie gdal (versione 1.5.1) e consente di esportare i dati di tipo vettoriali. L'impiego di ogr2ogr passa attraverso uno script bash che è stato creato appositamente. Nel nostro caso specifico abbiamo la necessità di avere due tipi di export dei dati geometrici. Il primo a partire di un elenco statico di oggetti da esportare e il secondo su richiesta specifica.

4. Conclusioni

Volendo costruire un ambiente per l'analisi e la pubblicazione in ambiente *Open Source*, la prima problematica affrontata è stata quella di generare una serie di procedure in grado di replicare in *near real-time* le tabelle di sistema e i dati su PostgreSQL/PostGIS, il DBMS scelto come contenitore per tale ambiente. L'analisi include la comparazione tra i *data type* supportati e le modalità di gestione degli indici nei 2 DBMS. Procedure di automazione basate sui *tool* Ora2Pg e Ogr2Ogr sono utilizzate per la migrazione dei dati tra le due piattaforme.

Un'infrastruttura a due livelli come quella proposta presenta il duplice vantaggio di incrementare le performance, separando l'ambiente di gestione e quello di produzione, e di creare le condizioni per una migrazione progressiva da un DBMS commerciale a uno *Open Source*.

Riferimenti bibliografici

Executive Office Of The President - Office of Management and Budget (2002), "Circular No. A-16", http://www.whitehouse.gov/omb/circulars/a016/print/a016_rev.html

Groot R. and McLaughlin J.(2000), "Geospatial Data Infrastructure: Concepts, Cases and Good Practice", New York: Oxford University Press.

<http://www.samse.fr/GPL/squidclamav/>

Loney K.(2005), "ORACLE Database 10g: la Guida Completa", McGraw-Hill, Milano.

Masser I. (2005), "GIS Worlds - Creating Spatial Data Infrastructures", ESRI Press.

Nebert D. (2004), "Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook", Version 2.0, Global Spatial Data Infrastructure Association, <http://www.gsdi.org/gsdicookbookindex.asp>

The PostgreSQL Global Development Group (2007), "PostgreSQL Reference Manual", Volume 1-3, Network Theory LTD.

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

IL SUPPORTO ITALIANO ALLA GESTIONE DELLE EMERGENZE AMBIENTALI: IL CICLONE IN MYANMAR E IL TERREMOTO IN CINA

Andrea AJMAR (**), Piero BOCCARDO (*), Alessandro COLETTA (***),
Fabio Giulio TOMOLO (**), Francesca PEREZ (**), Carlos VELOSO (****)

(*) DITAG – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell' Ambiente e delle Geotecnologie, Politecnico di Torino
C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino. – piero.boccardo@polito.it

(**) ITHACA, Information Technology for Humanitarian Assistance Cooperation and Action
Via Pier Carlo Boggio 61, 10138 Torino. – (andrea.ajmar, fabio.giulionolo, francesca.perez) @ithaca.polito.it

(***) Agenzia Spaziale Italiana, Via Liegi 26, 00198 Roma – alessandro.coletta@asi.it

(****) WFP, Via C.G.Viola 68, Parco dei Medici, 00148 Roma – carlos.veloso@wfp.org

Riassunto

Alcuni recenti eventi calamitosi (il ciclone Nargis nel Myanmar ed il terremoto nella provincia cinese del Sichuan, avvenuti nei mesi di maggio e giugno 2008) dimostrano come le catastrofi naturali, anche qualora previste con giorni di anticipo, possano causare danni incalcolabili e decine di migliaia di vittime. Uno degli aspetti cruciali nelle prime ore successive al verificarsi dell'evento è la localizzazione delle aree maggiormente colpite, in modo da consentire una efficace e tempestiva organizzazione dei soccorsi. Ormai da più di un anno l'associazione ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*) svolge attività indirizzate a prevenire e valutare le conseguenze di un evento catastrofico. I progetti di ricerca sono finalizzati a fornire supporto alle attività del WFP (*World Food Programme*), la più grande agenzia operativa delle Nazioni Unite che si occupa della distribuzione di aiuti alimentari nelle situazioni di emergenza, fornendo inoltre il supporto logistico necessario a far giungere gli aiuti al momento giusto e nel posto giusto. L'attività svolta da ITHACA nell'ambito dei sopracitati eventi, in collaborazione con l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), è stata quella di produrre in tempi rapidi (poche ore dalla disponibilità del dato primario) informazioni georeferenziate a partire da dati telerilevati. Il supporto dell'ASI ha reso possibile l'utilizzo delle nuove immagini radar della costellazione satellitare italiana COSMO-SkyMed, che hanno consentito analisi di dettaglio anche quando la copertura nuvolosa presente sulle aree colpite rendeva inutilizzabili i dati ottici ad alta risoluzione. In particolare sono state delineate le aree colpite, sono stati valutati i possibili danni ad infrastrutture ed abitazioni ed è stata effettuata una stima della popolazione coinvolta.

Abstract

The cyclone Nargis that hit Myanmar in May 2008 and the earthquake occurred a month later in the Sichuan Chinese province, prove that natural disaster, although forecasted, may cause enormous damages and thousands of victims. ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action) operates in the field of early warning and early impact assessment, with a view to cooperate with the WFP (World Food Programme), the food aid arm of the United Nations and the world's largest operational humanitarian agency. Regarding the emergencies in Myanmar and in China, ITHACA produced, in a few hours from the availability of primary data, georeferenced information on the affected areas and estimates on the number of affected population. The radar images acquired by the Italian satellite constellation COSMO-SkyMed, made available by ISA (Italian Space Agency,) allowed to produce large scale maps despite the persistent cloud coverage.

Introduzione

Attualmente il numero dei disastri che occorrono in ogni parte del mondo ha raggiunto cifre senza precedenti: milioni di persone vengono colpite ogni anno da eventi calamitosi naturali e, solo negli ultimi dieci anni, più dell'80% delle vittime provocate da tutti i disastri sono state causate da eventi naturali, quali cicloni e terremoti. Il sistema delle organizzazioni umanitarie e delle Nazioni Unite sono state perciò chiamate a intensificare i loro sforzi per garantire un costante miglioramento delle loro capacità di intervento e fornitura di supporto alle popolazioni in difficoltà. Nel campo umanitario e della risposta alle emergenze, il WFP è la maggiore agenzia operativa delle Nazioni Unite e si occupa di rispondere a più di 100 emergenze e catastrofi naturali ogni anno in ogni parte del mondo, garantendo la distribuzione di beni di sopravvivenza fondamentali. Negli ultimi anni il WFP ha intrapreso un processo di progressivo rinforzo delle proprie capacità nel settore dell'*Information Management*, ritenuto fondamentale nel campo della mitigazione dei disastri. È conseguenza di questo processo la firma, avvenuta nel Febbraio del 2007, di un accordo di collaborazione con l'associazione ITHACA, che vede come soci fondatori il Politecnico di Torino e il SiTI (Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione) ed ha lo scopo di condurre attività operative e di ricerca nel settore della geomatica per l'analisi, la valutazione e la mitigazione dei danni nei casi di emergenze ambientali. Nell'ambito della suddetta collaborazione, ITHACA coordina alcuni progetti di ricerca finalizzati a fornire supporto alle attività del WFP sia nelle fasi di previsione (*Early Warning*) che in quelle di valutazione delle conseguenze di un evento catastrofico (*Early Impact*). Tra questi, uno dei principali progetti in corso è finalizzato alla realizzazione di cartografie speditive necessarie per la valutazione delle conseguenze di un evento catastrofico attraverso l'impiego di dati acquisiti da satellite. L'attività svolta da ITHACA in questo ambito ha recentemente beneficiato del supporto dell'ASI, che negli ultimi anni ha dedicato particolare attenzione allo sviluppo del programma COSMO-SkyMed, una costellazione satellitare in orbita bassa, equipaggiata con sensori radar ad apertura sintetica, che consente di monitorare il territorio in qualsiasi condizione meteorologica, con elevata frequenza di rivisitazione dei siti, e di rendere i dati acquisiti disponibili all'utenza in tempi rapidi. Si tratta del primo sistema satellitare intrinsecamente "duale", ossia con caratteristiche applicative sia civili che di sicurezza. Nel contesto del dominio civile il sistema è essenzialmente dedicato alla protezione civile, al monitoraggio dell'ambiente, alla prevenzione delle catastrofi, al controllo delle coste, al monitoraggio delle risorse agricole, forestali e idrogeologiche nonché ad applicazioni cartografiche..

Cartografia speditiva per la gestione delle emergenze ambientali

Uno degli aspetti cruciali nelle prime ore successive al verificarsi di un evento catastrofico è la localizzazione delle aree maggiormente colpite (*Early Impact*), in modo da consentire una efficace e tempestiva organizzazione delle attività di soccorso svolte dagli operatori del WFP. Le molteplici esperienze condotte da ITHACA, che è attiva in questo campo fin dalla sua nascita, hanno permesso di giungere alla definizione di procedure standardizzate e testate finalizzate alla rapida generazione di prodotti a valore aggiunto (essenzialmente di tipo cartografico) che mostrano l'impatto degli eventi sul territorio, ed in particolare: le aree fisicamente colpite dall'evento catastrofico (per esempio, nel caso di eventi alluvionali vengono individuate le aree alluvionate o aree sommerse d'acqua); la stima del numero di persone residenti nelle aree colpite; i danni alle infrastrutture, con particolare attenzione a quelle viarie. L'estrazione di tali informazioni viene effettuata mediante l'elaborazione di dati satellitari aggiornati utilizzando opportune tecniche di classificazione assistita, fotointerpretazione e successiva integrazione in ambiente GIS. I dati cartografici ottenuti, generati secondo le *Map Production Guidelines* dell'UNGIWG, sono infine resi disponibili al WFP, affinché vengano inoltrati agli uffici locali.

Solitamente, per le attività di monitoraggio e le analisi a piccola scala vengono impiegati i dati satellitari ottici a media e bassa risoluzione geometrica acquisiti dal sensore MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), montato sulle piattaforme satellitari Aqua e Terra della

NASA. Tuttavia questi dati, specie nel caso di eventi alluvionali, risultano spesso inutilizzabili a causa della persistente copertura nuvolosa presente durante gli eventi. Al contrario, la disponibilità di immagini radar ad alta risoluzione geometrica, che consente di non incorrere nel problema della copertura nuvolosa e di effettuare la stima dei danni alle infrastrutture, risulta in molti casi fondamentale per garantire la generazione dei prodotti cartografici necessari.

In particolare, alcune peculiarità della costellazione COSMO-SkyMed rendono particolarmente efficace l'impiego dei dati radar da essa acquisiti per le attività svolte da ITHACA nel campo della risposta alle emergenze. Sviluppato dall'Agenzia Spaziale Italiana in cooperazione con il Ministero della Difesa, il sistema COSMO-SkyMed si basa su una costellazione di quattro satelliti identici, dotati di radar ad apertura sintetica (SAR) che lavorano in banda X (in grado quindi di "vedere" attraverso le nuvole e in assenza di luce solare). La missione è stata concepita per garantire una copertura radar globale in tutte le condizioni atmosferiche, di giorno e di notte, un ampio numero di immagini acquisite, alta risoluzione geometrica, elevata accuratezza di georeferenziazione delle immagini, ridottissimi tempi di rivisita e di risposta, capacità interferometriche e polarimetriche. Il primo e il secondo satellite della costellazione sono stati lanciati rispettivamente nel giugno e nel dicembre 2007. Il lancio del terzo satellite è pianificato per il 23 Ottobre di quest'anno mentre la costellazione sarà completata entro i primi mesi del 2010. Una volta completato, il sistema sarà in grado di effettuare con ogni satellite fino a 450 riprese al giorno della superficie terrestre, pari a un totale di 1.800 immagini radar per l'intera costellazione, con almeno due opportunità di accesso a differenti angoli di incidenza. COSMO-SkyMed è dotato di una notevole flessibilità di utilizzo. Il sensore può acquisire infatti in differenti modalità: *spotlight* (viene acquisita un'area di pochi km quadrati, con risoluzione geometrica fino a 1 metro), *stripmap* (in questa modalità viene acquisita una striscia continua di superficie terrestre, con media risoluzione) o *scanSAR* (modalità che può coprire regioni di 100 o di 200 km di lato, con risoluzione geometrica rispettivamente di 30 e 100 m). Inoltre, sono previste differenti modalità operative che consentono brevissimi tempi di risposta (intervallo temporale compreso tra la ricezione della richiesta da parte dell'utente e la consegna del prodotto richiesto), fino a meno di 18 ore in condizioni di emergenza. Infine, COSMO-SkyMed è un sistema multi-missione, in grado di integrarsi con altri sistemi spaziali allo scopo di soddisfare le esigenze di una vasta comunità di utenze. In un tale contesto ASI ha attualmente accordi con il CNES (agenzia spaziale francese) per la realizzazione del sistema federato ORFEO (COSMO-SkyMed e sistema satellitare ottico francese Pleiades) e con la CONAE (l'Agenzia Spaziale Argentina) per la costituzione del Sistema SIASGE, Sistema Italo-Argentino di Satelliti per la Gestione delle Emergenze, che prevede l'integrazione dei sistemi satellitari italiano COSMO-SkyMed e quello argentino SAOCOM.

Il ciclone Nargis in Myanmar

Il ciclone di categoria 3 Nargis si è abbattuto sul Myanmar il 2 e 3 maggio 2008, attraversando la regione dell'Ayeyawaddy a circa 250 km a sud di Yangon. I venti superiori ai 200 km/h e le piogge torrenziali hanno devastato in particolare la regione del delta del fiume Irrawaddy, la cui porzione costiera ha anche subito gli effetti di onde anomale, con altezze fino a 3,5 m. Nargis è stato il peggior disastro naturale nella storia del Myanmar e il più devastante ciclone che abbia colpito l'Asia dal 1991.

A fine giugno il numero ufficiale di persone decedute era superiore agli 80000, con più di 50000 dispersi e circa 20000 feriti. Il ciclone ha inoltre causato la distruzione di case, campi coltivati ed infrastrutture critiche quali strade, approdi, reti idriche, depuratori e linee ad alta tensione.

Dati disponibili

I primi dati ottici disponibili sull'area interessata dall'evento sono stati acquisiti dal sensore MODIS del satellite Terra il 5 maggio 2008 alle 04.10 UTC (Figura 1,b), con una minima copertura nuvolosa che ha comunque consentito di elaborare le immagini. Al fine di minimizzare i tempi di

intervento sono state processati i Real-Time Subset forniti dal MODIS Rapid Response System, geometricamente corretti e con una dimensione del pixel a terra pari a 250 m. L'immagine di riferimento pre-evento è stata scelta in funzione dei requisiti di minimo divario temporale e minima copertura nuvolosa: è stata quindi selezionata la scena MODIS acquisita il 21 aprile 2008 dalla piattaforma Aqua (Figura 1,a). La costellazione di satelliti COSMO-SkyMed dell'ASI ha inoltre acquisito due immagini radar in data 6 e 8 maggio 2008 con risoluzioni geometriche rispettivamente di 100 m (Figura 1,c) e 5 m (Figura 1,d).

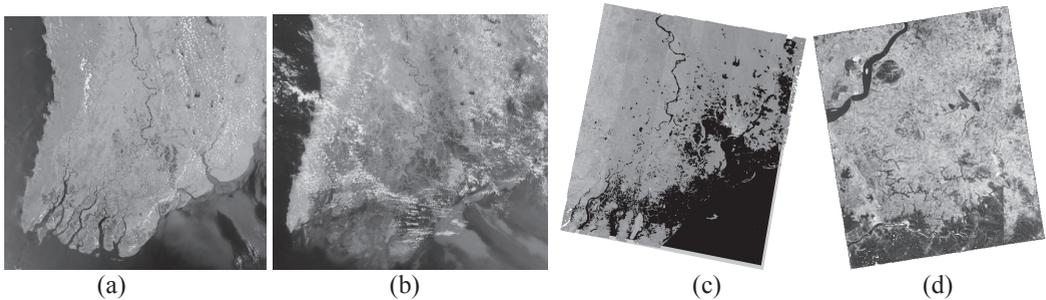


Figura 1 - a) Immagine MODIS Aqua pre-evento b) Immagine MODIS Terra post-evento (Image courtesy of MODIS Rapid Response Project at NASA/GSFC) c) Immagine COSMO-SkyMed Delta Irrawaddy – 100 m d) Immagine COSMO-SkyMed area a est di Yangon – 5 m (© ASI 2008)

Cartografia prodotta

Il confronto multitemporale tra le immagini ottiche MODIS del 5 maggio e del 21 aprile 2008 ha consentito di evidenziare le aree colpite dal ciclone, grazie alla diminuzione della risposta elettromagnetica nella banda dell'infrarosso nell'immagine successiva all'evento, imputabile sia alla presenza di aree alluvionate o umide sia alla perdita di aree vegetate a causa dei forti venti.

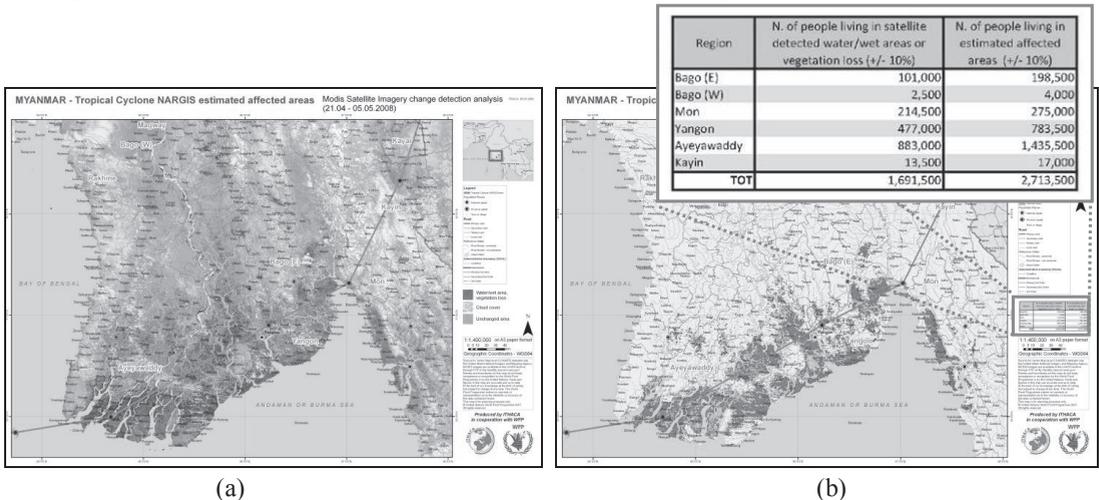


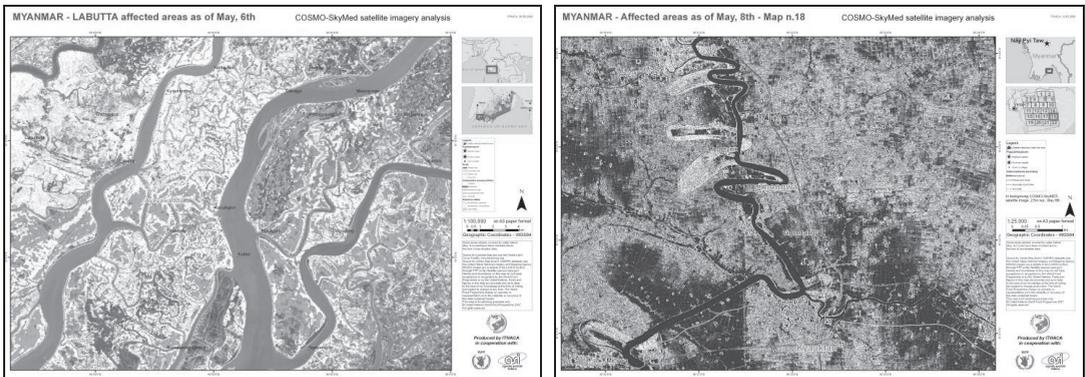
Figura 2 - a) Sintesi additiva multitemporale: in rosso le aree colpite b) Cartografia delle aree colpite e stima delle persone coinvolte

Per evidenziare tali aree è stata effettuata una sintesi additiva multi temporale assegnando al canale del rosso l'immagine pre-evento ed ai canali del verde e del blu l'immagine post-evento; il risultato è rappresentato in Figura 2,a con diverse tonalità di rosso. Successivamente è stata effettuata una classificazione dell'immagine risultante finalizzata alla vettorizzazione delle aree individuate. La

disponibilità di poligoni vettoriali è un prerequisito fondamentale per la successiva fase di intersezione con i database di popolazione disponibili per la stima della popolazione residente nelle aree colpite. Tale informazione, vitale per la corretta pianificazione dei soccorsi, è stata quindi inserita nei prodotti cartografici generati (Figura 2,b).

E' interessante notare come, seppure si tratti di stime basate su database di popolazione con copertura mondiale e conseguentemente caratterizzati da accuratze non elevate e non uniformi, il valore indicato dopo due giorni dal verificarsi dell'evento (circa 2,7 milioni di persone) sia dello stesso ordine di grandezza di quello indicato dai rapporti ufficiali risultante da indagini in campo (2,4 milioni di persone) a circa due mesi dal passaggio del ciclone.

Nei giorni successivi sono state elaborate le immagini SAR acquisite, in tempi estremamente rapidi rispetto alla richiesta di attivazione, dai satelliti radar della costellazione italiana COSMO-SkyMed. Ciò ha consentito di produrre nuove cartografie (Figura 3,a e 3,b) di maggiore dettaglio (fino alla scala cartografica 1:25000 rispetto alla scala 1:1500000 delle immagini MODIS) sulle aree prioritarie (in particolare la zona di Labutta e Bogale) indicate dagli uffici locali del WFP.



(a)

(b)

Figura 3 - Esempi di prodotti cartografici basati sulle immagini SAR COSMO-SkyMed alla scala 1:250000 (a) e 1:25000 (b)

Il terremoto nella provincia cinese del Sichuan

Alle 06.28 GMT del 12 maggio 2008 un forte sisma pari a 7.8 della scala Richter ha colpito la provincia cinese dello Sichuan nella regione del Wenchuan, con epicentro a 92 km nord-ovest dalla città di Chengdu, capoluogo della provincia del Sichuan. L'area interessata è estremamente vasta, 8 province e 852 contee, con una popolazione residente di circa 348 milioni di persone.

A fine giugno le cifre ufficiali riportano circa 69000 vittime, 374000 feriti, 18500 persone disperse e 46 milioni di persone interessate dall'evento (di cui 5 milioni hanno perso la loro abitazione).

Dati disponibili

I dati ottici acquisiti dal sensore MODIS hanno una risoluzione geometrica troppo bassa per poter essere utilizzati nella fase di valutazione dei danni di un terremoto. Si rendono quindi necessarie immagini ad alta risoluzione geometrica, sia ottiche che radar, per poter produrre cartografie a supporto delle operazioni di soccorso e gestione dell'emergenza.

I rapidi tempi di risposta resi possibili dalla disponibilità della costellazione COSMO-SkyMed hanno consentito all'ASI di acquisire le prime immagini ad alta risoluzione (fino a 1 m) sin dal giorno successivo l'evento. In Figura 4 è riportato un esempio di immagine acquisita in modalità Spotlight con risoluzione geometrica pari a 1 m, dalla quale risulta evidente l'elevato grado di fotointerpretabilità nonostante l'acquisizione di tipo radar e non ottico.



Figura 4 - Particolare dell'immagine SAR Spot COSMO-SkyMed con risoluzione geometrica di 1 m (© ASI 2008)

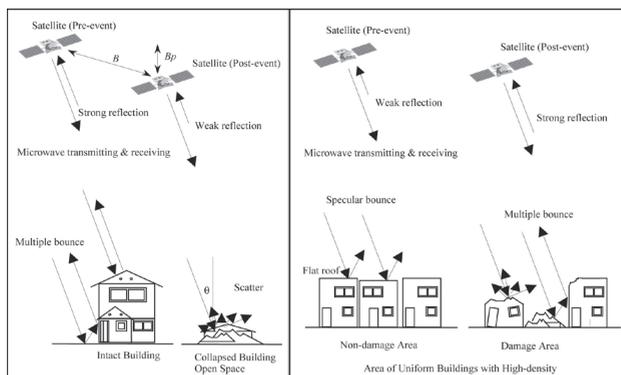


Figura 5 - Differenti comportamenti del backscattering radar in funzione della tipologia di area urbana interessata dall'evento sismico (Matsuoka, Yamazaki, 2004)

Cartografia prodotta

La mancanza di un dato di riferimento pre-evento non ha consentito l'estrazione semi-automatica di informazioni relative agli edifici ed alle infrastrutture danneggiate, in quanto il comportamento riflettivo nella banda delle microonde delle aree urbane terremotate varia radicalmente in funzione della tipologia degli edifici presenti, come evidenziato dallo schema di Figura 5.

Ciò rende indispensabile la disponibilità di dati pre-evento, al fine di valutare le differenze nell'intensità del *backscattering* radar imputabile ai possibili danni ad edifici ed infrastrutture. Per questo motivo ITHACA, autorizzata da ASI, si è limitata a facilitare la disseminazione dei dati agli enti cinesi interessati, producendo un limitato numero di mappe di riferimento.

Conclusioni

Gli esempi riportati dimostrano come la cooperazione tra entità differenti consenta di rispondere efficacemente ed in tempi molto rapidi alle catastrofi naturali quali cicloni e terremoti. In particolare il lavoro di coordinamento degli uffici locali svolto dal quartier generale del WFP a Roma ed il supporto dell'Agenzia Spaziale Italiana nella fase di acquisizione dei dati satellitari, consentono a realtà come ITHACA di generare entro poche ore dall'evento, grazie alla rapida disponibilità dei dati, prodotti a valore aggiunto a supporto delle operazioni di soccorso e gestione dell'emergenza. Particolare rilievo è stato dato alla fase di disseminazione delle informazioni e dei dati. Nel caso del ciclone in Myanmar, la cartografia prodotta è stata resa disponibile in tempo reale attraverso l'apposita sezione del sito web di ITHACA ed inoltrata direttamente agli uffici locali interessati grazie alla collaborazione con il WFP. Nel caso del terremoto in Cina ci si è invece avvalsi dell'intermediazione del consigliere scientifico dell'ambasciata cinese in Italia al fine di individuare i possibili enti cinesi interessati ad elaborare i dati acquisiti da ASI, quali il *National Remote Sensing Center of China* (NRSCC).

Bibliografia

- UNHCR, *Final report on UNHCR emergency response to Sichuan earthquake*, Giugno 2008
- Matsuoka, M., Yamazaki, F. (2004), "Building damage detection using satellite SAR intensity images for the 2003 Algeria and Iran earthquakes, pp. 1099-1102, IEEE, 0-7803-8742-2
- AA.VV., *Post-Nargis Joint Assessment*, A report prepared by the Tripartite Core Group comprised of representatives of the Government of the Union of Myanmar, the Association of Southeast Asian Nations and the United Nations with support of the Humanitarian and Development Community, Luglio 2008
- Coletta, A. Et al, (2008), "Il programma COSMO-SkyMED: descrizione della mission e del sistema e primi risultati", *Rivista Italiana di Telerilevamento*, Vol. 40, n. 2, pp. 5-13

ANALISI DELLE PRECISIONI DI MISURA SU TARGET RETRO-RIFLETTENTI CON LASER SCANNING TERRESTRE

Mario ALBA, Marco SCAIONI

Politecnico di Milano, DIAR, Polo Regionale di Lecco, via M. d'Oggiono 18/a, 23900 Lecco, Italy
{mario.alba, marco.scaioni}@polimi.it

Sommario

In diverse applicazioni di monitoraggio effettuate con laser scanning terrestre (TLS) l'utilizzo di target retro-riflettenti ha portato ad alcuni problemi nella georeferenziazione. Per questo motivo sono stati effettuati diversi test sui target retro-riflettenti, tramite l'utilizzo del laser scanner RIEGL LMS-Z420i, al fine di valutare la precisione di misura in funzione della distanza e dell'angolo di incidenza. In seguito sono stati applicati differenti algoritmi per la determinazione del centro dei target, alcuni già presenti in letteratura ed altri proposti per la prima volta. I risultati della sperimentazione hanno evidenziato un'ottima ripetitività nella misura dei target ma anche la presenza di un errore sistematico in range variabile in funzione della distanza dal TLS e dall'angolo di incidenza con cui il raggio laser colpisce il target. Nell'articolo vengono proposti e validati due diversi metodi per correggere questo errore.

Abstract

Experience in applications of terrestrial laser scanning (TLS) for deformation monitoring of concrete structures have shown the need of further exhaustive study about the quality of retro-reflecting target measurement. Here some tests carried out by means of a RIEGL LMS-Z420i laser scanner are reported. In addition, several algorithms for automatic retro-reflecting target measurement have been applied, and new ones proposed. Results obtained from lab experiments have revealed a good repeatability on target measurement, while the accuracy is highly affected by a bias on the measured range. This mainly depends on the distance of the target from TLS, and on the angle of incidence of laser beam. In order to compensate for this error, two approaches are presented and validated in the paper.

1. Introduzione

Negli ultimi anni è rapidamente cresciuto l'interesse per applicazioni di monitoraggio delle deformazioni effettuate con strumentazione *Laser Scanning Terrestre* (TLS), motivato dal fatto che questa tecnica permette di ottenere informazioni sulle deformazioni di intere superfici e non solo di pochi punti come avviene con i tradizionali strumenti per il monitoraggio strutturale. Le caratteristiche che un rilievo finalizzato a questo tipo di applicazione deve avere sono: una elevata precisione di misura, un'alta densità di punti misurati sulla superficie e un'accurata georeferenziazione delle scansioni indispensabile per poter valutare a differenti epoche le deformazioni dell'oggetto del rilievo. In letteratura vengono proposti differenti metodi per lo studio delle deformazioni che sfruttano la ridondanza delle osservazioni per ridurre l'effetto del rumore di misura. Lindembergh & Pfeifer, (2005) sfruttano un approccio basato sull'utilizzo di un numero elevato di piccoli piani (o di curve regolari) per interpolare localmente la nuvola di punti. Nel caso in cui l'oggetto è di forma regolare si preferisce interpolare l'intera superficie sfruttando equazioni geometriche note (Schneider, 2006). Infine nel caso si debbano confrontare delle superfici irregolari è possibile utilizzare algoritmi *3-D surface L.S. machining* per misurare le deformazioni locali (Monserrat & Crosetto, 2008). Esistono numerose altre problematiche che riguardano il monitoraggio con TLS ma tra queste l'aspetto di maggior importanza

è senz'altro quello della registrazione delle scansioni in un sistema di riferimento esterno ritenuto stabile nel tempo. In generale la soluzione più utilizzata per definire il sistema di riferimento comune alle differenti epoche è quello di utilizzare target, e tra questi quelli costituiti da materiale *retro-riflettente* sono tra i più impiegati.

Durante alcuni test sperimentali per il monitoraggio di grandi strutture civili è nata l'esigenza di effettuare ulteriori studi inerenti la precisione di misura su questi tipi di target. Tale fattore influenza notevolmente la qualità della georeferenziazione che risulta di primaria importanza per poter comparare scansioni acquisite a differenze epoche. In letteratura questo tema è stato poco approfondito e per tale ragione è stata indagata questa tematica effettuando alcuni test sperimentali.

2. Problematiche relative all'utilizzo di target retro-riflettenti

L'uso dei target retro-riflettenti (RRT) per la registrazione delle scansioni è attualmente molto diffuso, in quanto il loro riconoscimento automatico e la misura sono implementati in molti TLS e nei relativi programmi di acquisizione e controllo. Spesso le strategie e gli algoritmi di misura utilizzati per il calcolo delle coordinate dei RRT adottati dai differenti strumenti non sono noti agli utilizzatori. Inoltre la forma e la tipologia dei target impiegati dalle diverse case costruttrici non è standardizzata, ed alcune tipologie possono essere utilizzate solo per una specifica tipologia di TLS. Per queste ragioni risulta impossibile stabilire un metodo comune per valutare la precisione di misura dei target utilizzando strumentazione differente. D'altro canto è possibile individuare dei fattori comuni che influenzano la precisione di misura per tutti i laser a tempo di volo:

- la divergenza del raggio laser;
- la risoluzione angolare massima;
- l'angolo di incidenza tra raggio laser e superficie del target;
- intensità di risposta del laser.

In questo articolo è stata analizzata la precisione di misura dei RRT misurati con il laser scanner Riegl LMS-Z420i ed il software di acquisizione Riscan Pro. Le specifiche tecniche ad essi relative sono presenti sul sito del produttore, mentre alcuni dettagli sulla strategia impiegata dello strumento per la scansione dei target sono riportati in Alba *et al.*, 2008.

3. Descrizione dei test sperimentali

3.1 Test 1: misura su grandi distanze

Questo test è stato effettuato per valutare la precisione di misura dei target su distanze tra sensore e target comprese tra i 10÷300 m. In particolare è stata analizzata l'influenza dell'angolo di incidenza del raggio laser sul target e la dimensione della sua impronta al fine di valutare la più idonea grandezza e tipologia del target da utilizzare in funzione della distanza. Le misure sono state effettuate all'esterno a causa delle cospicue distanze in gioco. Durante questo test è stato utilizzato un pannello di 1x2 m sul quale sono stati incollati 11 target di differente forma e misura ricoperti di carta adesiva retro-riflettente. Questi possono essere raggruppati in 4 categorie:

1. *Fogli quadrati* con lato 4, 5 e 6 cm;
2. *Fogli circolari* con 10, 20 e 30 cm di diametro;
3. *Disco di alluminio* con parte riflettente di 10 cm e spessore di 0,5cm;
4. *Disco di alluminio* imbrunito con parte riflettente di 3,5 cm e spessore di 0,3cm.

Le coordinate del pannello che definiscono il sistema di riferimento terreno (GRS) sono state misurate con una stazione totale Leica TCA2003 con uno s.q.m. inferiore a $\pm 0,4$ mm. Durante il test il laser scanner è rimasto fisso mentre il pannello è stato mosso a differenti distanze (10, 50, 100, 200 e 300 m). Per ogni passo il pannello è stato ruotato di 30° rispetto al piano verticale (configurazione 'v30') e di 30° e 45° rispetto a quello orizzontale ('h30' e 'h45'). Il pannello è stato scansionato alla massima risoluzione ed i target individuati e misurati attraverso il SW Riscan Pro.

3.2 Test 2: misura su brevi distanze

Un secondo gruppo di test è stato eseguito per valutare la presenza di eventuali errori sistematici nella determinazione del centro dei RRT in funzione della distanza (r) o degli angoli azimutale (φ) e zenitale (θ). In un'aula di dimensioni 12x6x3 m sono stati incollati sui muri 38 target di forma quadrata con lato di 5 cm. Il loro centro è stato misurato con una stazione totale TCRA 1200 con s.q.m. inferiore a $\pm 1\text{mm}$. Per distinguere tra loro le due differenti prove eseguite sono state denominate come segue:

- *Ex2.1*: il TLS è stato posizionato su una stazione in un punto centrale della stanza (n. 300 in Fig. 1) e sono state eseguite 9 differenti scansioni al fine di verificare la ripetibilità delle misure;
- *Ex2.2*: il TLS è stato posizionato su 2 stazioni (n. 100 e 200 in Fig. 1) e da ciascuna di queste sono state eseguite tre differenti scansioni con lo strumento ruotato attorno all'asse orizzontale di 120° .

3.3 Test 3: misure utilizzate per la modellazione

Un target di dimensione quadrata di lato 5cm è stato incollato al centro di un disco circolare che può ruotare su ciascuno dei suoi assi senza modificarne la posizione del centro (Fig. 2). Il campo di misura è stato scelto sulla base della strategia utilizzata da SW Riscan Pro per scansionare il target (vedi Alba *et al.*, 2008). Anche in tal caso per distinguere due differenti prove queste sono state nominate come segue:

- *Ex3.1*: il target è stato acquisito a distanze intervallate di 30 cm tra 4+20m e di 1 m tra 20+35; il target è stato sempre disposto in posizione frontale rispetto allo scanner.
- *Ex3.2*: il target posto a tre differenti distanze 9, 13.5 e 18 m è stato ruotato a step di 10° da $+70^\circ$ a -70° rispetto sia all'asse verticale che orizzontale del target.

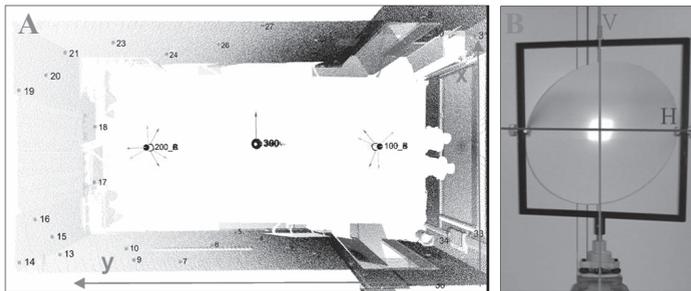


Fig. 1. Aula utilizzata nel Test 2 con stazioni e target (A), target utilizzato nel Test 3 (B)

4. Analisi dei risultati

4.1 Algoritmi per la misura automatica dei RRT

Dopo la scansione del target ad alta risoluzione il software di acquisizione calcola in modo automatico il centro dello stesso applicando un algoritmo che spesso, per i SW commerciali, risulta incognito.

In letteratura vengono proposti diversi algoritmi. Litchi *et al.* (2000) suggerisce tre diversi metodi: il primo definisce il centro (*maxrad*) di ciascun target come la posizione del punto con la massima intensità, il secondo (*maxrad4*) come la posizione media dei 4 ritorni di maggiore intensità mentre l'ultimo algoritmo (*radcent*) definisce il centro come la media di tutti i ritorni. In Valanis & Tsakiri (2004) vengono presentati e sperimentati altri algoritmi tutti basati su tecniche di *fuzzy clustering*. Durante i nostri test si utilizzerà un metodo simile a quello chiamato "fuzzypos" anche se adattato al

tipo di RRT utilizzato dallo scanner Riegl LMS-Z420i. Da un'analisi dei dati elaborati con tale metodo si è notato che i punti del target aventi maggiore intensità risultano traslati rispetto ai punti esterni allo stesso ed aventi intensità minore, ipotesi confermata anche dai test sperimentali che verranno descritti nel paragrafo 4.2.1.

Oltre ai sopra citati metodi è stato progettato un nuovo algoritmo (*intersect*) con l'obiettivo di ridurre l'errore di offset. Questo, come primo passo, utilizza la *cluster analysis* per suddividere i punti in tre classi. Successivamente, un piano interpolante π stimato viene con il metodo RANSAC utilizzando la classe di minore intensità, cioè quella non appartenente al RRT. Infine viene calcolato il baricentro G dei punti della classe con maggiore intensità ed il centro dei target T_c viene definito come intersezione tra il piano π ed il vettore congiungente il punto G con il centro del sistema di riferimento intrinseco (IRS) del laser scanner.

Questi metodi sono stati sperimentati utilizzando il Test *Ex2.2* (paragrafo 3.2). I residui calcolati rispetto ai GCP sono riportati in tabella 2, che mostra come alcuni dei metodi proposti forniscono dei risultati migliori rispetto all'algoritmo utilizzato dal SW proprietario Riscan, mentre "*intersect*", "*fuzzypos*" e "*radcent*" forniscono approssimativamente i medesimi risultati.

Algoritmo	RMS degli scarti 3-D sui target [mm]	Estimated georeferencing parameters (σ)			
		Rotations of IRS [mgon]			Position of IRS centre [mm]
		α	ϕ	κ	
<i>maxrad</i>	12.3	7.2	11.3	6.2	2.7
<i>maxrad4</i>	19.1	19.6	30.6	17.0	4.2
<i>radcent</i>	4.0	6.4	10.0	5.3	0.9
<i>fuzzypos</i>	3.9	6.2	9.6	5.5	0.9
<i>intersect</i>	3.8	6.2	9.1	5.1	0.9
<i>riscan</i>	5.0	7.7	11.9	6.6	1.1

Tab. 2. RMSE dei target dopo la georeferenziazione e deviazione standard dei parametri calcolati.

4.2 Precisione e ripetibilità sui target retro-riflettenti

4.2.1 Precisione nella misura dei target

Il test 1 è stato realizzato per valutare la precisione di misura dei target. Per questo sono stati calcolati i parametri di rototraslazione tra l'IRS del laser scanner e il GRS per tutte le configurazioni adottate. Gli RMS calcolati dopo la trasformazione evidenziano che la precisione decresce linearmente con la distanza (2,8 mm a 10 m, 5,1 a 100 m e 9,7 a 300 m) mentre non risulta influenzata dai differenti angoli di incidenza. Anche in questo caso si evidenzia il problema precedentemente citato, è infatti presente un offset tra il centro dei RRT ed il piano interpolante il pannello, una volta che sono stati rimossi i punti di maggior intensità appartenenti ai target. I risultati sono rappresentati in figura 3, dove si evidenzia un errore sistematico in funzione della distanza. Il centro dei target risulta più vicino allo strumento rispetto al piano interpolante. La differenza tra l'offset a 10 m e i restanti è imputabile alla strategia utilizzata da SW Riscan per misurare i target in funzione della distanza.

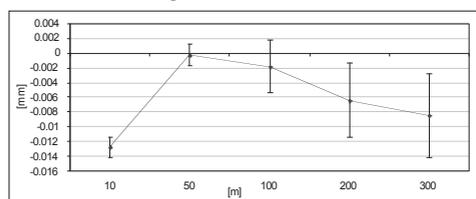


Fig. 3. Bias in funzione della distanza e relative deviazione standard

Al fine di investigare più approfonditamente tale sistematico per brevi distanze è stato utilizzato il test *Ex2.2*, anche in tal caso i residui rappresentati in figura 4 mostrano un errore sistematico in planimetria imputabile al medesimo errore già riscontrato in range.

I dati acquisiti dal test *Ex3.1* sono stati utilizzati per analizzare nel dettaglio la variazione dell'offset piano-centro target in funzione della distanza e dell'angolo d'incidenza. I risultati (Fig. 5)

presentano una crescita del bias fino alla distanza di 18 m. A distanze maggiori il trend si mantiene costante ed inizia a decrescere lentamente dopo i 28 m, risultati che appaiono in accordo con quelli ottenuti nel caso di lunghe distanze (Test 1).

In seguito sono stati analizzati i dati provenienti dal Test Ex3.2 che prende in considerazione la variazione del centro dei RRT in funzione dell'angolo d'incidenza. In questo esperimento si sono assunte come riferimento le coordinate del target disposto ortogonalmente al raggio incidente. Le differenze misurate tra le coordinate di riferimento e quelle dei target inclinati sono risultate molto piccole e si è evidenziato unicamente un errore sulla distanza. Inoltre si è calcolato, anche in tal caso, l'offset tra piano e centro del target. La figura 6 mostra come l'errore di distanza in funzione dell'angolo d'incidenza può essere attribuito all'offset tra centro del RRT e piano interpolante come confermato dall'alta correlazione lineare tra i due trend ($\rho = -0.93$).

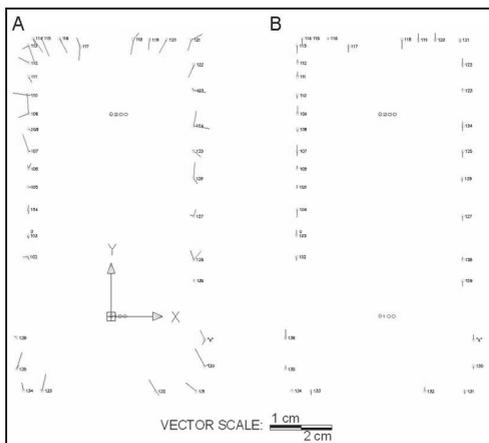


Fig. 4. Residui piano e (A) altimetrici (B), Ex2.2

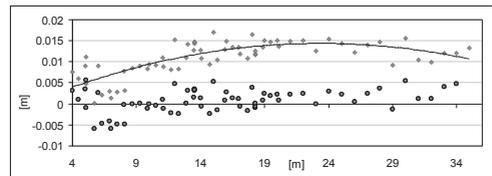


Fig. 5. Bias in funzione della distanza (punti rossi). In blu i residui dopo la modellazione, Ex3.1

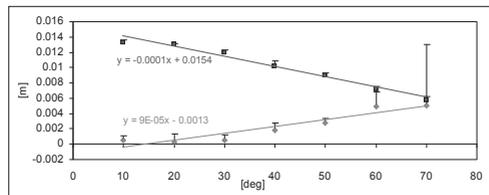


Fig. 6. Errore in range (rosso) e off-plane bias (blu) in funzione dell'angolo d'incidenza, Ex3.2

4.2.2 Analisi della ripetibilità

Al fine di valutare la ripetibilità di misura dei RRT è stata calcolata la deviazione standard delle coordinate e di altri parametri a partire da 9 scansioni ripetute (Test Ex2.1). Il RMSE delle coordinate cartesiane è risultato inferiore ad 1 mm mentre per le coordinate sferiche è risultato di $\pm 4,0$ e $\pm 9,2$ mgon per gli angoli φ e θ e di $\pm 1,1$ mm per la distanza; risultato che rivela una buona ripetibilità delle misure. Una seconda analisi di ripetibilità è stata condotta con il Test Ex2.2 dove lo strumento è stato ruotato sull'asse verticale di 120° tra le rispettive scansioni; il RMSE è stato di $\pm 4,0$ e $\pm 9,2$ mgon per gli angoli φ e θ e di $\pm 3,0$ mm per la distanza. *Modellazione dell'errore*

Durante l'analisi dei dati si è riscontrato unicamente un sistematismo sulla distanza come offset tra il centro del target e la superficie esterna allo stesso, in questa sessione si cercherà di modellare tale errore in funzione della distanza (4-35 m) e dell'angolo di incidenza. In un primo step l'errore verrà modellato solo in funzione del range attraverso la seguente funzione quadratica:

$$\Delta r_r = K_2 r^2 + K_1 r + K_0 \quad (1)$$

Dove Δr_a è la correzione per il range. Grazie al Test Ex3.1 è stato possibile stimare i coefficienti della formula (1) come $K_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ m, $K_1 = 1,2 \cdot 10^{-3}$, and $K_2 = -3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$. La figura 5 rappresenta con i punti blu i residui delle correzioni aventi media nulla ed s.q.m. di $\pm 2,2$ mm.

In un secondo momento i dati sono stati corretti in funzione dell'angolo d'incidenza (α) applicando la seguente correzione lineare:

$$\Delta r_\alpha = K_3 \alpha \quad (2)$$

Dove Δr_r è la correzione per il range. Grazie al Test *Ex3.2* è stato possibile stimare i coefficienti della formula (2) come $K_3 = -1 \cdot 10^{-4}$ m. La figura 7 rappresenta con i punti blu i residui delle correzioni fornite dalle formule (1) e (2) aventi media nulla, deviazione standard di $\pm 0,8$ mm, e valore massimo di 1,7 mm. La formula per la finale correzione del range r_c è quindi:

$$r_c = r + (\Delta r_r + \Delta r_\alpha) \quad (3)$$

Al fine di validare il modello correttivo e stimare i parametri per il Riegl LMS-Z420i è stato utilizzato un diverso dataset (*EX2.2*), le correzioni sono state applicati ai diversi algoritmi precedentemente descritti. Inoltre è stata applicata una modifica all'algoritmo *intersect*, il quale in tal caso misura l'offset tra centro del target e piano ed utilizza tale valore per correggere la distanza. I risultati sono rappresentati in tabella 8, in generale le correzioni apportate migliorano la precisione di georeferenziazione per tutti gli algoritmi in particolare l'algoritmo *intersect2* migliora di quasi il 40% i risultati forniti dal SW RiscanPro.

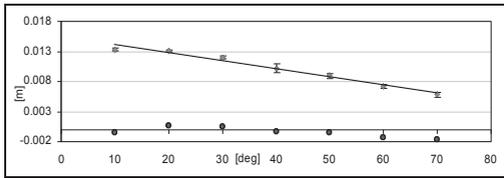


Fig. 7. Bias funzione dell'angolo d'incidenza (p.rossi). In blu i residui dopo la modellazione

Algorithm	RMSE of 3-D residuals on targets [mm]	Estimated georeferencing parameters (σ)			
		Rotations of IRS [mgon]			Position of IRS centre [mm]
		Ω	Φ	K	
<i>intersect2</i>	3.1	5.4	8.2	4.3	0.8
<i>riscan</i>	4.2	6.8	10.7	5.9	0.9
<i>fuzzypos</i>	3.5	5.7	8.9	4.9	0.8

Tab. 8. Bias in funzione della distanza (punti rossi). In blu i residui dopo la modellazione

5. Conclusioni

Nell'articolo sono stati analizzati differenti aspetti inerenti la precisione di misura di target retro-riflettenti (RRT), a tal proposito si possono sintetizzare le conclusioni in tre punti. Primo, sono stati comparati diversi algoritmi per la misura automatica del centro dei RRT. Le tecniche basate sul *fuzzy clustering* si sono dimostrate le migliori. Secondo, la ripetibilità delle misure sui RRT è risultata essere molto buona (minore di 1mm), proprietà importantissima per il monitoraggio a patto che il TLS sia correttamente riposizionato sullo stesso punto. Terzo, tutti i test hanno evidenziato la presenza di un errore sistematico nella misura della distanza, che è stato modellato in funzione della distanza e dell'angolo di incidenza aumentando la precisione di georeferenziazione del 10-16% in funzione dell'algoritmo adottato. Inoltre è stato proposto un nuovo algoritmo che valuta la correzione locale della distanza migliorando di quasi il 40% i risultati forniti dal SW RiscanPro.

Bibliografia

- Alba M., Roncoroni F., Scaioni M., 2008. "Investigations about the accuracy of target measurement for deformation monitoring". *IAPRSSIS*, Vol. 37(B5), pp.1053-1060.
- Monserrat O., Crosetto M., 2008. "Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3D surface matching". *ISPRS JPRS*, Vol. 63(1), pp. 142-154.
- Lindenbergh R., Pfeifer N., 2005. A statistical deformation analysis of two epochs of terrestrial laser data of a lock. In: A. Grün, H. Kahmen (ed.s), *Opt.3-D Meas.Tech.VII*, Vienna, Austria, pp. 61-70.
- Schneider D., 2006. Terrestrial laser scanner for area based deformation analysis of towers and water dams. Proc. of 3rd IAG Symp. of Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Baden, Austria, 22-24 Mag, 6 pp., on CDROM.
- Valanis A., Tsakiri m., 2004. Automatic Target Identification for Laser Scanners. *IAPRSSIS*, Vol. 34(5), pp. 1-6.
- Riegl, <http://www.riegl.com> (ultimo accesso 29 Agosto 2008).

APPROCCIO PRELIMINARE ALLA CREAZIONE DI UN SISTEMA DI PRE-ALLERTA PER GLI EVENTI ALLUVIONALI

Adriana ALBANESE (*), Franca DISABATO (*), Rossella VIGNA (*), Olivier TERZO (**)

(*) Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie – Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, Torino, Italy – (adriana.albanese, franca.disabato, rossella.vigna)@polito.it

(**) ISMB (Istituto Superiore Mario Boella), Via P.C. Boggio 61, Torino, Italy – terzo@ismb.it

Riassunto:

Lo scopo del progetto consiste nella messa a punto di un sistema di pre-allerta (*early warning*) di eventi alluvionali basato sull'analisi di dati spazio temporali di precipitazione messi in relazione a scenari d'evento passati, ottenuti tramite analisi di immagini satellitari, tendenzialmente a media risoluzione.

Il progetto nasce nell'ambito di ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*, www.ithaca.polito.it), la quale svolge gran parte delle sue attività di ricerca in stretta collaborazione con il WFP (*World Food Programme*), la maggiore agenzia operativa delle Nazioni Unite, fornendo soluzioni di carattere tecnico inerenti alla gestione delle emergenze a scala globale. Una delle richieste del WFP è quella di poter usufruire di un sistema previsionale di eventi meteorologici estremi in modo di avere in anticipo indicazioni sull'entità dell'alluvione, informazioni che risultano utili ai fini dell'intervento in luoghi dove un evento estremo causa solitamente crisi socio-economiche che si esprimono in termini di gravi danni e perdita di vite umane.

La metodologia adottata da ITHACA per la messa a punto di un sistema di questo tipo si basa sull'individuazione degli eventi critici di precipitazione su estensione mondiale con riferimento agli ultimi dieci anni e sulla valutazione dei relativi effetti sul territorio, con particolare attenzione alle aree coinvolte da esondazione dei corsi d'acqua. Le aree allagate sono state estratte dalle immagini satellitari, utilizzando idonee procedure di classificazione e analizzando gli aspetti geomorfologici definendo le aree potenzialmente inondabili. Differenti tipi di analisi, tra cui quella idrologica e statistica, sono state condotte a partire dai dati storici di precipitazione, definendo i dati di pioggia cumulata per ciascun evento alluvionale e analizzandone la correlazione con gli effetti prodotti sul territorio.

Il sistema di pre-allerta permette di monitorare i valori di pioggia in tempo reale, utilizzando dati di precipitazione satellitari provenienti dal satellite TRMM, di confrontarli con i dati storici archiviati nel data base, di produrre un'allerta al raggiungimento delle soglie di precipitazione critica e di estrarre in modo automatico una mappa dello scenario delle aree alluvionate, riferita ad un evento alluvionale del passato con simili valori di precipitazione.

Abstract:

The aim of the project is the development of an Early Warning system for flood events based on precipitation analysis and related to historical flooded area detection.

The recently change of Humanitarian International Agencies in the way to approach the emergency preparedness has lead UN (United Nations) system to create a tightened collaboration with different research centers, where ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action) is one of these, with the aim to find new suited technologies to support the interventions.

Could it be extremely useful mapping the risk scenarios and establishing a flood forecasting system in the so called LDCs (Less Developed Countries), where an extreme meteorological event usually

Metodologia e sviluppo del progetto

Le due tipologie di dato precedentemente descritte devono essere trasformate dal formato nativo, in cui i valori di pioggia sono associati alla cella di 0.25° di lato, in un formato testuale (ascii) richiesto dall'architettura del database in cui questi vengono archiviati. Nella struttura del database utilizzato (Oracle 10g) è stato predisposto che i valori di pioggia vengano associati ad un'entità primaria denominata *geodb_id*, rappresentata dalla porzione di cella da 0.25° x 0.25° contenuta nel bacino idrografico di riferimento (vedi figura 2). Si è scelto inoltre di trasformare i valori di precipitazione (mm/hr) in valori di pioggia cumulata nelle tre ore. Sulla base di queste necessità sono state effettuate le seguenti trasformazioni:

- identificazione della collocazione temporale del dato in ingresso (anno, mese, giorno, ora);
- ricampionamento del dato di pioggia sulla base dei *geodb_id*;
- trasformazione del dato da intensità di pioggia a pioggia cumulata sulle tre ore;
- creazione del file Ascii strutturato in: identificatore di *geodb_id*, collocazione temporale (anno, mese, giorno, ora), valori di pioggia cumulata sulle tre ore provenienti dal 3B42 e dal 3B42RT.



Figura 2 – Gruppo di *geodb_id* appartenenti al bacino del Taedong (Nord Korea).

Le elaborazioni di trasformazione sono effettuate in IDL (Interactive Data Language), ambiente che consente un'efficiente elaborazione del dato in formato raster.

Una volta eseguite queste elaborazioni i dati sono stati caricati all'interno del database e, sfruttando le potenzialità di Oracle e del linguaggio sql, sono state calcolate le medie del valore di precipitazione cumulata a livello di bacino, ponderate sulla porzione di area di *geodb_id* contenuta nel bacino considerato, assumendo la precipitazione uniformemente distribuita sulla cella.

L'architettura del database è stata progettata secondo la metodologia del Data Warehouse (Golfarelli, Rizzi, 2002) sviluppata con schema a stella, ossia dove i dati multidimensionali vengono rappresentati attraverso il modello relazionale consistente in fact table e dimension table a essa collegate.

Sono stati definiti due livelli di aggregazione: uno a livello spaziale e uno a livello temporale. Il primo è definito attraverso anno, mese, giorno, 3h (il dato viene fornito ogni 3 ore) ed è stata creata una tabella denominata *time_ref table* con lo scopo di selezionare i dati per uno specifico periodo; il secondo invece è definito secondo le informazioni georeferenziate fornite dal processamento precedente del dato tramite IDL. E' stata creata una tabella *basin_ref table*, dove si è assegnato un identificatore per ogni *geodb_id*, connesso al bacino di appartenenza. E' possibile quindi eseguire queries a livello spaziale e temporale chiedendo di selezionare una specifica area per un determinato periodo. Ogni *geodb_id* possiede collegate una serie di informazioni: l'appartenza ad un continente, ad un bacino idrografico di livello 6, 5, 4, 3, 2, 1 l'area di *geodb_id* e un riferimento alla tabella contenente i valori di pioggia da 3B42 e 3B42RT.

Una volta definita l'architettura del sistema, il progetto si suddivide fundamentalmente in due parti:

- analisi idrologica dei dieci anni di dato di precipitazione con calcolo delle curve di possibilità pluviometrica per ogni bacino idrologico e calcolo delle piogge critiche;
- monitoraggio in *real time* della criticità della pioggia con relativa previsione di scenario alluvionale.

L'analisi idrologica consiste nella creazione della curve di possibilità pluviometrica, ossia nel mettere in relazione l'altezza di pioggia con la durata. Questa relazione si rappresenta con una curva che fornisce, per un assegnato valore di tempo di ritorno T, la relazione tra la durata della pioggia *d* e la relativa altezza di precipitazione *h*. Per individuare la curva di possibilità pluviometrica con accettabile approssimazione è necessario conoscere le altezze di precipitazione corrispondenti al tempo di ritorno fissato per un certo numero di durate diverse, opportunamente scelte sulla base delle caratteristiche del bacino idrografico. Per la costruzione della curva empirica di relazione tra altezza e durata sono stati calcolati, per ogni bacino idrografico, i massimi di pioggia annuali per le varie durate scelte; una volta identificati i valori massimi annuali sono state plottate le medie su dieci anni dei valori massimi calcolati (vedi figura 3).

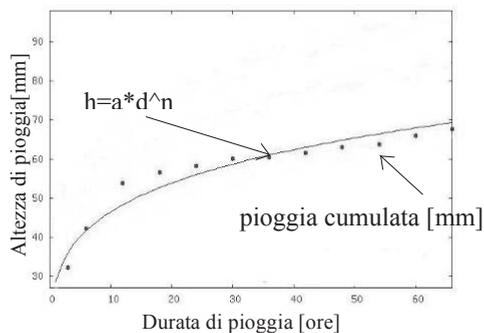


Figura 3 –Curva empirica delle medie calcolate su dieci anni dei massimi annuali per varie durate di precipitazione e curva di possibilità pluviometrica

L'interpolazione di questa curva è stata effettuata con l'espressione analitica

$$h(d) = a \cdot d^n \quad [1]$$

dove

h = altezza di precipitazione

d = durata di pioggia

a, n = coefficienti

E' stato calcolato inoltre il fattore di frequenza KT

$$KT = 1 - cv_m \cdot \left(0.45 + \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \right) \log \left(\log \frac{returntime}{returntime - 1} \right) \right) \quad [2]$$

dove *cv_m* è la media dei coefficienti di variazione fra *x* e *y*. E' possibile applicare il fattore di frequenza KT all'espressione della curva in modo da ottenere le curve per tempi di ritorno di 2, 5, 10 anni:

$$h(d, tempodiritorno) = KT(tempodiritorno) \cdot a \cdot d^n \quad [3]$$

Il sistema in *real time* (figura 8) utilizza il dato 3B42RT caricandolo originale nella struttura del database e provvedendo all'apporto di una correzione in fase di calcolo della media pesata sul bacino. Tale correzione viene calcolata analizzando a confronto il dato 3B42 e 3B42RT sui 5 anni di sovrapposizione dei due dati (12/2002-12/2007).

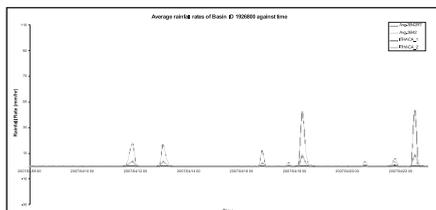


Figura 7 – Confronto fra dati TRMM 3B42, 3B42RT e dato corretto (ITHACA 1, 2)

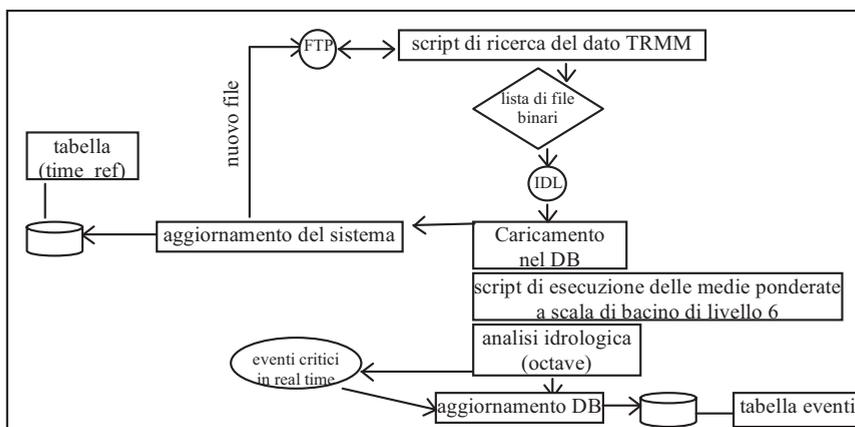


Figura 8 – Schema di flusso semplificato del sistema di monitoraggio in real time

Bibliografia

Applications of GTOPO30 and HYDRO1K:

<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/>

Disabato F., in stampa. Classificazione automatica di aree alluvionate. Atti del Convegno ASITA, 21-24 ottobre, L'Aquila.

Golfarelli M., Rizzi S., 2002. Data Warehouse, Teoria e pratica della progettazione. Mc Graw-Hill.

Huffman G.J., Adler R.F., Rudolph B., Schneider U. and Keehn P., 1995. Global Precipitation Estimates Based on a Technique for Combining Satellite-Based Estimates, Rain Gauge Analysis, and NWP Model Precipitation Information. J. Clim., 8, pp. 1284-1295.

TRMM 3B42:

http://disc.gsfc.nasa.gov/data/datapool/TRMM_DP/01_Data_Products/02_Gridded/06_3-hour_Gpi_Cal_3B_42/

TRMM 3B42RT:

<ftp://trmmopen.gsfc.nasa.gov/pub/merged/mergeIRMicro>

PROCEDURE SPERIMENTALI DI CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA DA DATI TELERILEVATI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE INONDABILI DA GRANDI EVENTI ALLUVIONALI

Adriana ALBANESE (*), Marco GIARDINO (**), Luigi PEROTTI (**), Rossella VIGNA (*)

(*) Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie - Politecnico di Torino
Corso Duca degli Abruzzi 24, Torino – (adriana.albanese, rossella.vigna)@polito.it

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

Riassunto

Lo scopo del progetto consiste nella messa a punto di una procedura che utilizzi dati telerilevati per la creazione di cartografia geomorfologica, volta alla definizione delle aree alluvionabili; tale metodologia è sviluppata presso il centro di ricerca ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*, www.ithaca.polito.it) nel progetto di pre-allerta per grandi eventi alluvionali su scala mondiale e costituisce una validazione qualitativa delle procedure automatiche di delimitazione delle aree soggette ad esondazione dei corsi d'acqua.

La metodologia si basa sull'utilizzo di immagini pancromatiche e multispettrali a varie scale e sull'analisi dei dati altimetrici da satellite, principalmente SRTM e LANDSAT, dalle quali estrarre DSM e tematismi per la caratterizzazione topografica e geomorfologica del territorio.

L'analisi geomorfologica permette di identificare le aree a potenziale rischio di inondazione, riconoscendo le forme caratteristiche dell'ambiente fluviale, del presente e del passato, sia di tipo erosionale che deposizionale: scarpate, orli di terrazzo, meandri abbandonati, ecc...

Il dato geomorfologico si è rivelato un utile strumento di verifica dei risultati della classificazione automatica, la quale tiene conto delle caratteristiche radiometriche del corpo investigato senza poter però considerare altre caratteristiche fisiche del territorio, quali ad esempio gli aspetti altimetrici e morfologici.

Abstract

The purpose of the project consists in the development of a procedure that uses remote sensing data for the creation of geomorphologic maps, aimed at defining the flood prone areas; this methodology is developed by ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*, www.ithaca.polito.it) within the Early Warning project for heavy flood events on a worldwide scale, and it represents a qualitative validation of the automatic procedures for flood prone areas determination.

The methodology is based on the use of panchromatic and multispectral images at different scales and on the analysis of altimetric data from satellite, mainly SRTM and LANDSAT, from which to extract DSM and thematism for a topographical and geomorphological characterization of the territory.

The geomorphological analysis allows to identify the areas potentially at risk of flood, recognizing the past and present fluvial forms, either erosive or depositional type: scarps, terrace edges, abandoned meanders, etc...

The geomorphological data has proved to be an useful instrument to verify the results of the automatic classification, which takes into account the radiometric characteristics of the investigated

body, but without being able to take into consideration other physical characteristics of the territory, like altimetric and morphological aspects.

Introduzione

Questo lavoro si inserisce all'interno di un progetto di pre-allerta per grandi eventi alluvionali su scala mondiale sviluppato da ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*), un centro di ricerca fondato da Politecnico di Torino e SiTI (Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione) in cooperazione con il WFP (*World Food Programme*), la più grande agenzia operativa delle Nazioni Unite. ITHACA conduce attività di ricerca nel campo della Geomatica, per il monitoraggio, l'analisi e la previsione delle catastrofi naturali, con particolare attenzione ai paesi meno sviluppati del mondo. La collaborazione tra ITHACA e WFP ha contribuito ad aumentare l'efficacia dell'approccio utilizzato nell'affrontare le emergenze, attraverso differenti attività come quelle di pre-allerta (*early warning*), di realizzazione di cartografie riguardanti la situazione successiva al passaggio di un evento alluvionale (attività di *early impact*) e di creazione di un geodatabase globale (*Spatial Data Infrastructure*). In particolare, il progetto di pre-allerta per gli eventi alluvionali costituisce uno strumento necessario per la valutazione delle aree potenzialmente inondabili e per la stima della gravità dell'evento.

Il progetto di pre-allerta

La metodologia adottata per sviluppare il sistema di pre-allerta per gli eventi alluvionali è basata sull'individuazione degli eventi critici di precipitazione su estensione mondiale e sulla valutazione degli effetti sul territorio, con particolare attenzione alle aree coinvolte da esondazione dei corsi d'acqua (Albanese et al., 2008). Il progetto è composto da due parti successive: una fase preliminare consiste nell'elaborazione dei dati di tipo storico, mentre la seconda fase è costituita dal vero e proprio sistema di pre-allerta, basato sull'analisi di dati in *near real-time* (figura 1).

Al fine di fornire carattere mondiale al progetto di pre-allerta, si utilizzano dati di precipitazione telerilevati, con copertura quasi globale; per quanto riguarda i dati storici, si tratta del prodotto 3B42, proveniente dal satellite TRMM (*Tropical Measuring Mission*), che fornisce dati di precipitazione con risoluzione temporale di 3 ore e con risoluzione spaziale di 0.25 x 0.25 gradi di latitudine/longitudine, nella fascia compresa tra 50 gradi di latitudine Nord e 50 gradi di latitudine Sud (Huffman et al., 1995); i dati sono disponibili dal 1998.

A partire da tali dati è stata condotta un'analisi idrologica al fine di determinare i valori di pioggia cumulata per ciascun evento alluvionale; l'analisi è stata condotta a scala di bacino idrografico, dal momento che gli effetti di un evento alluvionale dipendono dalle caratteristiche del bacino idrografico stesso. La delimitazione del territorio in bacini idrografici, disponibile come layer GIS (HYDRO 1k del GTOPO30), è costituita da suddivisioni in diversi livelli, con maggior grado di dettaglio a partire dal livello 1 fino al livello 6. E' stato necessario ricampionare i dati di precipitazione sulla base di questo nuovo layer: il grigliato dei dati di precipitazione del TRMM (0.25 x 0.25 gradi lat/lon) è stato sovrapposto al layer dei bacini di livello 6, dall'intersezione dei quali sono state ottenute nuove suddivisioni areali. I dati di pioggia sono stati associati a ciascuna di queste nuove unità areali, consentendo il calcolo delle precipitazioni cumulate a scala di bacino idrografico per ciascun evento alluvionale.

Successivamente l'attenzione è rivolta alla valutazione degli effetti sul territorio: le aree inondate in ciascun evento alluvionale sono estratte da immagini satellitari, utilizzando idonee procedure di classificazione, che forniscono una risposta "immediata" al problema (Disabato, in stampa). A questa analisi preliminare e speditiva si affianca un'analisi di tipo geomorfologico, che costituisce una valutazione qualitativa delle procedure automatiche di delimitazione delle aree soggette ad esondazione dei corsi d'acqua. La classificazione automatica e l'analisi geomorfologica consentono di creare mappe di scenario degli eventi analizzati.

Dalla correlazione tra i dati di precipitazione cumulata e gli effetti prodotti sul territorio si possono definire soglie critiche di precipitazione per ciascuna area di interesse e associare tali soglie ai corrispondenti scenari d'evento, archiviandoli in un database.

Conclusa l'analisi dei dati storici, il sistema di pre-allerta permette di monitorare i valori di pioggia in tempo reale, utilizzando dati in *near real-time*: si tratta dei dati 3B42RT del TRMM, con le stesse risoluzioni temporali e spaziali del 3B42, ma forniti con 6 ore di ritardo (mentre i precedenti sono resi disponibili dopo 2 mesi). L'elaborazione e il confronto dei dati in *near real-time* con i valori storici archiviati nel database consente di produrre un'allerta al raggiungimento delle soglie di precipitazione critiche, estraendo in modo automatico una mappa dello scenario delle aree alluvionate, riferita ad un evento alluvionale del passato con simili valori di precipitazione (figura 1).

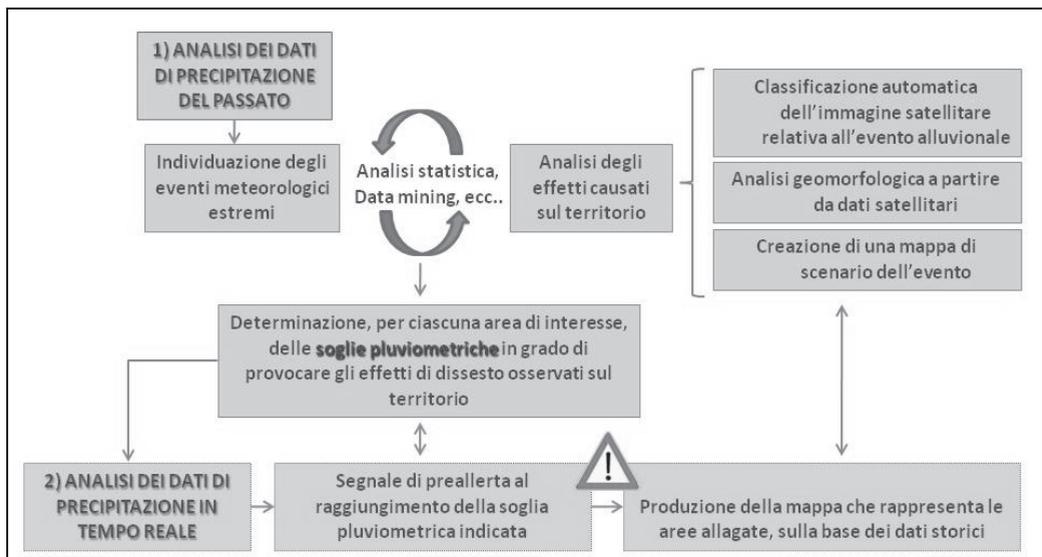


Figura 1 – Schematizzazione del progetto di pre-allerta.

Cartografia geomorfologica da dati tele rilevati

L'analisi geomorfologica permette di identificare le aree a potenziale rischio di inondazione lungo i corsi d'acqua, valutando le caratteristiche geomorfologiche del presente e del passato, sia a scala di bacino idrografico sia sui singoli segmenti dei corsi d'acqua interessati. Questi elementi sono ricercati in particolare per evidenziare le zone soggette ad esondazione dei corsi d'acqua, come le piane alluvionali, dove le basse pendenze possono causare il ricongiungimento al corso d'acqua delle forme abbandonate (ad esempio i canali relitti).

La metodologia si basa sull'utilizzo di immagini pancromatiche e multispettrali a varie scale e sull'analisi dei dati altimetrici da satellite, dalle quali estrarre DSM e tematismi per la caratterizzazione topografica e geomorfologica del territorio.

I dati utilizzati a questo proposito sono:

- dati telerilevati riguardanti l'altimetria del territorio (*Digital Elevation Model, DEM*): si tratta dei dati SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), acquisiti da un satellite della NASA, con risoluzione spaziale di 90 metri;
- immagini LANDSAT ETM+, con risoluzione spaziale di 30 metri.

L'utilizzo di dati a media risoluzione dipende dalla necessità di avere a disposizione una copertura globale, considerando il carattere mondiale del progetto di pre-allerta in cui si inserisce; si tratta

inoltre di dati disponibili gratuitamente, per rispettare gli accordi con il WFP che richiede l'utilizzo di dati di pubblico dominio.

La prima fase di analisi consiste nell'elaborazione dei dati di altimetria del terreno (SRTM DEM) al fine di produrre mappe morfometriche, quali la mappa dell'ombreggiatura (*hillshade*), quella della pendenza e della minima e massima curvatura del terreno (figura 2). Questa semplice elaborazione in ambiente GIS del dato topografico permette un'identificazione delle aree di pertinenza fluviale, sulla base dei valori di pendenza e di prossimità al corso d'acqua. All'interno delle aree così delimitate si esegue successivamente un'analisi interpretativa su immagini LANDSAT, di cui si sfruttano le caratteristiche multispettrali per evidenziare particolari forme fluviali. In alcuni casi può essere necessario ricorrere all'utilizzo di immagini ad alta risoluzione; la necessità di utilizzare immagini gratuite è attuata avvalendosi delle immagini visualizzabili su Google Earth ®.

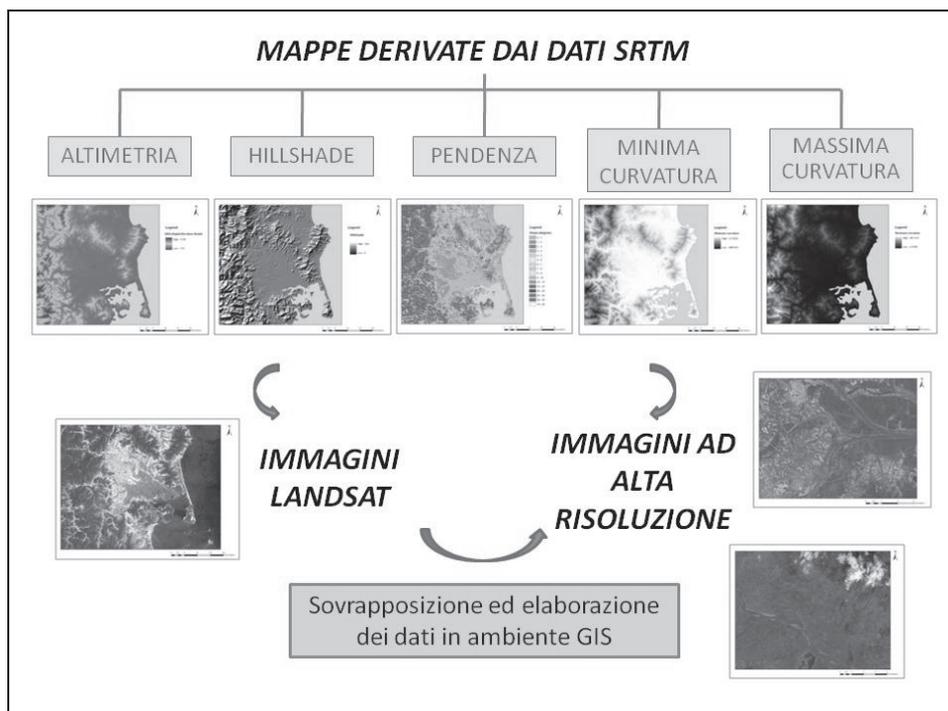


Figura 2 – Elaborazione dei dati SRTM e LANDSAT.

L'elaborazione dei dati in ambiente GIS permette in primo luogo di identificare le aree a bassa pendenza con reticolo idrografico ben sviluppato e in seconda analisi di delimitare le aree suscettibili ad eventi alluvionali; in alcuni settori del bacino idrografico, si può svolgere un'analisi geomorfologica di maggior dettaglio, al fine di riconoscere le forme fluviali e fornire indicazioni riguardo possibili salti di meandro, riattivazione di canali abbandonati, presenza di terrazzi fluviali in grado ostacolare l'esondazione del corso d'acqua, ecc...(figura 3).

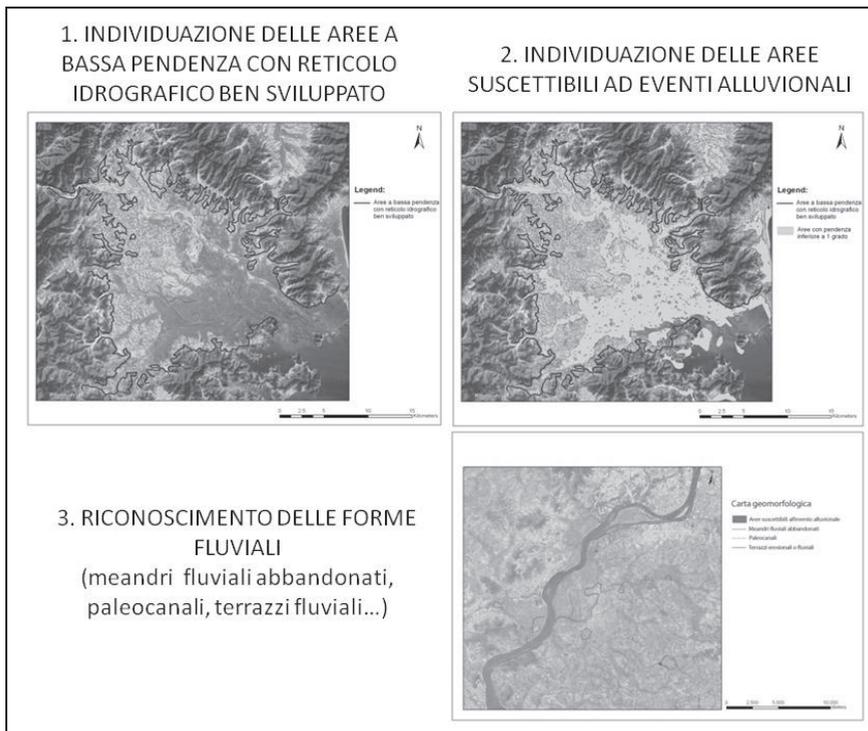


Figura 3 – Mappe geomorfologiche prodotte dall’elaborazione dei dati SRTM e LANDSAT.

Le mappe geomorfologiche prodotte risultano un utile strumento di verifica dei risultati che si ottengono dall’applicazione di metodi di classificazione automatica di immagini telerilevate acquisite in seguito ad un evento alluvionale. A tal fine si utilizzano immagini telerilevate a media risoluzione (ad esempio immagini MODIS) e si applicano metodi di classificazione supervisionata, come il *Maximum Likelihood Method* utilizzabile con il software ENVI, al fine di produrre mappe tematiche che indichino le zone coperte da acqua dopo un evento alluvionale. Le classificazioni automatiche costituiscono un metodo speditivo per produrre cartografie tematiche e avvengono sulla base delle firme spettrali di ogni singola cella, la quale viene in questo modo assegnata ad una specifica classe tematica; si basa, dunque, sulle informazioni spettrali legate alla singola cella e non considera le caratteristiche fisiche del territorio.

Risulta quindi molto utile affiancare entrambe le metodologie, producendo inizialmente una carta tematica che costituisca la delimitazione delle aree inondate durante l’evento alluvionale (figura 4); successivamente con la sovrapposizione delle aree suscettibili agli eventi alluvionali, determinate con il metodo geomorfologico, si effettua una validazione qualitativa delle aree esondate, tenendo conto dell’altimetria del territorio.

Conclusioni

La procedura di classificazione automatica di immagini MODIS, messa a punto da ITHACA all’interno del progetto di pre-allerta, costituisce un metodo speditivo e automatico di estrazione delle aree allagate a seguito di un evento alluvionale, fornendo risultati in tempi brevi. Questa delimitazione delle aree inondate è svolta esclusivamente tenendo conto delle caratteristiche radiometriche del corpo investigato; per questo motivo, si è dimostrato molto utile completare e validare i risultati ottenuti analizzando le caratteristiche altimetriche del territorio.

L'analisi geomorfologica svolta a partire da dati telerilevati permette, infatti, di individuare quali possano essere le aree inondabili a seguito di grandi eventi alluvionali: tramite l'uso dei dati SRTM e LANDSAT sono delineate le caratteristiche altimetriche e morfologiche delle aree indagate e definite le aree suscettibili agli eventi alluvionali. I risultati ottenuti sono utilizzati per fornire eventuali correzioni alle mappe ottenute dai metodi di classificazione automatica. L'analisi geomorfologica di maggior dettaglio, inoltre, consente di evidenziare particolari forme fluviali, riconoscendo le aree a maggiore pericolosità, sulla base ad esempio dell'individuazione di possibili riattivazioni di antichi percorsi fluviali.

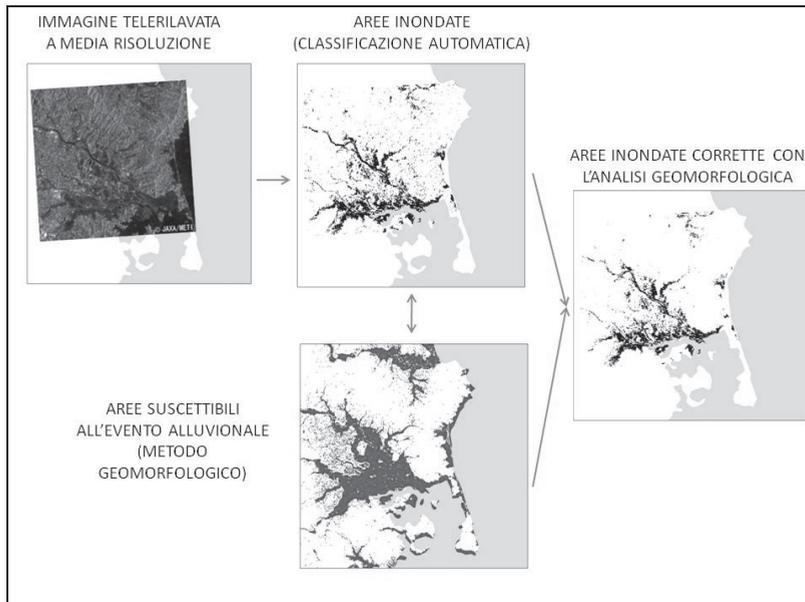


Figura 4 – Produzione di una mappa tematica con le aree inondate a seguito di un evento alluvionale, con utilizzo del metodo di classificazione automatica e dell'analisi geomorfologica.

Bibliografia

- Albanese A., Disabato F., Terzo O., Vigna R., Giardino M., Perotti L. (2008). "A preliminary approach to flood risk mapping and flood forecasting system for the LDCs", *Proceedings of XXI Congress the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Beijing 2008*, 1537 – 1542.
- Carling P.A., Petts G.E. (1992). *Lowland floodplains rivers: geomorphological perspectives*. Wiley, Chichester.
- Disabato F. (in stampa). "Classificazione automatica di aree alluvionate", *Atti del convegno ASITA 21-24 ottobre 2008 L'Aquila*.
- Huffman G.J., Adler R.F., Rudolph B., Schneider U., Keehn P. (1995). "Global Precipitation Estimates Based on a Technique for Combining Satellite-Based Estimates, Rain Gauge Analysis, and NWP Model Precipitation Information", *J. Clim.*, 8, 1284-1295.

ANALISI MULTITEMPORALE DELLA TORBIDITÀ NELLA LAGUNA DI VENEZIA UTILIZZANDO IMMAGINI STORICHE DEI SATELLITI LANDSAT

Luigi ALBEROTANZA (*), Angelo ZANDONELLA (**)

(*) CNR-ISMAR, Castello 1364/A, 30122 Venezia, e-mail: luigi.alberotanza@ismar.cnr.it

(**) Consulente in Remote Sensing, Via Usodimare 46, 00154 Roma, e-mail: angelo.zandonella@ieee.org

Riassunto

L'evoluzione della torbidità nella laguna di Venezia è stata ricostruita sulla base di dati di stima della Concentrazione dei Sedimenti in Sospensione ottenuta dall'elaborazione di 40 immagini Landsat TM ed ETM+ acquisite nel periodo 1984-2001.

Per rendere comparabili immagini acquisite in tempi diversi, le immagini sono state normalizzate rispetto ai parametri di geometria dell'illuminazione solare ed agli oggetti della scena scuri.

Abstract

Venice lagoon water turbidity evolution was studied by using Suspended Sediment Concentration estimation data, retrieved by 40 Landsat TM and ETM+ images collected from different years in the period 1984-2001. To compare images acquired in different time periods, selected images were normalized with respect solar illumination geometry parameters and dark scene objects.

Introduzione

La presenza di torbide in sospensione nella Laguna di Venezia dipende da un certo numero di fattori che influiscono in modo diverso su tale fenomeno anche in relazione alle loro concomitanze.

Tali fattori sono: le immissioni dei vari corsi d'acqua che in essa vi sfociano; le correnti di marea; il vento ed il conseguente moto ondoso da esso generato; l'azione dell'uomo.

L'azione antropica è determinante nella mobilitazione dei sedimenti sia nella immissione che, soprattutto, nella rimessa in sospensione. Concorrono a tale azione molteplici contributi individuabili in: scarichi industriali e urbani; moto ondoso causato dal transito delle navi e dei natanti; sistemi di pesca, per lo più abusiva, praticata nei bassi fondali con sistemi meccanici; lavori di banchinamento lungo le barene con terminazioni di ricostruzione morfologiche.

Lo scopo di questo lavoro consiste nel contribuire a delineare, da un punto di vista qualitativo, l'andamento storico della torbidità delle acque della laguna di Venezia, nel periodo 1984 – 2001, utilizzando immagini storiche acquisite dai satelliti della serie Landsat con i sensori TM ed ETM+. L'evoluzione della torbidità è stata ricostruita sulla base di dati di stima della CSS (Concentrazione dei Sedimenti in Sospensione) ottenuta dall'elaborazione di tali immagini.

Le immagini utilizzate (40) provengono dall'archivio del Servizio Informativo del MAV (Magistrato alle Acque di Venezia). La selezione è stata svolta secondo criteri di assenza di copertura nuvolosa, di limitato degrado residuo dovuto al sensore e di interpretabilità per lo studio dei sedimenti in sospensione. Ciò ha portato a privilegiare immagini acquisite tra la tarda primavera e la stagione estiva (minore copertura nuvolosa) e tra esse quelle acquisite in marea di sizigie, condizioni in cui la maggiore escursione di marea e le correnti associate rendono più marcata la variabilità spazio-temporale della torbidità.

Il lavoro è suddiviso in due parti. La prima riguarda la metodologia usata per la produzione degli elaborati. La seconda l'analisi della distribuzione delle torbide mediante interpretazione visiva.

Stima della CSS

I dati di stima della CSS sono ottenuti dall'immagine sintetica della **somma delle riflettanze normalizzate** delle bande del verde e dell'infrarosso vicino: bande 2 e 4 dei sensori TM ed ETM+. La relazione fra CSS e riflettanza spettrale nelle regioni del verde e infrarosso vicino è riportata in letteratura da numerosi Autori (cfr., ad esempio, Wezernak et al., 1996, Han, 1997, Tolk et al., 2000). In tali regioni la correlazione fra riflettanza spettrale e CSS risulta massima mentre la correlazione fra clorofilla e riflettanza spettrale risulta minima. Nella regione del verde le stime della CSS vengono effettuate lungo la colonna d'acqua fino ad una profondità correlata, a sua volta, alla concentrazione dei sedimenti ed alla penetrazione della luce nel corpo idrico. Nella regione dell'infrarosso vicino le stime della CSS vengono effettuate sulla superficie dell'acqua. Le mappe prodotte della CSS sono a livello qualitativo: vanno da bassa ad alta concentrazione.

Normalizzazione delle riflettanze

I dati di radianza dei sensori TM ed ETM+ possono essere facilmente convertiti in dati di riflettanza spettrale al sensore, utilizzando le procedure riportate in Chander e Markham, 2003 per il TM e NASA, 2004 per l'ETM+.

Nella stima della riflettanza spettrale un grosso peso è dato dall'angolo solare zenitale. Tale dato, riportato nei file di header delle varie bande, è calcolato per il centro della scena acquisita. Questo dato varia dal centro verso i bordi della scena con implicazioni non trascurabili sulla accuratezza dei valori di riflettanza. Per questa ragione l'angolo solare zenitale, utilizzato nel lavoro per la stima delle riflettanze, è stato calcolato nel punto di coordinate Lat N 45:23 e Lon E 12:25.

Lo scopo della normalizzazione delle riflettanze, rispetto ai parametri di geometria dell'illuminazione solare e agli oggetti più scuri della scena, è quello di rendere comparabili le immagini acquisite in tempi diversi, riducendo o eliminando, dalle stime della CSS, gli effetti di fattori estranei come: fondali sabbiosi, vegetazione del fondo emersi, macroalghe in marcescenza, aree anossiche o fortemente eutrofizzate, effetto dello scintillio del sole sulla superficie dell'acqua. Una descrizione formale della procedura è riportata in ALLEGATO.

Analisi dei fattori influenzanti la torbidità dell'acqua

Alcuni esempi di tali fattori, riscontrati nelle varie immagini, sono riportati nel seguito.

Immagine acquisita il 26 giugno 1990 alle ore 9:34. Il basso livello mareale (- 7 cm. a Punta della Salute) mostra ampie coperture di vegetazione del fondo (Figura 1). Aree anossiche sono presenti in alcune zone nel Bacino Centrale nonché tra S. Erasmo e Tessera (Figura 3). I sedimenti rimessi in sospensione (colori rosso e arancione nelle mappe di stima della CSS) lungo i canali di Tessera, S. Secondo, V. Emanuele, Petroli-Fusina sono dovuti al *traffico acquico*. Quelli lungo il canale di S. Spirito sono dovuti ai *lavori di ricostruzione delle barene e della morfologia lagunare* (Figura 2).

In tale Figura si può anche osservare che, nella mappa della CSS, sono escluse le zone anossiche e con presenza di vegetazione del fondo. Ciò è dovuto alla normalizzazione delle riflettanze.

Immagine acquisita il 7 maggio 1995 alle ore 9:00. Il livello di marea e basso (- 16 cm. a Punta della Salute), nella fase di stanca dopo il deflusso, con vento debole da E di 3 nodi. I sedimenti rimessi in sospensione lungo i canali di Tessera e S. Secondo sono dovuti al *traffico acquico* ed alla *marea uscente*; lungo i canali di S. Spirito, V. Emanuele e dei Petroli al *traffico acquico* (Figura 4).

Immagine acquisita il 20 aprile 1998 alle ore 9:35. La marea è in fase calante (+ 11 cm. a Punta della Salute) con debole vento da SSE di 3 nodi. Sono osservabili nel Bacino Centrale vistose tracce di *pesca abusiva* con effetti sulla messa in sospensione dei sedimenti. L'alta torbidità nel canale di Tessera è dovuta al *traffico acquico* ed ai *lavori di ricostruzione delle barene* (Figura 5).

Immagine acquisita il 16 marzo 2000 alle ore 9:51. La marea è calante con un livello ancora sostenuto (+ 31 cm. a Punta della Salute). Il forte vento da SSE di 8 nodi concorre a mantenere e addossare la torbidità nelle aree controvento come lungo i bordi della Laguna. L'*effetto del vento* accelera i fenomeni di messa in sospensione dei materiali delle gengive dei canali (canale di S. Spirito, canale S. Felice, ecc.) (Figura 6).

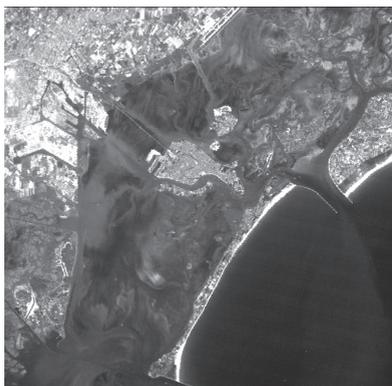


Figura 1 – Particolare dell'immagine acquisita il 26 giugno 1990 alle ore 9:34.

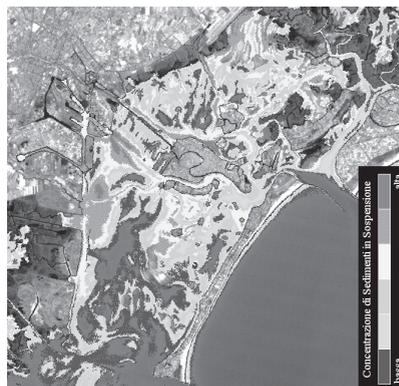


Figura 2 – Particolare della mappa della CSS dell'immagine del 26 giugno 1990.

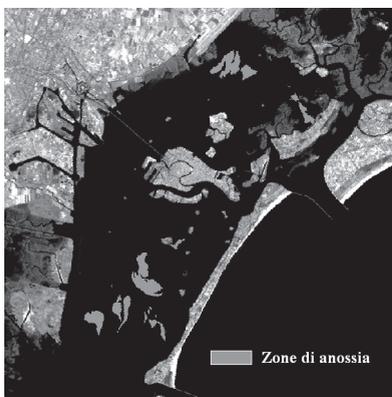


Figura 3 – Particolare della mappa delle zone di anossia dell'immagine del 26 giugno 1990.

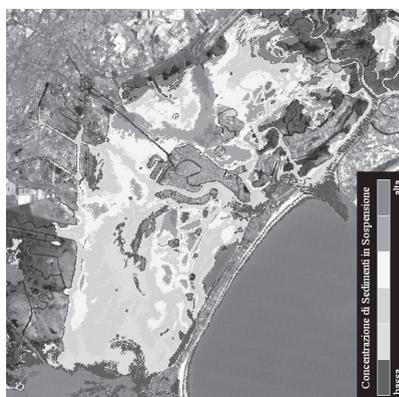


Figura 4 – Particolare della mappa della CSS dell'immagine del 7 maggio 1995.

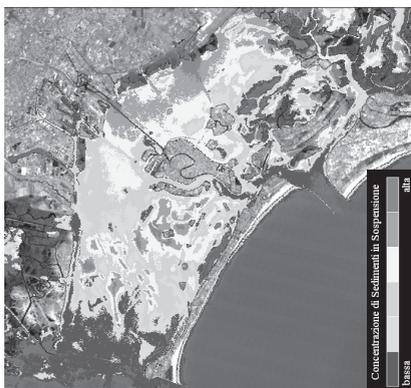


Figura 5 – Particolare della mappa della CSS dell'immagine del 20 aprile 1998.



Figura 6 – Particolare della mappa della CSS dell'immagine del 16 marzo 2000.

Altri fenomeni che contribuiscono alla torbidità delle acque lagunari sono i *fenomeni di ipossia o anossia* nella colonna d'acqua, osservabili nelle immagini a colori quasi naturali come acque bianche, e le *macroalghie in marcescenza* (Figure 7 e 8). Questi fenomeni sono, come è noto,

imputabili alla decomposizione macroalgale ed erano osservabili in particolare negli anni di grossa diffusione macroalgale.



Figura 7 – Particolare dell'immagine acquisita il 3 agosto 1984 alle ore 9:33.

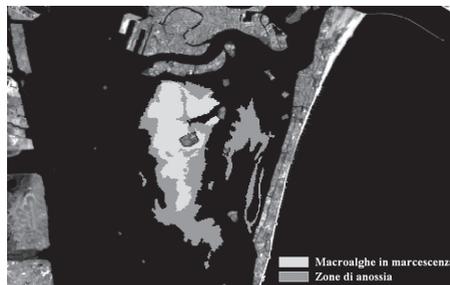


Figura 8 – Mappa delle Macroalghe in marcescenza e delle Zone di Anossia.

Considerazioni sull'evoluzione della torbidità ricavate dall'analisi storica delle immagini

A partire dagli anni '90 vi sono state le maggiori variazioni ambientali. Le più evidenti riguardano:

- Le grandi quantità di *biomasse macroalgali* presenti. Probabilmente il periodo parossistico è stato a metà degli anni '80. Da tale periodo le macroalghe tendono gradatamente a diminuire come pure i fenomeni di anossia. Questo ha comportato una graduale messa a nudo di parte dei fondali rendendoli, di conseguenza, molto più vulnerabili all'azione del vento e del moto ondoso, soprattutto da quello generato dal traffico acqueo.
- Il miglioramento ambientale coincide con tutta una serie di elementi quali l'entrata in funzione del depuratore consortile di Fusina, una diminuzione delle attività industriali e, probabilmente, da mutate condizioni climatologiche (limitate precipitazioni, forti periodi di insolazione, ecc.).
- In tale periodo sono iniziati anche i lavori per la *ricostruzione della morfologia lagunare e di barene artificiali* (canale Poveglia-S.Spirito) con l'obiettivo di far ravvivare la circolazione originaria lagunare fortemente modificata dalla costruzioni di grandi canali di navigazione e di proteggere alcune aree dallo smantellamento dovuto al *moto ondoso del traffico acqueo*.
- Il *traffico acqueo* è notevolmente aumentato in particolare lungo alcune direttrici come il Canale di S. Secondo e quello di Tesserà. Appare sempre sostenuto nel bacino di S. Marco ed alle Fondamente Nuove.
- La *pesca abusiva delle vongole*, mediante sistemi meccanici di aratura dei fondali, diventa invasiva a partire dal '94. Inizia in maniera alquanto estensiva nel Bacino Centrale per poi estendersi anche nella Laguna Nord (area antistante Tesserà).
- Continui apporti di torbide fluitanti si hanno da parte del fiume Dese, generalmente nella palude a nord di Burano attraverso i profondi ghebbi.

Evoluzione temporale delle torbide nel periodo 1984-2001

Ai fini di valutare l'evoluzione temporale dei livelli di torbidità in Laguna, per ognuna delle 40 immagini elaborate è stata calcolata l'estensione degli areali delle diverse classi di torbidità, eseguendo questa analisi separatamente per ognuno dei quattro sottobacini lagunari (Figura 9).

Considerando l'oscillazione residua degli areali, legata a numerose variabili, si nota un chiaro incremento dell'estensione delle aree a media-alta torbidità (classi da 4 a 6) per il sottobacino centro-settentrionale (da 1500 - 3000 ha a 4000 - 6000 ha) e per quello settentrionale (da 500 - 2000 ha a 2000 - 5000 ha), mentre la distribuzione della torbidità nei due sottobacini meridionali appare sostanzialmente invariata nel tempo (Figure 12 e 13). In particolare il sottobacino Sud risulta caratterizzato da una permanente larga predominanza di aree a bassa torbidità.

La Figura 14 riporta infine l'estensione delle aree a diversa torbidità nei quattro sottobacini, così come risultante dalle immagini selezionate, relative al triennio 1999-2001.

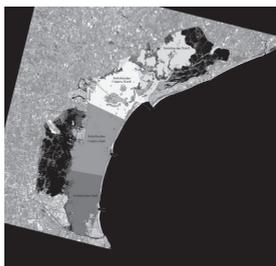


Figura 9 – Sottobacini lagunari.

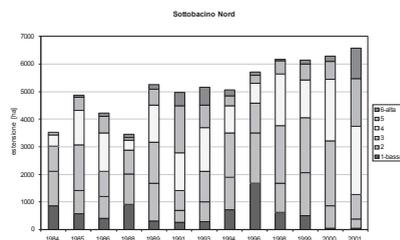


Figura 10 - Sottobacino Nord: estensione degli areali a diverso grado di torbidità.

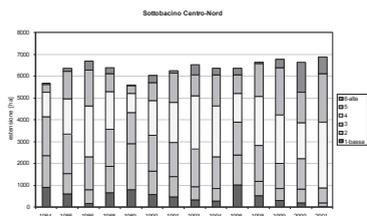


Figura 11-Sottobacino Centro-Nord: estensione degli areali a diverso grado di torbidità.

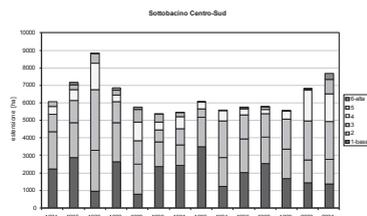


Figura 12- Sottobacino Centro-Sud: estensione degli areali a diverso grado di torbidità.

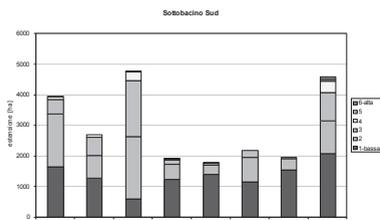


Figura 13 – Sottobacino Sud: estensione degli areali a diverso grado di torbidità.

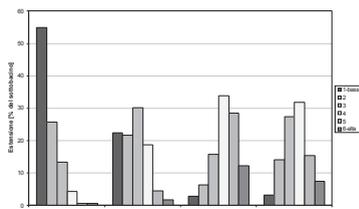


Figura 14 - Estensione recente (1999 – 2001) delle aree a diversa torbidità nei quattro sottobacini lagunari.

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto DPSIR-2005 (stato ecosistema lagunare) del MAV. Si ringraziano: Thetis S.p.A. per il finanziamento e coordinamento del lavoro, il Consorzio Venezia Nuova – Servizio Ambiente committente del progetto, il Servizio Informativo del MAV per la fornitura delle immagini.

Riferimenti Bibliografici

- Chander G., Markham B. (2003), "Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges", *IEEE Trans. On Geoscience and R. S.*, Vol. 41, 11: 2674 – 2677.
- Chaves P. S. (1988), "An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 24, 3: 459 – 479.
- Han L. (1997), Spectral reflectance with varying suspended sediment concentrations in clear and algae-laden waters, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 63, 6:701-705.
- NASA (2004), *Landsat 7 Science Data Users Handbook. Chapter 11 – Data Products.*
- Tolk B.L., Han L., Rundquist D.C. (2000), *The impact of bottom brightness on spectral reflectance of suspended sediments*, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 21, 11:2259-2268.
- Wezernak C.T., Turner R.E., Lyzenga D.R. (1996), *Spectral reflectance and radiance characteristics of water pollutants*, NASA Technical Report, CR-2665.

ALLEGATO

Descrizione formale della procedura di calcolo e normalizzazione delle riflettanze.

FASI DELLA PROCEDURA:

FASE 1 - Conversione dei dati di radianza (o Digital Number) in radianze spettrali al sensore.

La formula è la seguente:

$$L_{\lambda} = DN * gain + offs \quad [1]$$

dove:

- L_{λ} : è la radianza spettrale al sensore in $W/(m^2 \text{ sr } \mu m)$ alla lunghezza d'onda ' λ ' (adimensionale).
- DN : Digital Number corretto, per le bande del visibile, della costante di velo (Chavez, 1988).
- gain , offs : sono i coefficienti di guadagno e di offset.

FASE 2 - Conversione dei dati di radianza spettrale in dati di riflettanza al sensore (combinazione della riflettanza della superficie terrestre ed atmosferica), assumendo la superficie terrestre lambertiana (Chander e Markham, 2003 per il TM e NASA, 2004 per l'ETM+).

La formula è la seguente:

$$R_{\lambda} = (\pi * d^2 * L_{\lambda}) / (ESUN_{\lambda} * \cos \theta_z) \quad [2]$$

dove:

- R_{λ} : è la riflettanza al sensore alla lunghezza d'onda ' λ ' (adimensionale).
- d : è la distanza fra sole e terra (espressa in unità astronomiche).
- $ESUN_{\lambda}$: è l'irradianza solare media globale in $W/(m^2 \mu m)$. Irradianza diretta più quella diffusa.
- θ_z : è l'angolo zenitale del sole (in gradi).

FASE 3 - Normalizzazione delle riflettanze di una immagine rispetto ai parametri di geometria dell'illuminazione solare ed agli oggetti più scuri della scena di una o più immagini di riferimento.

La formula è la seguente:

$$R_{\lambda}(out) = R_{\lambda}(norm) * GAIN + OFFS \quad [3]$$

per:

$$GAIN = [\cos \theta_z(ref) * 1/d^2(ref)] / [\cos \theta_z(norm) * 1/d^2(norm)] \quad [4]$$

$$OFFS = -D_{\lambda}(norm) * GAIN + D_{\lambda}(ref) \quad [5]$$

dove:

- out : indica l'immagine di 'output' o 'normalizzata'.
- ref , norm : indicano l'immagine di 'riferimento' e l'immagine da 'normalizzare'
- GAIN, OFFS : sono fattori di correzione moltiplicativo ed additivo.
- D_{λ} : è il valore medio dei dati di riflettanza dei pixel più scuri della scena alla lunghezza d'onda ' λ '.

Si osserva che: i dati di riferimento dell'angolo solare zenitale e del fattore di cambiamento delle distanza fra sole e terra sono estratti dall'immagine, fra quelle selezionate, con il più alto angolo di elevazione solare; il dato di riferimento dell'oggetto della scena più scuro è estratto da una o più immagini aventi, nel tempo, i valori più bassi di riflettanza dello stesso oggetto della scena.

L'USO DELLA CARTOGRAFIA DIGITALE COME BASE PER LA REALIZZAZIONE DI UN SIT DEDICATO ALLE RETI SENTIERISTICHE IN CAMPANIA: ESEMPI ED APPLICAZIONI

Giuliana ALESSIO (*), Rosa NAPPI (*), Vincenzo AUGUSTI (*)

(*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli 'Osservatorio Vesuviano',
Via Diocleziano, 328 - Napoli, tel. 0816108303, fax 0816108351, e-mail alessio@ov.ingv.it

Riassunto

La valorizzazione delle reti sentieristiche che insistono sui territori montani della Regione Campania, la relativa segnatura e manutenzione sul campo, nonché la restituzione cartografica su basi aggiornate sono diventati obiettivi importanti, considerando la recente intensificazione del turismo naturalistico in ambiente montano e la conseguente necessità di fruizione dei sentieri nei diversi gruppi montuosi che la Regione annovera. Conseguentemente, è evidente la necessità di realizzare un Sistema Informativo Territoriale (SIT) dedicato alle reti escursionistiche in Campania, allo scopo di informatizzare, archiviare e poter gestire nel tempo tutti i parametri e le caratteristiche dei sentieri esistenti sul territorio stesso.

Per questo studio sono stati scelti alcuni percorsi escursionistici ad elevato valore paesaggistico e naturalistico, relativi ai Monti Lattari, al Vesuvio ed all'isola di Capri, per i quali sono stati effettuati sul campo rilievi GPS utilizzando la base cartografica ufficiale su computer palmare. Le operazioni di campagna sono state effettuate durante escursioni programmate dalla sezione di Napoli del Club Alpino Italiano (CAI). I dati così acquisiti sono stati plottati sulla cartografia regionale, archiviati con le relative tabelle di attributi contenenti tutte le informazioni accessorie necessarie, e visualizzati tramite *Google Earth*, così da poter essere consultati in modo interattivo.

Il risultato di questo lavoro rappresenta uno studio di fattibilità di un SIT dedicato alle reti sentieristiche in Campania, in cui si evidenzia la funzionalità e l'utilità di tale strumento ed i possibili futuri sviluppi non solo per i frequentatori dell'ambiente montano, ma anche per un più vasto insieme di utenti, nonché in ambito di tutela ambientale.

Abstract

The development of the hiking paths network in the Campania Region, its marking and maintenance in the field, as well as the relative cartographic restitution on up-to-date maps are nowadays important objectives, since the naturalistic tourism in mountainous environment has recently become more intense, and consequently it is necessary a correct and secure fruition of the hiking paths in the various Campanian mountains groups. Therefore, it is important implementing a Geographical Information System (GIS) dedicated to the Campanian hiking paths network with the aim of process, storing and managing all the parameters and characteristics of the local paths, also during time.

In this study some routes of naturalistic and environmental particular value have been selected, which are located in the Lattari Mountains Group, the Vesuvius National Park and the Capri Island. GPS field survey measurements have been carried out along these routes and stored using the national official digital cartography. The field measurements have been taken during yearly scheduled excursions of the Neapolitan section of the Italian Alpine Club. The acquired data have been plotted on the relative maps, stored with the relative attributes tables and visualized through *Google Earth* interactively.

The obtained results represent a feasibility study for a GIS of the hiking paths network of the Campania Region, with evident advantages and possible future developments not only for the trekkers but also for environment protection goals.

Introduzione

Il territorio della Regione Campania comprende due Parchi Nazionali, Vesuvio e Cilento-Vallo di Diano, otto Parchi Regionali (M.Lattari, M.Picentini, Matese, Partenio, Taburno-Camposauro, Roccamonfina-Foce Garigliano, Campi Flegrei, Sarno) e quattro Riserve Naturali oltre varie aree protette. E' un territorio che, come pochi altri, presenta enorme varietà paesaggistica e naturalistica, nonché grandi risorse di biodiversità, rappresentando le montagne sud-appenniniche ed i relativi sentieri segnati un ambiente ancora incontaminato e spesso poco frequentato.

Il Club Alpino Italiano per statuto (art. 1), si occupa sia dell'alpinismo in ogni sua manifestazione, che della conoscenza e dello studio delle montagne e della difesa del loro ambiente naturale, svolgendo opera di volontariato attraverso le sue figure di accompagnatori di escursionismo e titolati vari, nonché di semplici soci, poiché la legge riconosce al CAI la facoltà di provvedere al tracciamento, realizzazione e manutenzione dei sentieri, e garantirne la fruibilità in condizioni di sicurezza, assolvendo così ad una funzione sociale. Fra le varie discipline promosse dal CAI in Campania, l'attività escursionistica è quella che accomuna il maggior numero di utenti e quindi di maggior impatto sociale, e tale interesse si esplica anche verso la cultura e la storia dell'ambiente montano, tutelando quindi il patrimonio storico- antropologico, oltre che naturalistico, del territorio montano.

La Commissione Regionale Escursionismo (CRE) campana, che opera sul territorio per promuovere e curare i sentieri, deve assolvere quindi ad una importante funzione di visibilità e di coordinamento, attribuendo alle varie sezioni campane la competenza delle relative reti sentieristiche locali. A partire dagli anni '90, ed ai fini della realizzazione di un Catasto informatico dei sentieri contenente tutti i possibili dati identificativi relativi alle reti sentieristiche esistenti sui territori montani della Regione Campania, è stata pianificata dalla CRE campana la suddivisione dei gruppi montuosi ricadenti sul territorio dell'intera Regione, non esistente in passato, seguendo i criteri dettati dalla Commissione Centrale per l'Escursionismo del CAI, e concordando i confini dei gruppi con le Regioni limitrofe, in modo da garantire al meglio l'uniformità dei risultati ottenuti.

La pianificazione della rete sentieristica con la relativa numerazione dei sentieri, previa individuazione delle zone geografiche comprendenti i vari gruppi montuosi, è stata quindi elaborata e codificata secondo le direttive della Commissione Centrale Escursionismo del CAI, ed ha costituito il punto di partenza per procedere alla costituzione del Catasto. Il processo è ancora in fase iniziale in Campania, diversamente da altre regioni, e richiederà impegno organizzativo ed economico notevole per essere portato a termine; auspicabili sarebbero accordi di programma con Enti Territoriali sulla sentieristica, come varie sezioni CAI in Italia hanno concluso, cosa che comporterebbe in futuro anche opportunità di sviluppo locali.

Metodologia

La metodologia per l'archiviazione dei percorsi escursionistici scelti ha previsto a) un *database* cartografico di base utilizzando dati cartografici di banche dati disponibili a vari livelli di utenza (Vilardo et al., 2001, Vilardo et al., 2008); b) il rilievo in campagna delle tracce dei percorsi utilizzando un computer palmare ASUS A636N dotato di GPS integrato e un GPS Garmin GEKO 201 con una accuratezza di 15 m; c) l'archiviazione e creazione delle tabelle di attributi associate ai percorsi rilevati; d) la visualizzazione dei dati tramite *Google Earth*.

Il *database* cartografico è costituito da: ortofoto della Regione Campania (pixel 1m), dalle tavolette topografiche digitali in scala 1:25.000 e 1:50.000 dell'IGMI, georiferite nel sistema di riferimento geografico UTM WGS84 e dalla carta digitale in formato vettoriale dei comuni della Campania. Il

software utilizzato per il sistema SIT è stato ArcView 3.3 (ESRI). Il corredo cartografico di base, necessario per i rilievi in campagna, è stato caricato sul computer palmare ASUS utilizzando la relativa scheda di memoria. Il software di interfaccia impiegato per gestire i dati cartografici digitali e per quelli acquisiti sul campo è stato ArcPad che consente di avere la restituzione dei dati nello stesso formato di ArcView. Le tracce dei percorsi acquisite in campagna con il palmare, sono state parallelamente acquisite anche con il GPS per avere un ulteriore controllo sulla qualità delle registrazioni e anche per sopperire ad eventuali lacune di acquisizione temporanea.

Per ogni singolo percorso è stata creata una tabella di attributi *ad hoc* contenente tutti i parametri naturalistici di interesse per gli escursionisti, sia elaborati dalla letteratura, sia rilevati *in itinere* quali caratteristiche geologiche, morfologiche, idrografiche, faunistiche, floristiche, archeologiche, logistiche ecc. dei percorsi scelti. I dati acquisiti sono stati visualizzati tramite *Google Earth* per permetterne la consultazione ad un vasto pubblico di potenziali utenti e la possibilità di poter georiferire e correlare altro materiale di interesse per gli escursionisti.

Percorsi Rilevati

In Figura 1 viene riportata la rappresentazione cartografica dei dati GPS rilevati durante una escursione svolta sull'Alta Via dei Monti Lattari al M. Comune (877 m) e al M. Vico Alvano (640 m) partendo da S. Maria a Castello, frazione di Vico Equense.

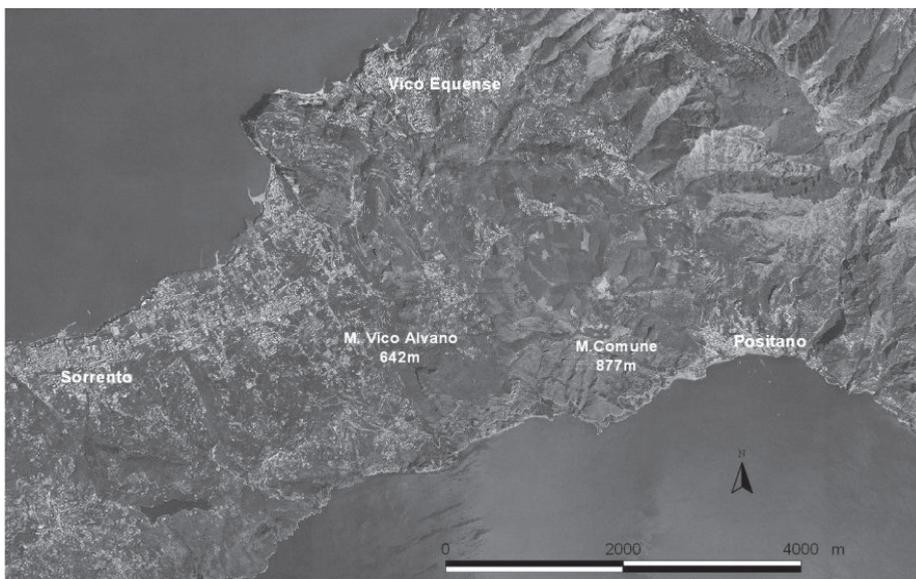


Figura 1 – Segmento del sentiero dell'Alta Via dei Monti Lattari percorso e rilevato durante un'escursione.

I Monti Lattari rappresentano una catena montuosa di natura calcarea che si estende lungo tutta la Penisola Sorrentina. L'Alta Via dei Lattari (segnavia 00) rappresenta un percorso che si snoda lungo tutta la catena, sempre in quota e sospesa fra il versante sorrentino e quello amalfitano della penisola, ed è un percorso di pregio notevole, frequentato spesso anche da turisti stranieri, ma purtroppo attualmente con segnatura sul terreno non sempre affidabile e costante. Il sentiero percorso, salendo attraverso terrazzamenti coltivati, castagneti e qualche tratto roccioso, permette una magnifica visuale a picco su Positano, e dal M. Comune, magnifico punto di vista in cresta, sullo

sfondo è visibile Capri con i Faraglioni, in uno scorcio stupendo dal quale l'isola appare tutt'uno con la penisola sorrentina, come in realtà è dal punto di vista geologico, per le bianche rocce carbonatiche di cui è costituita. E' anche visibile M.S. Angelo a Tre Pizzi, rilievo più alto dei Lattari, con altissime pareti rocciose, mentre lo sguardo spazia sul versante sorrentino e sul Vesuvio. Proseguendo lungo il sentiero, si perviene poi, attraverso terreni coltivati e splendidi esemplari di querce, verso la cima del Monte Vico Alvano. Si tratta di un percorso altamente remunerativo per le numerose emergenze naturalistiche e paesaggistiche, dove nel periodo primaverile si cammina immersi nella macchia mediterranea, fra lecci, rosmarino, ginestra, erica arborea, cisto, crochi.

In Figura 2 viene riportato lo schema cartografico dell'ascesa al Gran Cono del Vesuvio (m. 1281), con partenza dalla Riserva Forestale Tirone-Alto Vesuvio. Il percorso è all'interno di un Parco Nazionale, con un sistema vulcanico composto da un cono recente attivo (Vesuvio) ed un antico edificio vulcanico di cui rimane oggi un bordo calderico (Somma), in una zona ad elevato valore storico-culturale, naturalistico, paesaggistico e geologico. Attraverso la splendida Foresta Demaniale di pini e lecci, ci si inerpica sui pendii di uno dei più famosi e pericolosi vulcani attivi del mondo, il cui cratere sommitale si raggiunge partendo dal Piano delle Ginestre nella Foresta Demaniale, traversando la colata dell'ultima eruzione del 1944, passando sul sentiero storico della strada Matrone, scendendo poi verso la Valle dell'Inferno che separa i due edifici del Somma e del Vesuvio, e da cui si osservano interessanti rocce e strutture vulcaniche quali le lave 'a corda' incise da un profondo crepaccio, per poi risalire alla sommità del Gran Cono, con vista impressionante sulle pareti interne del cratere e con scorci panoramici sui M. Lattari e sul Golfo di Napoli.

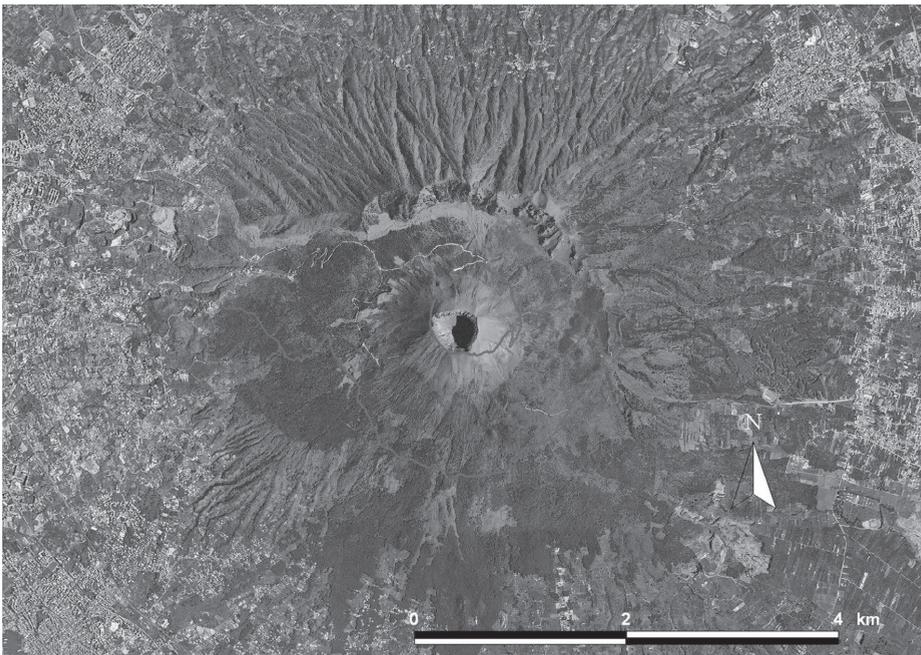


Figura 2 – Percorso dal versante Ovest a quello Est del Vesuvio, partendo dalla Riserva Forestale, attraversando la Valle dell'Inferno, con salita al cratere sommitale.

In Figura 3 viene riportato il sentiero rilevato durante l'escursione al M. Solaro di Capri (m. 589) per la via detta 'Il Passetiello'. Capri è un'isola di natura calcarea, il cui ambiente, fra i più famosi e frequentati al mondo, è ad elevato valore naturalistico-paesaggistico. Il percorso è un vero ed a tratti selvaggio sentiero di montagna che, immerso in una fitta boscaglia di lecci, querce e castagni, attraverso un 'valico', ovvero un gradino di roccia, porta alla cima del M. Solaro, per poi ridiscendere su panoramica cresta verso la Migliera, con vista mozzafiato sui Faraglioni. La visita dell'Eremo di S. Maria di Cetrella (sec. XIV), e la straordinaria ricchezza della flora di quest'isola soprattutto nel periodo primaverile (cisti, ginestre, mirti, orchidee) è uno spettacolo indimenticabile e regala emozioni uniche.

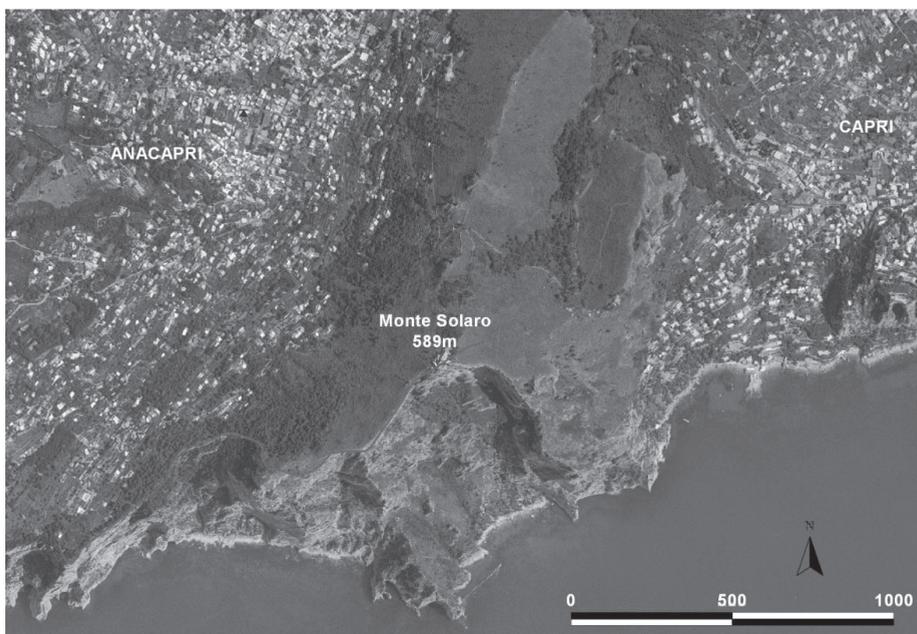


Figura 3 – Escursione al M. Solaro di Capri per il 'Passetiello', antica via di comunicazione fra le due parti dell'isola.

I tre percorsi scelti e rilevati sui M. Lattari, al Parco Nazionale del Vesuvio, e sull'isola di Capri, sono tutti di elevato valore naturalistico e ad elevata frequentazione turistica, ed insieme a tanti altri sentieri esistenti in territorio campano meritano decisamente un corretto rilievo sul terreno mediante GPS nonché il miglioramento della segnatura esistente lungo il percorso, il che è necessario non solo ai fini di renderli univocamente individuabili, ma anche e forse soprattutto per motivi di sicurezza.

Conclusioni

Molti temi di grande interesse ambientale che riguardano le risorse idriche, il turismo sostenibile, i trasporti in montagna, l'agricoltura di montagna, la gestione degli ecosistemi, la cultura e la educazione ambientale, la gestione dei rifiuti, la riduzione dei ghiacciai, sono tutti necessariamente legati ad un fondamentale strumento di sintesi quale il GIS per la pianificazione dei relativi progetti.

E' auspicabile l'approvazione di leggi che incentivino lo sviluppo delle zone di montagna, ma solamente con una opportuna programmazione, e con il supporto di adeguati programmi informatici per il Catasto e la relativa gestione delle reti sentieristiche locali, in modo da indicare al turismo un quadro chiaro delle opportunità che la nostra Regione può offrire negli angoli anche più remoti e da offrire alle popolazioni locali la possibilità di un reale sviluppo sostenibile.

Vogliamo citare infine, quale prospettiva futura, il possibile uso di un WebGIS quale SIWGRI (Bregna & Zotti, 2007 – Planetek Italia), il sistema informatico che il CAI centrale prevede di diffondere a livello nazionale, in quanto come è ormai noto, il sistema WebGIS è diventato lo strumento essenziale ed indispensabile per la condivisione dei dati e la divulgazione delle informazioni, grazie anche all'accessibilità ed ampia diffusione di Internet.

Bibliografia

Arcozzi, R., Palumbo A., (2003). Il GIS-WEB della Regione Emilia-Romagna. *Atti 7° Conferenza nazionale ASITA*.

Bregna M., Zotti M., (2007). La cartografia delle Alpi sul portale del CAI - Club Alpino Italiano. Planetek Italia s.r.l.

D'Emilio A., Ferrari S., e Galli A. (2006). In GIS per la Montagna. *La Rivista del CAI* – luglio-agosto 2006.

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

Rava L., (2007). Novità nella cartografia escursionistica della Regione Emilia-Romagna. *La Rivista del CAI* – settembre-ottobre 2007.

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.

STAZIONI GNSS PERMANENTI A SUPPORTO DEL MONITORAGGIO DI VEICOLI E PERSONE

Ivan ALLEVI (*), Carlo CAFFI (**), Alessandra GELMINI (**), Luca GRIMALDI (**),
Francesco MATONTI (**), Maria Grazia PEDRANA (**), Marco SCURATTI (**),
Giorgio SOLDAVINI (*)

(*) Allix srl - Via Mmatteotti 10/10 - 20012 Cuggiono (MI), 0331324656 - email allevi@allix.it

(**) IREALP – GPSLOMBARDIA: Via M. Gioia 72, 20125 (MI), 026797161, alpcheck@irealp.it, carlo.caffi@irealp.it

Riassunto

La sempre più diffusa necessità di monitorare spostamenti di veicoli o di persone è ostacolata dai limiti intrinseci dei sistemi di posizionamento satellitare e dall'utilizzo di strumenti a basso costo. Vengono presentate due sperimentazioni finalizzate all'ottimizzazione della gestione di flotte di veicoli e in particolare al miglioramento delle informazioni di posizione offerte dai ricevitori GPS solo codice a basso costo, mediante l'utilizzo di dati di stazioni permanenti GPS.

Abstract

The necessity of fleet monitoring through positioning devices has spread and grown in the last years; nevertheless, the limitations of satellite positioning techniques and use of low cost devices do not allow for precise and reliable results.

Data from GPS permanent stations and GPS low-cost receivers are used together in two projects to obtain an improved and more reliable position solution.

Introduzione

Le sempre maggiori richieste di efficienza nell'ambito del traffico internazionale di merci, unite all'esigenza di conoscere con certezza l'esatta posizione di veicoli, merci e persone, hanno contribuito al recente sviluppo di tecnologie di posizionamento a basso costo. In particolare, i sistemi di localizzazione satellitare sono utilizzati sia dal normale automobilista, per individuare il percorso, sia dalle compagnie di trasporto per la gestione delle proprie flotte.

Le sperimentazioni condotte hanno portato allo sviluppo di un sistema di tracciamento e monitoraggio di veicoli, che consente anche un miglioramento nella stima della posizione degli stessi, mediante l'utilizzo di:

- osservazioni di codice registrate dai ricevitori installati a bordo dei mezzi;
- osservazioni provenienti da stazioni permanenti GPS;
- efemeridi ultrarapide IGS

Tale soluzione offre alcuni vantaggi rispetto ad una "tradizionale" piattaforma di gestione flotte.

In primo luogo è possibile ottenere una posizione più precisa (anche grazie al filtraggio di eventuali *outlier*), poichè stimata in post-elaborazione da un apposito software a partire dalle osservazioni grezze: alcune delle principali fonti di errore (atmosfera, orbite dei satelliti, sincronizzazione degli orologi), vengono infatti ridotte o eliminate.

In secondo luogo, l'informazione di posizione calcolata è difficilmente simulabile poiché frutto di una elaborazione di dati e non della "semplice" visualizzazione di coordinate stimate dal veicolo di bordo.

Il progetto AlpCheck

All'interno del Progetto Europeo Spazio Alpino Interreg IIIB AlpCheck (Alpine Mobility Check), dedicato alla raccolta e omogeneizzazione di dati sul traffico acquisiti con tecnologie innovative, è stato sviluppato un progetto pilota nell'area Nord-Ovest dell'Italia per la localizzazione mediante tecnologia GNSS di veicoli destinati al trasporto di merci.

La sperimentazione è stata realizzata installando a bordo di 6 veicoli con direzione transfrontaliera un localizzatore costituito da un modulo GPS in grado di tracciare automaticamente la posizione dei veicoli, un modulo GPRS per l'invio dei dati al centro di controllo e una mini-tastiera per la registrazione delle operazioni di carico e scarico.

Nel caso specifico del progetto pilota, la sperimentazione è stata condotta tracciando veicoli che trasportavano merci generiche, poiché, dovendo ottenere la collaborazione di Società di Trasporto disposte alla sperimentazione, non è stato possibile scegliere in anticipo un particolare tipo di merce. Ovviamente, la soluzione offerta da tale sistema di tracciamento acquista ulteriore interesse se ad essere tracciate sono merci con caratteristiche di pericolosità, per le quali diventa di fondamentale importanza conoscere l'esatto tragitto del vettore e l'esatto punto di destinazione del materiale, nonché eventuali modifiche rispetto al percorso prestabilito.

Progetto per il monitoraggio del trasporto dei rifiuti speciali pericolosi.

La gestione delle pratiche per l'esportazione dei rifiuti speciali verso i luoghi di smaltimento o stoccaggio avviene attualmente, a livello regionale, attraverso procedure macchinose e lente; è inoltre scarsa la possibilità da parte degli Enti preposti di verificare in tempo reale eventuali sversamenti non autorizzati di rifiuti.

È stato quindi avviato, insieme alla Direzione Generale Reti della Regione Lombardia, un progetto di snellimento delle procedure e di controllo in tempo reale della posizione dei mezzi adibiti al trasporto dei rifiuti speciali pericolosi.

Il sistema, gestibile interamente online, è costituito da due componenti:

- a. SITT WEB, che permette la creazione e la gestione delle pratiche con relativa pianificazione del viaggio;
- b. Modulo di monitoraggio e controllo in tempo quasi reale del movimento dei mezzi, e eventuale elevazione di allarmi in caso di difformità tra percorso pianificato e percorso effettuato;

L'accesso al sistema è possibile da parte di qualsiasi utente accreditato.

Questa modalità di gestione delle pratiche per l'esportazione dei rifiuti consente di ottimizzare il flusso operativo, coinvolgendo direttamente i soggetti interessati nell'espletamento delle attività. La procedura si avvale di metodologie già collaudate in altri settori della P.A. della Regione Lombardia, in particolare per quanto riguarda l'utilizzo della Carta Regionale Servizi (CRS) e la protocollazione elettronica dei documenti. Il sistema informativo online consente la "smaterializzazione" delle pratiche, riducendo al minimo le stampe su carta.

La rete di stazioni permanenti IREALP

IREALP, insieme a Regione Lombardia e Politecnico di Milano, ha creato e gestisce la rete di stazioni GNSS Permanenti a copertura dell'intera Lombardia; ha inoltre installato altre stazioni permanenti GNSS a copertura della maggior parte della regione Piemonte. Attualmente l'intera rete è costituita da 23 stazioni attive. I quadrati in Figura 1 indicano la posizione delle stazioni installate nel corso del 2008 per il progetto AlpCheck (www.alpcheck.eu). I punti in verde indicano invece le stazioni installate dalla Fondazione per offrire il servizio GPS Lombardia (www.gpslombardia.it) attivo ormai dalla metà del 2005. Tutte le stazioni della rete acquisiscono i dati nel formato RINEX standard con campionamento ad 1 sec. I dati delle stazioni lombarde sono inoltre distribuiti in tempo reale all'utenza GPS attraverso il software GEO++, per il posizionamento in RTK con precisione centimetrica. Le coordinate delle stazioni di riferimento vengono periodicamente stimate

con il software Bernese 5.0 (Dach et al., 2007) (ultima compensazione: febbraio 2008, sistema di riferimento IGS05).

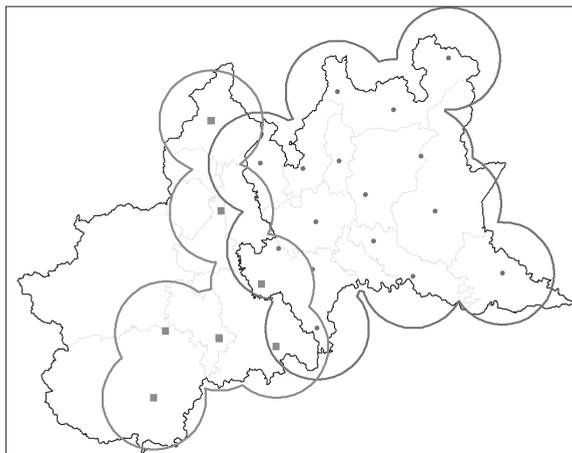


Figura 1: rete di stazioni permanenti GNSS gestita da IREALP

I dispositivi installati a bordo dei veicoli.

Il monitoraggio dei mezzi avviene tramite l'installazione di un ricevitore GPS a basso costo sul veicolo. Il dispositivo è inoltre dotato di un modulo di comunicazione GSM/GPRS che permette l'invio, in tempo reale o differito, delle informazioni acquisite (dati GPS, informazioni sensoriali, stato del mezzo, ecc) al server remoto. Sua caratteristica fondamentale è la trasmissione delle osservazioni dei satelliti, che verranno successivamente elaborate dal server per definire una posizione precisa del mezzo. Ciò è reso possibile grazie a opportune modifiche del firmware degli strumenti utilizzati (SIRF Star III).

In Figura 2 è riportato il dettaglio delle informazioni inviate dai veicoli monitorati al server di controllo.

\$SendDate=20/08/2008 7.07.52	Ora di arrivo al server del pacchetto
\$DeviceName=141CCAFB-08B2-4803-9999-B40490E55F1F	Identificativo del mezzo
\$GPRMC,050748.999,A,4426.1342,N,00852.9861,E,0.29,303.43,200808,,A*42	Posizione calcolata dal ricevitore
\$GPIOP,00000000,00000000,0.15,0.15,0.12,0.15,12.76,4.12	Dati sensoriali
\$GPRAW,4,21416562.496,7,21329265.992,25,20945206.998,27,21608810.512,TR277683.990623331,TB623331,TW1493	Osservazioni di codice: ID satellite, relativo Pseudorange, informazioni di orario e errore di orologio

Figura 2: informazioni inviate dai dispositivi di bordo

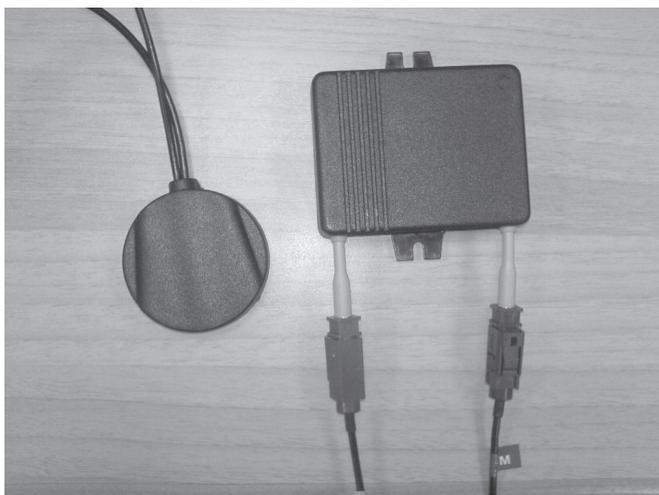


Figura 3: dispositivo di bordo

In generale, il ricevitore GPS può essere affiancato anche da altra strumentazione, come ad esempio dispositivi (*tag*) wireless per il riconoscimento dei container collegati alla motrice. Esso si attiva durante la fase di spostamento del container (il *tag* è dotato di accelerometro) e trasmette il proprio identificativo, corredato da informazioni sensoriali, al sistema ricevente presente nel localizzatore, che provvede ad inviare tali informazioni al server remoto per le successive elaborazioni.



Figura 4: dispositivi supplementari di controllo

Il software di elaborazione dati (GECO)

Le informazioni acquisite dalla strumentazione installata a bordo vengono, in prima istanza, inviate ed archiviate su server remoto.

In una seconda fase, il server provvede ad elaborare tali informazioni per stimare in modalità differenziale la posizione del mezzo durante il suo intero percorso. La posizione precisa è ottenuta combinando le osservazioni dei GPS installati a bordo con i dati registrati dalle stazioni permanenti GNSS della rete. I risultati del post-processamento vengono archiviati nei database per una immediata fruizione da parte delle applicazioni client di gestione.

Il tracciamento in tempo reale ottenuto con l'applicazione può essere confrontato con un percorso stabilito, in modo da individuare con certezza eventuali variazioni di rotta e scostamenti, anche minimi, rispetto al percorso pianificato o alle ore previste di passaggio in particolari punti del percorso.

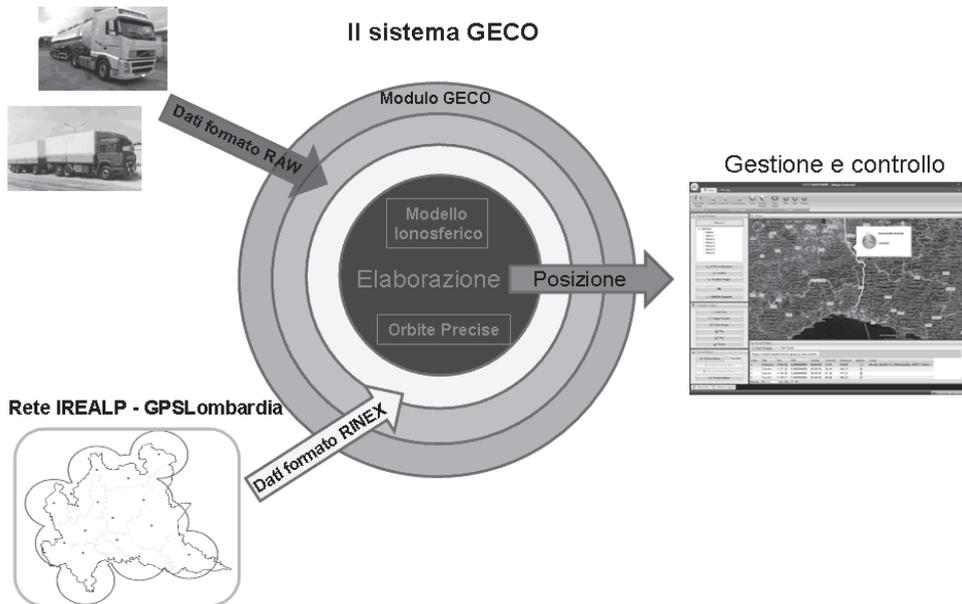


Figura 5: workflow software GECO

Software di rappresentazione geografica dei risultati ottenuti

Un ulteriore modulo sviluppato fornisce un'interfaccia che permette agli operatori di monitorare ed interagire con il sistema. In particolare è stata sviluppata una applicazione, in ambiente Microsoft .NET (<http://www.microsoft.com/net>), per la rappresentazione cartografica delle informazioni acquisite. L'applicativo utilizza le ultime tecnologie disponibili per la gestione dei dati cartografici ed utilizza il prodotto Microsoft Virtual Earth (<http://maps.live.it>) per la visualizzazione delle informazioni su cartografia. Tale applicazione consente, ad esempio, di visualizzare le informazioni sia su carta stradale sia su cartografie alternative quali foto aeree, foto satellitari e/o prodotte in proprio.



Figura 6: esempio di visualizzazione a schermo del veicolo

Sviluppi futuri

Gli sforzi attuali sono concentrati sul miglioramento della qualità delle informazioni offerte al gestore della flotta. In particolare, a bordo dei veicoli potranno essere installati dispositivi di controllo volumetrico, per una immediata conoscenza dello spazio libero residuo nei container. Verrà estesa la compatibilità della piattaforma con strumenti GPS a basso costo di marche e caratteristiche tecniche differenti.

Bibliografia

Software GNSmart, GEO++, <http://www.geopp.com>

Dach, R., U. Hugentobler, P. Fridez, M. Meindl (editors), (2007), *Bernese GPS Software Version 5.0*, Astronomical Institute, University of Berne, Switzerland, pp. 612.

SIRF Technology, (2007), *SiRF binary protocol reference manual*.

Progetto Alpcheck: <http://www.alpcheck.eu>

DAL TACHEOMETRO AL LASER SCANNER: UNA NUOVA FORMAZIONE PER UN RISULTATO ANTICO

Alessandra AMATO, Massimo CHILLEMI, Luigi GIACOBBE¹

DISIA Facoltà di Ingegneria Università di Messina, 0903977208,
amatoa@unime.it massimochillemi@ingegneria.unime.it, luigi giacobbe@libero.it

Riassunto

La profonda innovazione tecnologica degli ultimi decenni ha inciso in modo determinante sulle procedure e sui metodi di posizionamento, proponendo strumenti e tecnologie che hanno sostanzialmente trasformato la Topografia classica nelle moderne Scienze Geodetiche.

Nella presente nota gli Autori intendono proporre le proprie riflessioni sui nuovi rapporti tra operatore e strumento, che, se non correttamente impostati e governati, possono anche compromettere e stravolgere il senso di un'operazione di rilievo, tracciamento o monitoraggio, ovvero il conseguimento di un prodotto di qualità attraverso la valutazione del suo principale qualificatore: la precisione di posizionamento.

Abstract

The profound technological innovation in recent decades has impacted significantly on procedures and methods of positioning, offering tools and technologies that have fundamentally transformed the classic Topography in modern Geodetic Sciences. In this article the Authors intend to propose their own reflections on the new relationship between player and instrument, which, if not properly set up and managed, can also undermine and overturn the sense of a survey, tracking or monitoring, namely the attainment of a product quality through the assessment of his main qualifier: the positioning accuracy.

1. Un nuovo rapporto tra ricerca e tecnologia

La profonda innovazione tecnologica, che ha caratterizzato con un ritmo di crescita esponenziale gli ultimi decenni, ha avuto un impatto dirompente anche sulle Scienze del Rilevamento, che da tempo sembravano aver affinato procedure in apparenza ormai consolidate e a cui si attribuivano margini di miglioramento tutto sommato modesti; in realtà si continua invece ad assistere ad una continua e sostanziale trasformazione della Topografia e della Geodesia, in cui assumono un ruolo determinante le nuove tecnologie.

E' interessante poi rilevare come questo rinnovamento non interessi, sic et simpliciter, soltanto metodi e strumenti, in quanto ha anche determinato un nuovo modo di procedere nello studio di nuove soluzioni.

In particolare, il tradizionale rapporto tra ricerca e tecnologia, secondo cui lo strumento per il rilievo nasceva e si evolveva sulla base delle specifiche richieste del topografo, si è di fatto capovolto dal momento in cui le Scienze del Rilevamento hanno cominciato ad utilizzare ed implementare know how sviluppato in ambiti di ricerca assolutamente diversi.

Sono decisamente lontani e non più proponibili i tempi dello "scienziato-inventore", ovvero di quella figura che raccoglieva in sé l'aspetto puramente speculativo della ricerca scientifica e, sia

¹ Il contributo degli Autori alla stesura del presente articolo è da intendersi paritetico.

pure in forma artigianale, dello sperimentatore e dell'ideatore di nuove strumentazioni; una figura di questo tipo nella storia del rilevamento può essere riconosciuta a grandi studiosi del calibro di Montanari, Reichembach e Porro.

L'avvento delle tecnologie elettroniche ed informatiche, la globalizzazione della conoscenza, la crescente interdisciplinarietà e la conseguente ibridizzazione dei vari ambiti scientifici hanno definitivamente stravolto questo rapporto di causa ed effetto, invertendo priorità da tempo consolidate.

In particolare, le operazioni di rilevamento, tracciamento e monitoraggio sono state di fatto, in parte o del tutto, reimpostate ed, in alcuni casi, reinventate da quando è stato possibile applicare ed utilizzare metodi e strumenti, che poco o niente hanno a che spartire con la Topografia classica; è questo, ad esempio, il caso del G.P.S. e del laser scanner.



Figura 1 – teodolite di Reichembach e tacheometro a cerchi nascosti (cleps) di Porro

In entrambi i casi le applicazioni di carattere topografico sono state rese possibili soltanto dall'elaborazione di metodi e procedure sviluppati a partire dalle nuove tecnologie rese disponibili da esperienze di ricerca afferenti ad ambiti assolutamente distanti e concettualmente diversi (basti pensare al tema della precisione nel G.P.S. militare o da navigazione).

Pur di fronte a tale nuovo scenario, malgrado la possibilità di impostare con nuove metodologie le operazioni di rilievo, tracciamento e monitoraggio, non possono passare in secondo piano i concetti consolidati della misura e della Topografia classica in genere.

Si può anzi affermare che proprio l'adozione di metodi di nuova concezione rafforza il ruolo di tali concetti, la cui applicazione rigida e costante può costituire un argine rispetto alla deriva empiristica ed acritica, che l'utilizzo di strumenti sempre più automatizzati rende purtroppo possibile.

La questione non è di poco conto ed è strettamente correlata ad una problematica di analisi benefici-costi, che, in particolare quando si adottano tecniche di rilievo dal costo particolarmente elevato, non può essere elusa.

Utilizzare un metodo o uno strumento senza conoscerne l'affidabilità e senza quindi averne considerato le caratteristiche in relazione alla possibilità di garantire il risultato atteso, in termini economici si traduce comunque in uno spreco di risorse, sia nel caso in cui il sistema è sovradimensionato rispetto al problema da affrontare, sia nel caso contrario in cui è sottodimensionato.

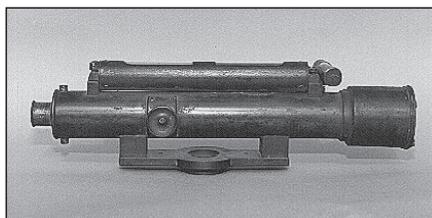


Figura 2 – tacheometro e livello

Nella prima ipotesi la perdita economica è diretta ed immediatamente tangibile, in quanto si sarebbe potuto conseguire il risultato atteso ricorrendo ad una metodologia di rilievo meno onerosa, mentre nel caso opposto il danno, pur essendo indiretto, è ancora più grave, dal momento che comporta l'acquisizione di dati poco affidabili e, quindi, scarsamente utilizzabili.

Per esemplificare l'incidenza economica di tale problematica e comprendere che non si tratta di un aspetto marginale, basti ricordare che negli anni '70 il Consorzio Autostrade stimò nel 3% del costo delle opere l'aggravio dei costi dovuti ad errori di rilievo e tracciamento.

Soprattutto in assenza di un adeguato quadro normativo in materia di rilievo, tracciamento e monitoraggio, questa situazione determina una zona franca in cui si muovono professionisti buoni e meno buoni, tutti fruitori di tecnologie avanzate e processi di automazione che ai primi forniscono i mezzi per fare meglio e di più, ai secondi danno la pericolosa illusione che lo strumento faccia tutto il necessario.



Figura 3 – ricevitore G.P.S. e laser scanner

2. Il ruolo della formazione

La tentazione, ampiamente diffusa in ambito applicativo, di abbandonarsi acriticamente ad una mal riposta “fiducia tecnologica” nello strumento, trasformando l'operatore da soggetto attivo del processo di rilevamento in soggetto passivo, semplice assemblatore ed elaboratore di dati, della cui origine ed affidabilità si sa ben poco, può essere ostacolata soltanto da un'adeguata coscienza e consapevolezza dei concetti di misura e precisione, interpretati nel senso della Topografia classica.

Indubbiamente lo stato dell'arte, in continua evoluzione e con escursioni sempre più ampie nell'ambito della Fisica, dell'Elettronica e delle Scienze dell'Informazione, impone una rinnovata ed innovativa impostazione della formazione dell'operatore topografico, che deve possedere competenze anche in relazione a tali discipline.

Tutto ciò non deve però portare in secondo piano l'obiettivo principale della Topografia, che, come nel passato, è sempre la realizzazione di prodotti il cui principale qualificatore è la precisione di posizionamento.

Proprio questo concetto, soprattutto nel segmento degli operatori di base, sembra invece diventato un ingombrante compagno di viaggio, un fastidioso “grillo parlante” da relegare sempre più nell'ambito della teoria, dimenticando che, soprattutto per una scienza applicativa, la dicotomia teoria-pratica è quanto meno inopportuna, se non addirittura priva di senso.

In particolare, sembra spesso carente la consapevolezza della necessità del progetto e della verifica di ogni azione; questa linea guida, pur rappresentando il minimo comune divisore di tutte le opere di ingegneria, sovente stenta ad affermarsi nel campo della Topografia di base, con la conseguenza che molti operatori, per fare un parallelo con l'ambito strutturale, non comprendono che la

tolleranza ha la stessa importanza di una tensione ammissibile, che la precisione è un parametro di progetto, così come lo è la resistenza dei materiali.

Il problema è ancora più accentuato dall'accostarsi alle nuove tecnologie di rilevamento da parte di soggetti, che, provenendo da altri campi specialistici, non hanno maturato un'adeguata coscienza della Cultura della Misura.

È questo il caso del laser scanning, metodologia di rilevamento utilizzata dalle più disparate figure professionali, di cui spesso si privilegiano gli aspetti scenografici del prodotto finale, mentre, mediante un'adeguata indagine della precisione conseguibile ed un corretto trattamento del dato offrono la possibilità di annoverarla tra i metodi di alta precisione e dunque tra i temi di eccellenza della Topografia.

La situazione prospettata non è sicuramente relativa soltanto al settore che più ci riguarda, ma è di ordine generale ed è figlia di un mondo che spesso chiede risultati senza conoscerne le premesse, che ritiene noiose e superflue le speculazioni scientifiche, che ignora il carattere epistemologico dell'attività di ricerca e formazione; è questo il mondo che ha generato la scuola generalista, che ha smembrato le singole discipline nei cosiddetti "nuclei fondanti", creando il "fast food" della didattica veloce, demandando la formazione specialistica a soggetti spesso non qualificati e non qualificanti.

Il ritorno ad un'impostazione classica del percorso educativo dei topografi, già a partire dagli istituti di istruzione superiore, dev'essere un atto di responsabilità. E' necessario che gli aspetti descrittivi e puramente applicativi dell'insegnamento siano consequenziali ad una formazione concettuale fondata su solide basi matematiche (ormai in genere trascurate e ridotte a semplice ed obbligato corollario), sul trattamento dei dati, sulla conoscenza reale degli strumenti e, in particolare, della loro meccanica.

E' questa la scommessa che l'istruzione tecnica deve proporsi e vincere, per evitare che sia lo strumento a governare le azioni dell'operatore e non viceversa.

3. Conclusioni

Coniugare le nuove tecnologie ad una rigida Cultura della Misura è l'unica strada per evitare che il ruolo del Topografo venga declassato a quello del semplice operatore strumentale, che poca o nessuna coscienza ha dei dati che deve acquisire ed elaborare, con la conseguenza di fornire prodotti non qualificati e poco affidabili.

Scuola ed università devono tornare a farsi carico di una formazione, che dev'essere nuova per tanti contenuti specifici proposti dall'innovazione tecnologica, ma tradizionale ed in linea con la Topografia classica per quanto riguarda i concetti di base, perché, se tanto è cambiato dal tacheometro al laser scanner, il parametro che qualifica un rilievo o un tracciamento è sempre l'antica e mai desueta precisione di posizionamento.

Bibliografia

Chillemi M., Giacobbe L., 2008: "Le operazioni topografiche connesse al rilievo, al tracciamento e monitoraggio: una proposta per l'elaborazione delle linee guida", Atti Convegno SIFET 2008

PROCEDURE DI POSIZIONAMENTO TOPOGRAFICO DEI TARGET NEL RILIEVO CON LASER SCANNER TERRESTRE

Alessandra AMATO, Massimo CHILLEMI, Luigi GIACOBBE¹

DISIA Facoltà di Ingegneria Università di Messina, 0903977208,
amatoa@unime.it, massimochillemi@ingegneria.unime.it, luigi giacobbe@libero.it

Riassunto

Nelle operazioni di rilievo con laser scanner terrestre spesso si utilizza una procedura di controllo dei target mediante posizionamento topografico. L'adozione di una tale metodologia discende evidentemente da una riconosciuta maggiore affidabilità di quest'ultimo rispetto all'acquisizione dei punti doppi con il laser scanner.

Ciò è certamente corrispondente al vero se il rilievo topografico è di alta precisione e condotto pertanto secondo uno schema di rete.

Anche adottando il classico procedimento celerimetrico è però possibile, entro certi limiti, conseguire un grado di precisione tale da giustificare l'utilizzo delle coordinate così determinate come elementi di controllo della posizione dei target.

Operare in questi termini può tornare utile in tutti quei casi in cui, pur non avendo l'esigenza di conseguire risultati particolarmente elevati in termini di precisione (per cui non sarebbe giustificabile lo sviluppo di una rete), non si voglia comunque rinunciare ad una procedura di controllo.

Nella presente nota si riferisce di uno studio tendente a verificare la correttezza di tale impostazione.

Abstract

Among the operations related to the survey with terrestrial laser scanner is often used a procedure of control of the targets through topographical positioning.

The adoption of this methodology evidently comes down from a recognized great reliability of this one in comparison to the acquisition of the double points with the laser scanner.

This is of course correspondent to the truth if the topographical survey is of tall precision and duct therefore according to a net scheme.

Adopting also the classical tacheometric procedure, is however possible, within certain limits, to achieve a degree of such precision to justify the use of the coordinates so defined as elements of control of the position of the targets.

To operate in these terms can be useful in all that cases in which the demand of precision isn't particularly elevate (that's why the devolepment of a net would not be justicable) but is not wanted to abdicate to a procedure of control however. In this article the Authors refer of a study on this methodology of topografical positioning of the targets.

1. Il controllo topografico dei target: precisione del posizionamento celerimetrico

Nell'ambito di una ricerca di più ampio respiro sull'applicazione del laser scanner terrestre al rilevamento architettonico, tendente a valutarne, in particolare, la precisione di posizionamento, ci si è voluti soffermare sul tema del controllo topografico dei punti doppi utilizzati per l'allineamento delle scansioni.

Considerato che l'inquadramento dei target entro uno schema di rete fornisce certamente risultati di maggiore affidabilità rispetto all'acquisizione mediante laser scanner e costituisce pertanto il corretto presupposto perché mediante tale procedura se ne possa effettuare il controllo, ci si è comunque chiesto se, almeno per lavori di rilevamento cui non si chiede un grado di precisione

¹ Il contributo degli Autori alla stesura del presente articolo è da intendersi paritetico.

particolarmente spinto (quale è appunto il caso, in genere, della maggior parte delle applicazioni nel campo architettonico), non possa essere sufficiente anche un controllo topografico di tipo celerimetrico (singola acquisizione di ciascun target al di fuori di uno schema di rete).

Allo scopo di verificare la correttezza di tale impostazione, si è proceduto al calcolo dell'incertezza di posizionamento di punti collimati da una sola stazione con uno strumento di fascia medio alta caratterizzato dai seguenti parametri:

- incertezza sulla misura delle distanze: $\sigma_D = \pm(3 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm})$
- incertezza sulla misura degli angoli orizzontali: $\sigma_\alpha = \pm 5''$
- sensibilità del compensatore: $v = \pm 10''$

Con questi dati sono state elaborate le ellissi standard di errore, esplorando l'orizzonte in corrispondenza di distanze contenute entro i 75 m (valore generalmente non superato per le applicazioni in oggetto) e di zenitali non inferiori a 45° (abbondantemente cautelativo in relazione alla massima distanza ipotizzata).

Nelle figure 1-4 sono riportate, sotto forma tabellare e grafica, le elaborazioni relative al caso limite di zenitale uguale a 45° e per distanze di acquisizione pari a 25 m, 50 m e 75 m.

θ (°)	σ_α (rad)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_{xy} (m)	ρ	a^2	b^2	$a=\sigma_{\max}$ (m)	$b=\sigma_{\min}$ (m)	$\text{tg}(2\phi)$	ϕ (°)
0	2,42E-05	0,00061	0,0031	0,00E+00	0,000	9,30E-06	3,67E-07	0,0031	0,0006	0	90
30	3,43E-05	0,00170	0,0027	3,71E-06	0,817	9,30E-06	7,35E-07	0,0031	0,0009	-1,732051	60
60	4,85E-05	0,00271	0,0019	3,39E-06	0,676	9,30E-06	1,47E-06	0,0031	0,0012	1,732051	30
90	5,42E-05	0,00305	0,0014	4,57E-22	1,1E-16	9,30E-06	1,84E-06	0,0031	0,0014	1,23E-16	0
120	4,85E-05	0,00271	0,0019	-3,39E-06	-0,676	9,30E-06	1,47E-06	0,0031	0,0012	-1,732051	150
150	3,43E-05	0,00170	0,0027	-3,71E-06	-0,817	9,30E-06	7,35E-07	0,0031	0,0009	1,732051	120
180	2,42E-05	0,00061	0,0031	-1,09E-21	-6E-16	9,30E-06	3,67E-07	0,0031	0,0006	2,45E-16	90
210	3,43E-05	0,00170	0,0027	3,71E-06	0,817	9,30E-06	7,35E-07	0,0031	0,0009	-1,732051	60
240	4,85E-05	0,00271	0,0019	3,39E-06	0,676	9,30E-06	1,47E-06	0,0031	0,0012	1,732051	30
270	5,42E-05	0,00305	0,0014	1,37E-21	3,3E-16	9,30E-06	1,84E-06	0,0031	0,0014	3,68E-16	0
300	4,85E-05	0,00271	0,0019	-3,39E-06	-0,676	9,30E-06	1,47E-06	0,0031	0,0012	-1,732051	150
330	3,43E-05	0,00170	0,0027	-3,71E-06	-0,817	9,30E-06	7,35E-07	0,0031	0,0009	1,732051	120
360	2,42E-05	0,00061	0,0031	-2,19E-21	-1E-15	9,30E-06	3,67E-07	0,0031	0,0006	4,9E-16	90

Figura 1 - Ellissi standard d'errore per D= 25 m e Z= 45°

θ (°)	σ_α (rad)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_{xy} (m)	ρ	a^2	b^2	$a=\sigma_{\max}$ (m)	$b=\sigma_{\min}$ (m)	$\text{tg}(2\phi)$	ϕ (°)
0	2,42E-05	0,00061	0,0031	0,00E+00	0,000	9,30E-06	3,67E-07	0,0031	0,0006	0	90
30	3,43E-05	0,00170	0,0027	3,71E-06	0,817	9,30E-06	7,35E-07	0,0031	0,0009	-1,732051	60
60	4,85E-05	0,00271	0,0019	3,39E-06	0,676	9,30E-06	1,47E-06	0,0031	0,0012	1,732051	30
90	5,42E-05	0,00305	0,0014	4,57E-22	1,1E-16	9,30E-06	1,84E-06	0,0031	0,0014	1,23E-16	0
120	4,85E-05	0,00271	0,0019	-3,39E-06	-0,676	9,30E-06	1,47E-06	0,0031	0,0012	-1,732051	150
150	3,43E-05	0,00170	0,0027	-3,71E-06	-0,817	9,30E-06	7,35E-07	0,0031	0,0009	1,732051	120
180	2,42E-05	0,00061	0,0031	-1,09E-21	-6E-16	9,30E-06	3,67E-07	0,0031	0,0006	2,45E-16	90
210	3,43E-05	0,00170	0,0027	3,71E-06	0,817	9,30E-06	7,35E-07	0,0031	0,0009	-1,732051	60
240	4,85E-05	0,00271	0,0019	3,39E-06	0,676	9,30E-06	1,47E-06	0,0031	0,0012	1,732051	30
270	5,42E-05	0,00305	0,0014	1,37E-21	3,3E-16	9,30E-06	1,84E-06	0,0031	0,0014	3,68E-16	0
300	4,85E-05	0,00271	0,0019	-3,39E-06	-0,676	9,30E-06	1,47E-06	0,0031	0,0012	-1,732051	150
330	3,43E-05	0,00170	0,0027	-3,71E-06	-0,817	9,30E-06	7,35E-07	0,0031	0,0009	1,732051	120
360	2,42E-05	0,00061	0,0031	-2,19E-21	-1E-15	9,30E-06	3,67E-07	0,0031	0,0006	4,9E-16	90

Figura 2 - Ellissi standard d'errore per D= 50 m e Z= 45°

θ (°)	σ_α (rad)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_{xy} (m)	ρ	a^2	b^2	$a=\sigma_{\max}$	$b=\sigma_{\min}$	$\text{tg}(2\phi)$	ϕ
				(m)				(m)	(°)		
0	2,42E-05	0,00182	0,0031	0,00E+00	0,000	9,30E-06	3,31E-06	0,0031	0,0018	0	90
30	3,43E-05	0,00270	0,0029	1,17E-06	0,147	9,30E-06	6,61E-06	0,0031	0,0026	-1,73205	60
60	4,85E-05	0,00321	0,0035	-1,70E-06	-0,151	1,32E-05	9,30E-06	0,0036	0,0031	1,732051	30
90	5,42E-05	0,00305	0,0041	-4,43E-22	-3,6E-17	1,65E-05	9,30E-06	0,0041	0,0031	1,23E-16	0
120	4,85E-05	0,00321	0,0035	1,70E-06	0,151	1,32E-05	9,30E-06	0,0036	0,0031	-1,73205	150
150	3,43E-05	0,00270	0,0029	-1,17E-06	-0,147	9,30E-06	6,61E-06	0,0031	0,0026	1,732051	120
180	2,42E-05	0,00182	0,0031	-7,35E-22	-1,3E-16	9,30E-06	3,31E-06	0,0031	0,0018	2,45E-16	90
210	3,43E-05	0,00270	0,0029	1,17E-06	0,147	9,30E-06	6,61E-06	0,0031	0,0026	-1,73205	60
240	4,85E-05	0,00321	0,0035	-1,70E-06	-0,151	1,32E-05	9,30E-06	0,0036	0,0031	1,732051	30
270	5,42E-05	0,00305	0,0041	-1,33E-21	-1,1E-16	1,65E-05	9,30E-06	0,0041	0,0031	3,68E-16	0
300	4,85E-05	0,00321	0,0035	1,70E-06	0,151	1,32E-05	9,30E-06	0,0036	0,0031	-1,73205	150
330	3,43E-05	0,00270	0,0029	-1,17E-06	-0,147	9,30E-06	6,61E-06	0,0031	0,0026	1,732051	120
360	2,42E-05	0,00182	0,0031	-1,47E-21	-2,7E-16	9,30E-06	3,31E-06	0,0031	0,0018	4,9E-16	90

Figura 3 - Ellissi standard d'errore per $D=75\text{ m}$ e $Z=45^\circ$

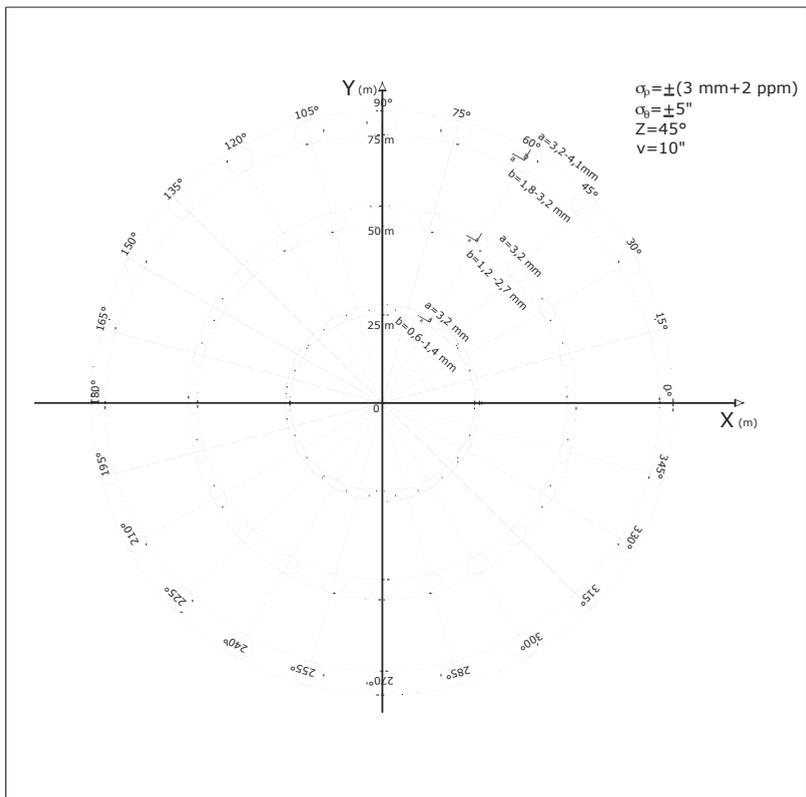


Figura 4 - Ellissi standard d'errore per $D=25\text{ m}$, $D=50\text{ m}$, $D=75\text{ m}$ e $Z=45^\circ$

I risultati evidenziano come, nell'ambito di distanze usuali per le applicazioni relative al rilievo architettonico, il posizionamento con stazione totale abbia un'incertezza inferiore al valore della

precisione di targa dei laser scanner a tempo di volo generalmente utilizzati in questo tipo di applicazioni.

Utilizzando strumenti di ultima generazione (stazioni totali con precisione angolare di $\pm 1''$, puntamento automatico del segnale, incertezza sulla distanza pari a $\pm(1 \text{ mm} + 2 \text{ ppm})$ e sensibilità del compensatore $v=1''$) si potrebbe addirittura conseguire una precisione sul posizionamento planimetrico di poco superiore ad 1 mm, per cui in definitiva si ritiene che, nell'ambito di riferimento, sia possibile utilizzare le coordinate acquisite con uno schema celerimetrico per il controllo dei punti doppi.

2. Schema di rete speditivo per il posizionamento dei target

Nonostante i risultati ottenuti consentano, con i limiti già ampiamente esposti, di eseguire l'acquisizione topografica dei target mediante il posizionamento celerimetrico, è comunque preferibile che la procedura di controllo dei punti doppi faccia riferimento a coordinate compensate secondo uno schema di rete ed in genere tale operazione può essere condotta anche senza appesantire eccessivamente le operazioni di rilievo, conseguendo l'obiettivo di realizzare l'operazione con un corretto rapporto costi/benefici.

Si propone a tal proposito uno schema molto semplice, che prevede l'autonoma acquisizione e compensazione delle coordinate di ciascun vertice (figura 5).

Facendo stazione in A ed in B, si collimano gli n target, materializzando altrettanti triangoli indipendenti, ma riferiti allo stesso riferimento, avente origine in A ($X_A=0, Y_A=0$) ed asse delle ascisse diretto secondo la congiungente AB ($Y_B=0$).

Del generico triangolo ABP si misurano le distanze AB, AP e BP e gli angoli α e β , mentre sono incognite le tre coordinate X_P, Y_P e X_B ; il sistema risolvibile è quindi due volte ridondante, consentendo l'adozione di un criterio di stima ai minimi quadrati.

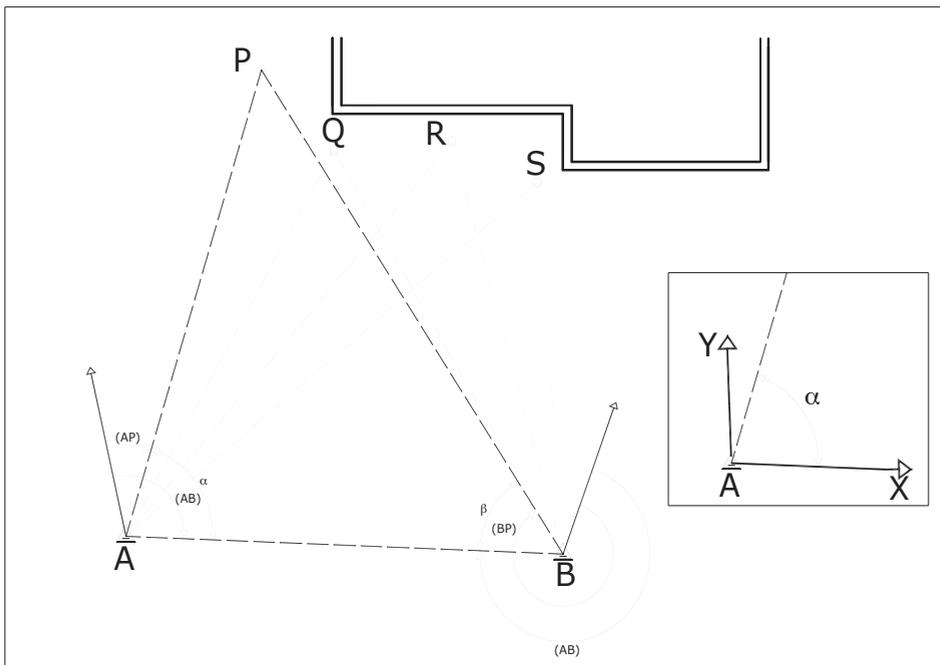


Figura 5 - Ellissi standard d'errore per $D=25 \text{ m}$, $D=50 \text{ m}$, $D=75 \text{ m}$ e $Z=45^\circ$

Di seguito, per completezza di trattazione, viene proposto il set di equazioni risolventi, che consente di determinare, oltre alle coordinate del target P, anche le relative incertezze.

❖ Coordinate stimate:

$$\begin{aligned} X_B^s &= AB \text{sen}(AB) \\ X_P^s &= AP \text{sen}(AP) \\ Y_P^s &= AP \cos(AP) \end{aligned} \quad [1]$$

❖ Coordinate compensate:

$$\begin{aligned} X_B &= X_B^s + \delta_{XB} \\ X_P &= X_P^s + \delta_{XP} \\ Y_P &= Y_P^s + \delta_{YP} \end{aligned} \quad [2]$$

❖ Equazioni di osservazione:

a) angolo α : $0 \cdot \delta_{XB} + \frac{Y_P^s}{AP^2} \delta_{XP} - \frac{X_P^s}{AP^2} \delta_{YP} + (-\arctan \frac{X_P^s}{Y_P^s} + \frac{\pi}{2} - \alpha) = v_1$ [3]

b) angolo β : $-\frac{Y_P^s}{BP^2} \delta_{XB} + \frac{Y_P^s}{BP^2} \delta_{XP} - \frac{X_P^s - X_B^s}{BP^2} \delta_{YP} + (\arctan \frac{X_P^s - X_B^s}{Y_B^s} - \frac{3\pi}{2} - \beta) = v_2$ [4]

c) distanza AB: $\frac{X_B^s}{AB} \delta_{XB} + 0 \cdot \delta_{XP} + 0 \cdot \delta_{YP} + (X_B^s - AB) = v_3$ [5]

d) distanza AP: $0 \cdot \delta_{XB} + \frac{X_P^s}{AP} \delta_{XP} + \frac{Y_P^s}{AP} \delta_{YP} + (\sqrt{X_P^{s2} + Y_P^{s2}} - AP) = v_4$ [6]

e) distanza BP:

$$-\frac{X_P^s - X_B^s}{BP} \delta_{XB} + \frac{X_P^s - X_B^s}{BP} \delta_{XP} + \frac{Y_P^s - Y_B^s}{BP} \delta_{YP} + (\sqrt{(X_P^s - X_B^s)^2 + (Y_P^s - Y_B^s)^2} - BP) = v_5 \quad [7]$$

❖ Matrice delle incognite X e matrice disegno A:

$$X = \begin{pmatrix} \delta_{XB} \\ \delta_{XP} \\ \delta_{YP} \end{pmatrix} \quad [8] \quad A = \begin{pmatrix} 0 & \frac{Y_P^s}{AP^2} & -\frac{X_P^s}{AP^2} \\ -\frac{Y_P^s}{BP^2} & \frac{Y_P^s}{BP^2} & -\frac{X_P^s - X_B^s}{Y_B^s} \\ \frac{X_B^s}{AB} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{X_P^s}{AP} & \frac{Y_P^s}{AP} \\ -\frac{X_P^s - X_B^s}{BP} & \frac{X_P^s - X_B^s}{BP} & \frac{Y_P^s - Y_B^s}{BP} \end{pmatrix} \quad [9]$$

❖ Matrice dei termini noti L e matrice dei pesi P:

$$L = \begin{pmatrix} -\arctan g \frac{X_P^s}{Y_P^s} + \frac{\pi}{2} - \alpha \\ \arctan g \frac{X_P^s - X_B^s}{Y_B^s} - \frac{3\pi}{2} - \beta \\ X_B^s - AB \\ \sqrt{X_P^{s2} + Y_P^{s2}} - AP \\ \sqrt{(X_P^s - X_B^s)^2 + (Y_P^s - Y_B^s)^2} - BP \end{pmatrix} \quad [10] \quad P = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sigma_\alpha^2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_\beta^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_{AB}^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_{AP}^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_{BP}^2} \end{pmatrix} \quad [11]$$

❖ Sistema risolvete: $X = -(A^T P A)^{-1} A^T P L$ [12]

❖ Matrice degli scarti: $V = A X + L$ [13]

- ❖ Ridondanza del sistema: - numero di incognite: m=3
 - numero di equazione: n=5
 - ridondanza: r=n-m=2

❖ Varianza dell'unità di peso: $\sigma_0^2 = \frac{V^T P V}{n - m}$ [14]

❖ Stima delle varianze e delle covarianze

❖ Parametri dell'ellisse standard: eseguita la stima delle varianze delle coordinate di P e della relativa covarianza, è possibile calcolare rispettivamente il coefficiente di correlazione ρ, i semiassi dell'ellisse standard a e b e l'inclinazione degli assi di minima e massima varianza φ.

3. Conclusioni

Nel rilievo con laser scanner terrestre uno dei problemi da affrontare riguarda il controllo topografico dei target utilizzati per la registrazione delle scansioni.

In alternativa al classico inquadramento in uno schema di rete generale di tutti i punti doppi, spesso eccessivamente oneroso, nell'ambito delle applicazioni architettoniche e, più in generale, quando non sia richiesto un grado di precisione particolarmente elevato, si può ricorrere al posizionamento celerimetrico o, preferibilmente, allo schema proposto nella presente nota, che prevede l'autonoma acquisizione di ogni singolo target mediante delle reti minime due volte ridondanti e riferite al medesimo datum.

La procedura coniuga in definitiva le contrapposte esigenze di semplicità e velocità di posizionamento dei target e di contestuale rigosità dei risultati, conseguendo un corretto obiettivo sotto il profilo dell'analisi costi/benefici.

Bibliografia:

Chillemi M., Giacobbe L., 2006: "Laser scanning terrestre: controllo della precisione mediante confronto con rilievo A.P.", Atti 10^a Conferenza ASITA
 Boehler W., Bordas Vicent M., Marbs A., 2003: "Investigating laser scanner accuracy" – Institute for Spatial Information and Surveying Technology – www.i3mainz.fh-mainz.de
 Rinaudo F., 2002: "La tecnica laser scanning: applicazioni architettoniche e urbanistiche" in "La tecnica del laser scanning: teoria ed applicazioni" – ed. CISM
 Sansò F., 1990: "Il trattamento statistico dei dati" – ed. CLUP
 Inghilleri G., 1974: "Topografia Generale" – ed. UTET

UN'APPLICAZIONE DELLA PROCEDURA DI IMPLEMENTAZIONE DI UN INSIEME RIDONDANTE DI SISTEMI RISOLUTIVI: L'ALLINEAMENTO DELLE SCANSIONI LASER DEL PORTALE LATERALE DEL DUOMO DI MESSINA

Alessandra AMATO, Massimo CHILLEMI, Luigi GIACOBBE¹

DISIA Facoltà di Ingegneria Università di Messina, 0903977208,
amatoa@unime.it, massimochillemi@ingegneria.unime.it, luigi giacobbe@libero.it

RIASSUNTO

In una precedente pubblicazione, presentata all'11ª Conferenza ASITA, gli Autori hanno proposto una procedura di allineamento delle nuvole di punti acquisite mediante tecniche laser scanning. Il metodo proposto consente di ottimizzare i parametri di trasformazione necessari per eseguire l'allineamento delle scansioni laser attraverso fasi operative, che richiedono particolare cura durante la progettazione e l'esecuzione del rilievo, ma estremamente semplici in fase di restituzione.

Nel presente articolo si intendono presentare i risultati dell'applicazione di tale metodo, definito "implementazione di un insieme ridondante di sistemi risolutivi", alla registrazione delle scansioni del portale laterale del Duomo di Messina.

Le due scansioni del portale laterale e delle finestre in stile gotico-catalano sono state eseguite con il laser scanner LS 880 della FARO CAM2 in dotazione al CN.R. – Istituto di Tecniche Spettroscopiche di Messina.

Per il rilievo topografico dei target è stata invece utilizzata la stazione totale TOPCON GS330 del Dipartimento di Scienze per l'Ingegneria e per l'Architettura di Messina.

Applicati sul prospetto dodici segnali, di cui sei utilizzati per l'allineamento delle due scansioni, quattro in funzione di punti di controllo e due per l'orientamento della prima scansione, si è potuto osservare come i risultati dell'elaborazione sono in linea con le aspettative, dal momento che si riesce a contenere i residui sulle coordinate dei vertici di controllo in un ambito di valori significativamente più bassi della tolleranza assegnata.

ABSTRACT

In a previous publication, submitted at the 11th ASITA Conference, the Authors have proposed a procedure of alignment of the clouds of points acquired by laser scanning techniques. The proposed method allows to optimize the parameters of the transformation necessary to optimize to perform the alignment of the laser scanings through operational phases, that ask for particular care during the planning and the execution of the survey, but extremely simple in phase of restitution.

In this article the Authors produce the results of the application of such method, defined "implementation of a redundant full set of resolute systems", to the recording of the scanings of the side portal of the Cathedral in Messina.

The two scanings of the side portal and of the windows in Gothic-Catalan have been executed with the laser scanner LS 880 of the FARO CAM2 in endowment to CN.R. - Spectroscopic Techniques Institute in Messina.

The topographical survey of the targets has been used the total station TOPCON GS 330 in endowment to Department for the Engineering and for the Architecture in Messina.

Twelve signals, of which six used for the alignment of two scanings, four in function of control points and two for the orientation of the first scanning, were applied on the front of building; the results of the elaboration are in line with the expectations, since one is able significantly to contain the residuals on the coordinates of the control tops in a context of values lower than the assigned tolerance.

¹ Il contributo degli Autori alla stesura del presente articolo è da intendersi paritetico.

1. Introduzione

Il corretto utilizzo della metodologia laser scanning 3D non può prescindere da un consapevole progetto del modello finale già in una fase precedente al rilievo, quando è necessario predisporre le opportune condizioni operative per garantire il conseguimento del risultato atteso anche in termini di precisione.

La possibilità offerta dal laser scanner di posizionare un punto nello spazio con una precisione decisamente elevata può essere depauperata da una procedura di rilievo e restituzione non adeguata. In particolare, il problema si pone quando la forma, l'estensione e/o le condizioni di accessibilità visiva dell'oggetto da rilevare non ne consentono l'acquisizione con una sola scansione ed occorre quindi operare con più stazioni di presa, ognuna delle quali è riferita ad un particolare sistema di riferimento locale arbitrariamente orientato.

Di conseguenza, i modelli risultanti dalle singole scansioni sono fra loro indipendenti e privi di una relazione geometrica nota.

In fase di restituzione sarà quindi indispensabile ricostruire il legame geometrico tra i modelli parziali rilevati, che dovranno essere georeferenziati rispetto ad un unico sistema di riferimento predefinito, introducendo inevitabilmente, per effetto dell'incertezza di posizionamento dei punti, ulteriori approssimazioni.

Tale operazione, com'è noto, viene definita allineamento o registrazione delle scansioni.

Nonostante la numerosità dei punti omologhi (target) tra due scansioni eserciti una notevole importanza ai fini del calcolo dei parametri di rototraslazione, spesso può non risultare sufficiente a garantire il risultato atteso dal rilievo in termini di precisione del modello finale.

La procedura proposta dagli Autori in una precedente pubblicazione, presentata in sessione poster all'11^a Conferenza ASITA, evidenzia la possibilità di attivare una serie di controlli convergendo in definitiva verso il calcolo dei valori più probabili dei parametri di trasformazione mediante un criterio di stima ai minimi quadrati. In sintesi, il metodo prevede la scelta di un numero di target sufficiente a generare un elevato numero di sistemi risolutivi e testa i risultati ottenuti per le varie terne di parametri di trasformazione calcolati su un gruppo di vertici controllo, di cui si conoscono a priori le coordinate nel sistema di riferimento finale.

Individuate, attraverso questa procedura, le combinazioni di target più attendibili, le corrispondenti terne di parametri sono trattate statisticamente al fine di determinare i valori più probabili.

2. Il portale laterale del Duomo di Messina: rilievo ed allineamento delle scansioni

La procedura proposta nella precedente pubblicazione, è stata testata attraverso una prova di calibrazione utilizzando i dati acquisiti con due scansioni del prospetto Sud-Est del Duomo di Messina.

Le due scansioni del portale laterale del Duomo di Messina (fig. 1) e delle finestre in stile gotico-catalano (fig. 2) sono state eseguite con il laser scanner LS 880 della FARO CAM2 in dotazione al CN.R. – Istituto di Tecniche Spettroscopiche di Messina.



Figura 1-Portale laterale del Duomo di Messina



Figura 2 - finestre in stile gotico-catalano (prospetto Sud-Est)

Per il rilievo topografico dei target è stata invece utilizzata la stazione totale TOPCON GS330 del Dipartimento di Scienze per l'Ingegneria e per l'Architettura di Messina. Sul prospetto sono stati applicati dodici segnali (fig. 3), di cui sei utilizzati per l'allineamento delle due scansioni (target 2-7), quattro in funzione di punti di controllo (target 9-12) e due per l'orientamento della prima scansione (target 1 e 8).

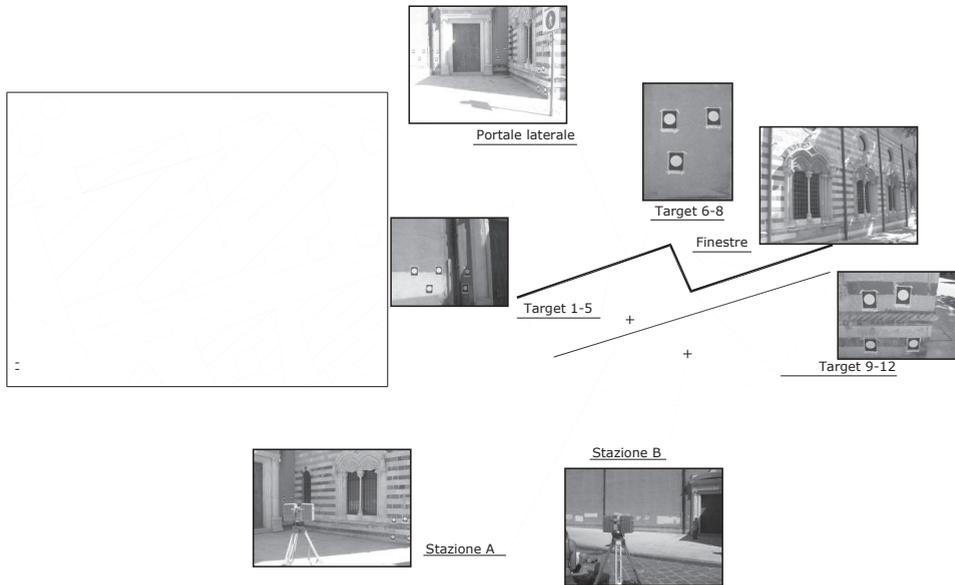


Figura 3- Schema planimetrico del rilievo

Le coordinate dei 12 target sono state acquisite attraverso le due scansioni laser (fig. 4-5), facendo stazione in due punti, A e B.



Figura 4 - nuvola di punti acquisita con la scansione A



Figura 5 - nuvola di punti acquisita con la scansione B

Il posizionamento topografico dei target è stato effettuato facendo stazione nel punto A e ripetendo le misure per quattro volte. Utilizzando due vertici come punti doppi tra il posizionamento topografico e la scansione A, è stata eseguita, ricorrendo all'Analisi Procustiana, la rototraslazione del sistema di riferimento corrispondente a quest'ultima. Una volta ottenuti i parametri di trasformazione, che si riportano di seguito (fig. 6),

$a_x=$	2,47595	m
$a_y=$	-0,28316	m
$\theta=$	-1,01491	rad

Figura 6 – Parametri per l'allineamento tra il posizionamento topografico e la scansione A

è stata effettuata la rototraslazione dei vertici 2, 3, 4, 5, 6 e 7, i cui risultati riferiti alla scansione effettuata nel punto A, si riportano nella seguente tabella (fig. 7):

Target	Coordinate originali		Coordinate trasformate	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
2	6,25934	-2,08365	7,54889	3,93421
3	6,13067	-2,37257	7,72641	3,67245
4	5,77717	-3,21487	8,25535	2,92770
5	5,73653	-3,31363	8,31780	2,84107
6	4,08517	-7,20296	10,75011	-0,61403
7	4,04568	-7,28811	10,80160	-0,69251

Figura 7 - Allineamento della scansione A al posizionamento topografico

Le coordinate così determinate sono state quindi utilizzate per eseguire la registrazione delle due scansioni utilizzando la procedura automatizzata di calcolo.

La prima fase di tale applicazione, come già messo in evidenza nella precedente pubblicazione, consiste nell'inserimento di alcuni input, quali:

- numero di target,
- numero dei vertici di controllo,
- coordinate dei target nel sistema A di destinazione,
- coordinate dei target nel sistema B di origine,
- coordinate dei vertici di controllo nel sistema B di origine,
- coordinate note (acquisite topograficamente) dei vertici di controllo nel sistema A di destinazione,
- valore dello scarto ammissibile Δ tra le coordinate note dei vertici di controllo e le corrispondenti coordinate calcolate mediante rototraslazione.

Il numero di combinazioni semplici utilizzate dalla procedura è calcolato automaticamente una volta assegnato il numero di target.

La seconda fase restituisce i valori dei parametri ottimali di rototraslazione e due diagrammi (figg. 8-9-10).

$a_x=$	-2,04136	(m)
$a_y=$	-5,57399	(m)
$\theta=$	-1,01414	(rad)

Figura 8 - Parametri della trasformazione

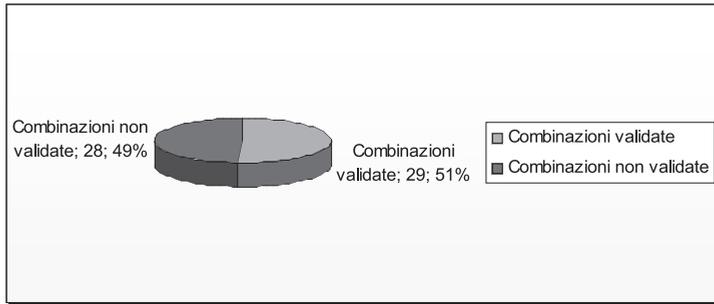


Figura 9 - Combinazioni di target validate dalla procedura di ottimizzazione

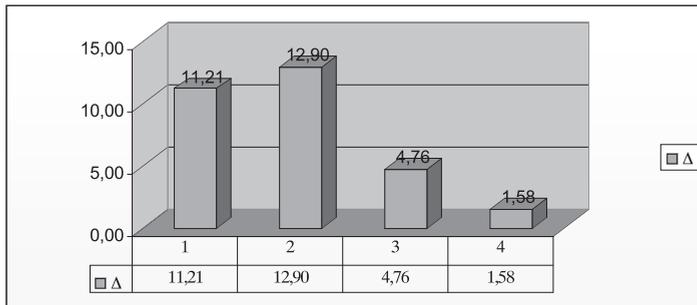


Figura 10 - Scarti sul posizionamento dei punti di controllo dopo l'applicazione dei parametri ottimizzati

Il primo grafico evidenzia, in valore assoluto e percentuale, il numero di combinazioni validate, ovvero che sono state implementate nella procedura, in quanto, per tutti i punti di controllo, danno luogo ad uno scarto inferiore al valore ammissibile.

Il secondo diagramma restituisce invece gli scarti sul posizionamento dei punti di controllo dopo l'applicazione dei parametri ottimizzati.

L'elaborazione ha evidenziato che, assunto uno scarto ammissibile pari a 18 mm, risultano validate 29 combinazioni su 57 (51% del totale), con uno scarto massimo di 12 mm sul posizionamento dei punti di controllo (vertice 9), mentre il valore minimo (1,58 mm) si verifica per il target 12.

Tali risultati sono certamente in linea con le aspettative, dal momento che, partendo da una precisione di targa di ± 3 mm, si riesce a contenere i residui sulle coordinate dei vertici di controllo nell'intorno di 1 cm e con valori comunque significativamente più bassi della tolleranza assegnata.

Si consideri inoltre che l'attendibilità della procedura è confermata dalla circostanza che i parametri ottimizzati sono stati derivati da una popolazione di terne superiore al 50% delle combinazioni disponibili.

3. Conclusioni

I parametri di rototraslazione determinati mediante l'implementazione di un insieme ridondante di sistemi risolutivi sono stati confrontati con gli stessi parametri calcolati dal software Faro Scene in dotazione al laser scanner LS 880 utilizzato per le scansioni.

I risultati ottenuti indicano un corretto funzionamento del metodo, dal momento che gli scarti tra i singoli parametri calcolati con i due software si possono ritenere fisiologici.

Occorre infatti considerare dei fattori di disomogeneità tra le due procedure, quali un approccio concettuale sostanzialmente diverso ed il differente numero di target utilizzati nelle due applicazioni (soltanto tre punti doppi con Faro Scene, sei segnali, combinati fino a originare 57 triplette di parametri risolutivi con la procedura di implementazione).

	a_x (m)	a_y (m)	θ (°)
Faro Scene	-6,88473	1,03601	359,9004
Metodo proposto	-6,87685	1,04451	359,9551

Figura 11 - parametri di rototraslazione calcolati con Faro Scene e con il metodo proposto

I residui sui parametri, pur essendo di un certo rilievo in termini assoluti, sono comunque di ordine comparabile con la precisione di posizionamento del laser scanner. Il risultato conseguito, considerata la finalità del test e, si ribadisce, la non omogeneità dei due sistemi utilizzati, è decisamente confortante, attestando di conseguenza l'attendibilità del metodo proposto.

	Δ	Δ %
Scarto su a_x	$7,88 \times 10^{-3}$	1,14%
Scarto su a_y	$8,50 \times 10^{-3}$	0,82%
Scarto su θ	$5,47 \times 10^{-2}$	0,015%

Figura 12 - scarti assoluti e percentuali tra i parametri di rototraslazione calcolati con Faro Scene e con il metodo proposto

Ulteriori test di laboratorio, in cui è stato utilizzato come termine di paragone il software Cyclone della Leica Geosystems, hanno successivamente confermato la corretta impostazione dell'applicativo.

Ringraziamenti

Si ringraziano l'Istituto di Tecniche Spettroscopiche del C.N.R. di Messina e, in particolare, il dr. Cirino Vasi ed il dr. Franco Aliotta per la cortese e preziosa collaborazione.

Bibliografia:

- Chillemi M., Giacobbe L., 2007: "L'allineamento delle scansioni laser scanner mediante l'implementazione di un insieme ridondante di sistemi risolutivi", Atti 11^a Conferenza ASITA
- Chillemi M., Giacobbe L., 2007: "Influenza della procedura di allineamento sulla precisione del modello restituito", Atti 11^a Conferenza ASITA
- Guerra F., Balletti C., 2006: "Rilievo con laser scanner 3D: applicazioni per la conoscenza dei beni culturali" in "Laser scanning terrestre" – ed. CISM
- Rinaudo F., 2002: "La tecnica laser scanning: applicazioni architettoniche e urbanistiche" in "La tecnica del laser scanning: teoria ed applicazioni" – ed. CISM

INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SUSCETTIBILI ALL'ESONDABILITÀ ATTRAVERSO L'ELABORAZIONE DEL DEM

Luca ANGELI (*), Roberto COSTANTINI (*), Raffaella FERRARI (*),
Lucia INNOCENTI (*), Letizia COSTANZA (**)

(*) CNR - Ibimet, via G. Caproni 8 – 50145 Firenze, e-mail: innocenti@lamma-cres.rete.toscana.it
(**) Fondazione per il Clima e la Sostenibilità, via G. Caproni 8 – 50145 Firenze

Riassunto

L'affermarsi delle tecnologie GIS e della modellizzazione digitale del terreno, ha favorito lo sviluppo di metodologie automatiche per l'analisi morfologica e idrologica a scala di bacino idrografico. Alcuni algoritmi, che si basano sui dati continui del Modello Digitale di Elevazione (DEM), riescono a estrarre in modo semi-automatico le forme del terreno e dei versanti.

Il presente studio si è posto come obiettivo quello di testare su un bacino della Toscana meridionale (bacino del fiume Albegna, provincia di Grosseto), la valenza dell'analisi morfometrica per l'individuazione delle aree più suscettibili alla esondabilità del reticolo idrografico principale e secondario, ai fini della gestione delle emergenze in caso di precipitazioni eccezionali e della pianificazione territoriale sostenibile.

La metodologia applicata è stata messa a punto dal LaMMA CRES (Centro Ricerche Erosione Suolo) per la realizzazione della Carta della Soggiacenza, cioè il grado di pericolosità dei terreni nei confronti delle esondazioni, ai fini della redazione del Piano di Classifica del Consorzio di Bonifica Osa-Albegna utilizzando l'algoritmo di Vivoni (2004) che individua le zone alluvionabili sulla base dell'area contribuyente calcolata rispetto a una quota prestabilita.

Le zone individuate attraverso la procedura adottata sono state quindi messe a confronto con la Carta delle Aree Inondabili realizzata dal Servizio Geografico della Regione Toscana sulla base delle aree che storicamente hanno subito un evento alluvionale. I risultati ottenuti dimostrano che la metodologia impiegata riesce a ben rappresentare le aree in soggiacenza nei diversi sottobacini dell'area di studio. L'attività svolta sottolinea l'importanza dello sviluppo di tecniche semi-automatiche che permettano, a un costo contenuto, la mappatura delle aree suscettibili all'esondabilità. Ciò contribuisce, da un lato a una migliore gestione delle emergenze in caso di precipitazioni eccezionali, e dall'altro ad una pianificazione territoriale che, salvaguardando le attese di sviluppo economico, minimizzi il danno connesso al rischio idrogeologico.

Abstract

Recent take-over of GIS technologies, together with digital terrain modelling, promoted automatic land-form extraction for landscape and hydrological analysis at a watershed scale. Computer-based algorithms based on DEM's continuous data may semi-automatically extract landform patterns.

The objective of this work is to test, for a Southern Tuscany river catchment (Abegna River, Grosseto Province), the application of a specific algorithm resulted in a morphometric analysis that enabled the delineation of flood susceptible areas, for the emergency management in case of exceptional events of precipitation and for a sustainable land management. The methodology here analysed has been applied by LaMMA CRES (Soil Erosion Research Center) to complete a flood risk area mapping for the Osa-Albegna Land Reclamation Consortium, and is based on the TINIndex Analysis Package (TIAP) (Vivoni, 2004).

As a confirmation, the procedure results have been compared to the “Documented Flood Areas Map” of the Geographical Service of Regione Toscana: the utilized algorithm well represents the flood risk area of the studied catchment.

This work underlines the importance of the development of semi-automatic techniques designed for flood risk area mapping as a support for emergency management during high precipitation season, and for a suitable environmental planning to minimize the damages due to the hydro-geological risk.

Introduzione

L'identificazione delle aree interessate da fenomeni di esondazione, ossia quelle fasce di territorio di pertinenza dei corsi d'acqua ad alta vulnerabilità idrologica, risulta un tema ricorrente sia per la formazione dei Piani Territoriali di Coordinamento (PTC), che per la redazione dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) secondo quanto previsto dalla legge 183/1989 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”.

Le competenti Autorità territoriali devono infatti redigere gli strumenti necessari per la pianificazione e programmazione delle azioni e norme d'uso finalizzate alla conservazione, difesa e valorizzazione del suolo e la corretta utilizzazione della acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali dei territori di propria competenza. In particolare devono indicare le zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche, ai fini della conservazione del suolo, della tutela dell'ambiente e della prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici.

In tale quadro si inserisce il presente lavoro, il cui scopo è quello di testare e valutare la valenza di algoritmi derivanti dall'analisi morfometrica capaci di individuare le aree più suscettibili alla esondabilità del reticolo idrografico principale e secondario.

Il Bacino idrografico in studio è quello del Fiume Albegna situato nella Toscana meridionale (provincia di Grosseto) con un'estensione territoriale di 746 Km².

Metodologia

Le aree a diversa soggiacenza sono state individuate tramite la messa a punto di un algoritmo realizzato dal gruppo di ricerca tRIBS al Ralph M. Parsons Laboratory del MIT (Massachusetts Institute of Technology, USA) all'interno di TIAP (TINIndex Analysis Package). L'applicazione è costituita da un insieme modulare di script AML realizzati in ambiente ArcInfo, aperti ad eventuali modifiche (Nardi et alii, 2004).

La metodologia seguita (Williams et alii, 2000) parte dal presupposto che le aree di esondazione si sviluppano lungo i corsi d'acqua di ordine superiore al primo (Strahler, 1952). Infatti i corsi d'acqua di primo ordine si trovano generalmente su versanti con elevata pendenza e hanno una piccola area di impluvio, elementi che impediscono la formazione di aree di esondazione.

L'algoritmo si basa sul calcolo, a partire da ciascun pixel del corso d'acqua, dell'area contribuyente calcolata rispetto a una quota prestabilita.

La procedura è stata eseguita su più porzioni del comprensorio, cercando di mantenere la continuità morfologica dei vari bacini idrografici.

E' stato necessario calibrare la procedura, modificandone di volta in volta la soglia relativa all'ordine minimo del corso d'acqua (da 2 a 5 a seconda del bacino in esame), mentre alla quota d'esondazione e all'area minima contribuyente sono stati assegnati rispettivamente i valori di 5 metri e 150 (valore dimensionale).

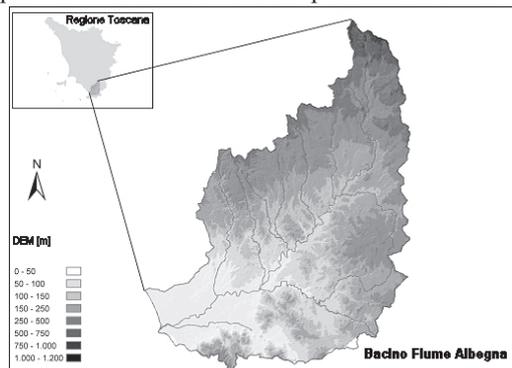


Figura 1 – Area di studio

Risultati e discussione

La delimitazione delle aree soggette a rischio d'inondazione ottenuta dall'applicazione dell'algoritmo, ha classificato il territorio adiacente le aste del reticolo principale in funzione della maggiore o minore suscettibilità di risultare inondate a seguito di eventi di piena.

Il raggruppamento delle varie casistiche in classi distinte è stato eseguito individuando salti qualitativi, atti a rappresentare in modo significativo le diversità presenti nel Comprensorio.

Il territorio è stato suddiviso in due zone: una prima area (Fascia A) a ridosso del corso d'acqua, contenente le prime sei classi che rappresentano le aree a effettivo rischio esondazione; e una seconda (Fascia B), compresa tra la linea precedente ed estesa fino a contenere le classi 7, 8 e 9 che rappresentano le aree di contribuenza al flusso dell'acqua.

Le caratteristiche delle Fasce Fluviali individuate sono:

- **Fascia A**

Rappresenta il corridoio fluviale di transito della piena con elevata probabilità di accadimento. E' la fascia di deflusso della piena, inondazione diretta, sede prevalente della corrente idrica della piena considerata, nonché soggetta a fenomeni esondativi non marginali ai fini della valutazione del pericolo. In particolare la classe 1 rappresenta le aree soggette a fenomeni di esondazione eccezionali (per gravità) e quelle soggette a ricorrenti e significativi fenomeni di esondazione e ristagno.

Le classi 3 e 4, rappresentano la capacità di laminazione della piena presa a riferimento per la salvaguardia degli elementi a rischio al fine di non diminuire l'attuale livello di sicurezza. Questa delimitazione include le aree di esondazione indiretta e le aree marginali della piena.

Le classi 5 e 6 rappresentano l'area di possibile inondazione fino alla quale è obbligatorio estendere l'efficacia dei Piani di Protezione Civile e rispetto alla quale questi vanno verificati. E' la sede prevalente dell'espansione della piena considerata e delle aree di inondazione indiretta.

- **Fascia B**

L'indice di soggiacenza delle classi in Fascia B tenderà progressivamente allo zero, essendo le zone interessate, più che zone a rischio idraulico, le aree di contribuenza al flusso dell'acqua per le quali l'intervento del Consorzio è limitato alla semplice manutenzione sui corsi d'acqua.

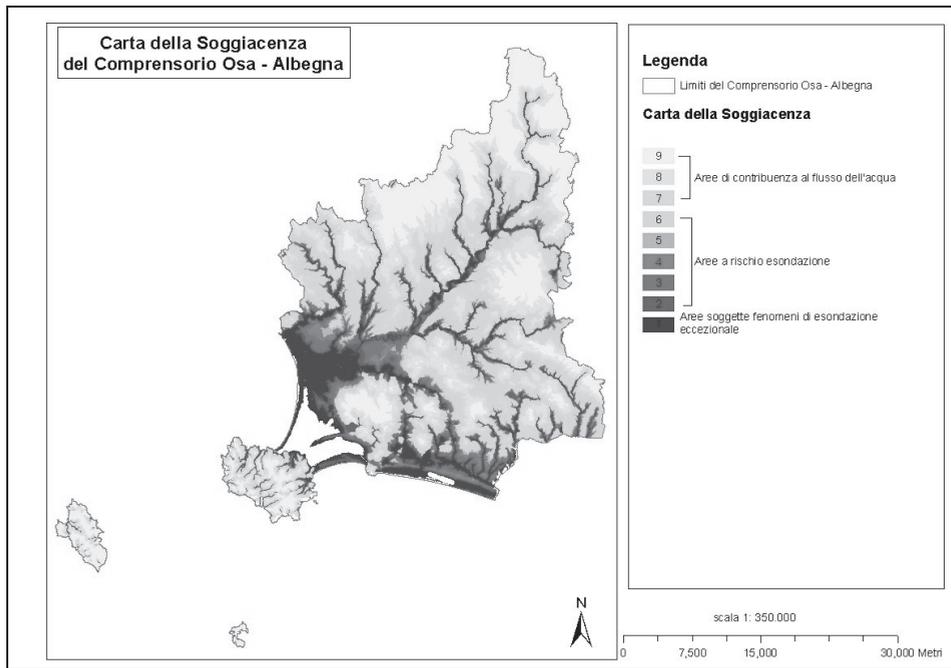


Figura 2: Carta della Soggiacenza del Comprensorio Osa-Albegna.

Conclusioni

I risultati ottenuti dimostrano che l'algoritmo utilizzato riesce a ben rappresentare le aree in soggiacenza, nei diversi sottobacini. In particolare, sovrapponendo alla Carta della Soggiacenza così prodotta, la Carta delle Aree Inondabili realizzata dal Servizio Geografico Regionale (sulla base delle aree che storicamente hanno subito un evento alluvionale), è possibile osservare un'ottima corrispondenza.

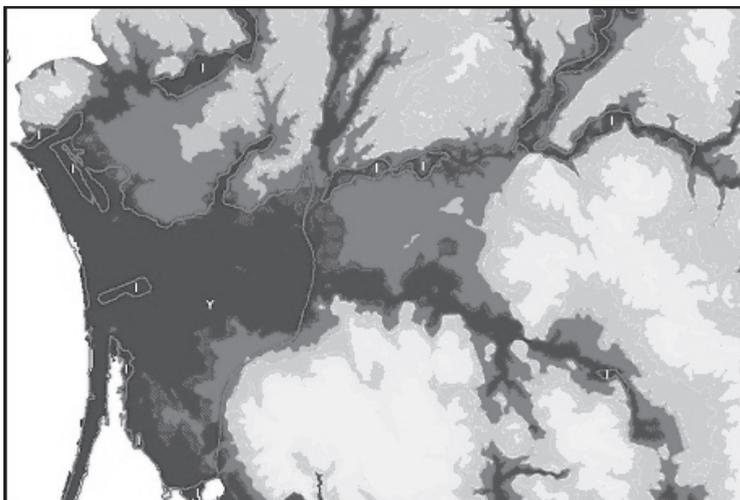


Figura 3: In Magenta sono delimitate le aree inondabili della Regione Toscana con i rispettivi codici (I = zone a inondazione ricorrenti; Y = zone a inondazione eccezionale)



Figura 4: Individuazione delle aree soggette ad esondazione nei sottobacini collinari.

I buoni risultati ottenuti comprovano l'utilità dell'utilizzo di tecniche semiautomatiche derivanti dall'elaborazione del Modello Digitale del Terreno, permettendo l'individuazione delle aree suscettibili all'esondabilità, contribuendo quindi a una migliore gestione delle emergenze e alla salvaguardia del territorio minimizzando il danno connesso al rischio idrogeologico

Bibliografia

- Nardi F., Vivoni E. R., Grimaldi S. (2004), "Caratterizzazione idrologica delle aree di inondazione tramite analisi di DEM", in *Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Trento
- Strahler, A. N. (1952), "Hypsometric (area altitude) analysis of erosional topology". *Geological Society of America Bulletin*, 63, 1117 - 1142
- Vivoni E. R., (2004), "Assessing hydrological extreme events with geospatial data and methods", *EOS*, Vol. 85, Number 39.
- Williams W. A., Jensen M. E., Winne C., Redmond R. (2000), "An automated technique for delineating and characterizing valley-bottom setting", *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 64, 105-114

REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE A SUPPORTO DELL'UFFICIO EDILIZIA PRIVATA DEL COMUNE DI GROSSETO

Luca ANGELI (*), Roberto COSTANTINI (*), Raffaella FERRARI (*),
Lucia INNOCENTI (*), Letizia COSTANZA (**)

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

(**) Fondazione per il Clima e la Sostenibilità, via G. Caproni 8 – 50145 Firenze

Riassunto

Lo scopo del lavoro è quello di fornire uno strumento di supporto per la verifica delle pratiche di asseveramento degli immobili, ai sensi della Legge Regionale 1/2005, che vengono dichiarati preesistenti rispetto all'approvazione del primo Piano Regolatore Generale del comune (1955) e degli immobili condonati nel 1985.

Il lavoro è consistito nell'acquisizione, presso l'Istituto Geografico Militare di Firenze, dei fotogrammi in formato Tiff dei voli del 1954 e del 1985 ricadenti nel territorio del comune di Grosseto. Attraverso l'uso di specifici software, le immagini sono state elaborate per la correzione geometrica (ortorettifica), quindi mosaiccate sull'inquadramento della Carta Tecnica Regionale 10k con il bilanciamento del colore.

Il Sistema Informativo Territoriale è stato completato con le foto aeree a colori del 2007, la Carta Tecnica Regionale 10k e 2k (per i centri abitati), il mosaico catastale, i centroidi catastali ed i toponimi.

Le postazioni a servizio dell'ufficio edilizia privata sono state realizzate con un software di visualizzazione gratuito, che permette la ricerca dei principali elementi territoriali, effettuazione di misure di distanze e aree e la stampa delle zone di interesse.

Il sistema realizzato consente di rappresentare in maniera oggettiva lo stato di fatto del territorio ad una certa data, con particolare riferimento alle licenze edilizie, ai condoni edilizi e laddove siano prospettate situazioni di recupero di volumetrie; è comunque difficile riconoscere sul fotogramma alcuni elementi, specie se di modeste dimensioni (tettoie, terrazze, annessi agricoli) o se si è in presenza di alberature che coprono i manufatti, in particolare per le foto del 1954.

L'archivio delle foto permette, inoltre, di fare valutazioni ed analisi diacroniche in riferimento all'urbanizzazione e alla perdita di territori agricoli per una corretta gestione territoriale e la verifica di piani adottati nel passato.

Abstract

The aim of this study is to provide a support tool in order to verify the buildings dossier of affirming, under the Regional Law 1/2005, which are declared pre-existent when the first Piano Regolatore Generale of the local municipality (1955) and the buildings condoned in 1985 were approved.

This work consisted in the acquisition, at the Istituto Geografico Militare of Florence, of the aerial photo in a Tiff format, of the 1954 and 1985 flights, falling in the territory of the town of Grosseto. Through the use of specific softwares the images have been elaborated for the geometrical correction (*Orthorectification*) and then aggregated using the Regional Technical Map (CTR) 10k with the color balance.

The Land Information System was completed with color aerial photographs (2007), the Regional Technical Map 10k and 2k (for urban), the map and centroid of cadastral and the toponyms.

The workspace in the service of the private housing office were realized with a free viewing software, which allows the search of the main territorial elements, the measurements of distances and areas and the printing of the areas of interest.

The realized system allows to represent in an objective way the state of the art of the territory at a certain time, with particular reference to the planning permission, the construction amnesty and the situations of volumes recovery; it is still difficult to recognize some items on the frame, especially if items of modest dimensions (shelters, terraces, agricultural annexes), or in presence of trees that are covering the manufactured, particularly for the photos of the 1954.

Moreover, the photos archive allows making assessments and diachronic analysis referring to the urbanisation and the loss of agricultural territories for a proper land management and a control of plans adopted in the past.

Introduzione

Il presente lavoro riguarda la realizzazione di un piccolo Sistema Informativo Territoriale a supporto della Direzione Gestione del Territorio, Ufficio Edilizia Privata, del Comune di Grosseto.

L'analisi diacronica dell'antropizzazione del territorio è di fondamentale importanza per individuare le trasformazioni urbanistiche che coinvolgono l'impianto urbano ed extra urbano, la rete infrastrutturale e il sistema insediativo, anche ai fini di una gestione urbanistica di dettaglio del territorio.

Nell'ambito della "Disciplina generale sulla tutela ed uso del territorio" come previsto dalle normative vigenti, le istruttorie e le valutazioni di una struttura necessitano di un'indagine che metta in evidenza eventuali preesistenze allo scopo di asseverare eventuali manufatti o recuperare volumetrie.

I software GIS (*Geographic Information Systems*) permettono di gestire informazioni cartografiche di diversa natura, come le foto aeree, le mappe catastali e le carte tecniche in formato vettoriale.

Tali banche dati, all'interno di un Sistema Informativo Territoriale, consentono di verificare le dinamiche temporali ed evidenziare i cambiamenti avvenuti a livello territoriale e di singoli edifici; inoltre, nelle pratiche di concessione edilizia, valutare all'attualità la presenza di vincolistica o sistemi territoriali specifici.

Repertorio dell'area di studio

Il comune di Grosseto si estende per circa 474 km², comprendente sia una zona collinare che una zona pianeggiante, con quote variabile dalle superfici sotto il livello del mare delle aree di bonifica sino ai 450 m s.l.m..

Il materiale fotografico e cartografico su cui si basa il Sistema Informativo Territoriale è costituito da:

- Fotogrammi aerei

DATA RIPRESA	DITTA ESECUTRICE	NOME DELLA RIPRESA	SCALA DEL FOTOGRAMMA	FORMATO
1954	I.G.M.	Volo base I.G.M. 1954-55	1:33.000	B/N
1985	I.G.M.	Volo IGM 1985	1:28.000	B/N
2002	AGEA		1:10.000	B/N
2007	AGEA		1:10.000	COLORI

Figura 1- Caratteristiche dei fotogrammi

La copertura aerea semplice del territorio comunale, per i voli del 1954 e 1985, è stata acquistata dall'Istituto Geografico Militare come immagini digitali ottenute mediante scansione dell'intero fotogramma a 600 Dpi e fornito in formato Tiff.

• Cartografia

NOME	ANNO	ESEGUITO DA	SCALA	FORMATO
Carta topografica d'Italia serie 25	1941	I.G.M.	1: 25.000	TIF
Carta topografica d'Italia serie 25	1993	I.G.M.	1: 25.000	TIF
Carta Tecnica Regionale	1999	REGIONE TOSCANA	1: 10.000	DWG, DXF, SHP, TIF
Carta Tecnica Regionale	2004	REGIONE TOSCANA	1: 2.000	DWG, DXF, SHP, TIF

Figura 2- Caratteristiche della cartografia

Oltre ai prodotti sopra indicati il Sistema Informativo Territoriale comprende dei dati che fanno riferimento alle informazioni catastali, quali:

NOME	ANNO	SCALA	FORMATO
Mosaico Catastale	1993	1:5.000	TIF
Centroidi fogli catastali	2000	1:2.000	shp
Centroidi particelle catastali	2000	1:2.000	shp

Figura 3- Archivi catastali

Tutte le banche dati sono nel sistema di riferimento Gauss-Boaga, fuso Ovest.

Georeferenziazione e Rettifica

Le immagini acquisite in formato immagine TIF sono elaborate per la correzione geometrica (ortorettifica) attraverso l'uso del software *Leica Photogrammetry Suite di ERDAS 8.6*.

La georeferenziazione dei fotogrammi del 1954 e del 1985 è avvenuta mediante i punti di controllo a terra (*Ground Control Point*) che permettono la correzione geometrica dell'immagine, a partire dai parametri di orientamento interno riportati nel certificato di calibrazione (distanza focale, coordinate del punto principale del fotogramma e delle marche fiduciali), di un DTM (Digital Terrain Model) e di almeno tre punti di appoggio.

Il numero di punti di controllo utilizzati in questa fase è variato fra 12 e 35, a seconda dell'errore riscontrato e delle condizioni topografiche.

I punti sono stati inseriti in modo da avere una distribuzione il più possibile omogenea sul fotogramma; questi hanno la corrispondenza sulle ortofoto in bianco e nero del 2002 utilizzate come immagini di riferimento.

Come DTM è stato utilizzato il modello digitale del terreno della Regione Toscana con cella 10 m, corretto nelle aree individuate come "no-data" (esempio, aree militari) con il DTM derivante dalla missione SRTM (NASA *Shuttle Radar Topographic Mission*) a 90 metri di risoluzione.

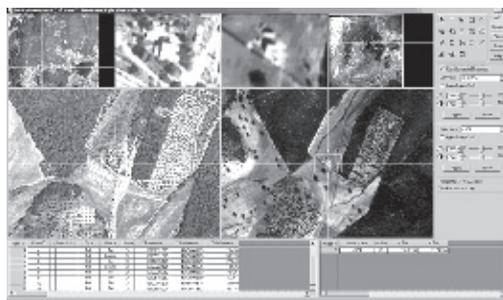


Figura 4- Operazione di correzione geometrica

Le foto aeree del 1954 presentano, spesso, nelle zone marginali del fotogramma delle situazioni di sovraesposizione che hanno influenzato notevolmente l'individuazione dei punti di controllo. Nelle aree rurali si è riscontrato un importante cambiamento dell'uso del suolo e dei manufatti antropici (case, strade) che ha reso difficoltoso il riconoscimento delle corrispondenze dei GCP. Le immagini delle foto aeree ortorettificate sono state successivamente mosaicate per ottenere un archivio continuo e riferibile all'inquadratura della Carta tecnica Regionale 1:10.000. Il lavoro è completato con il bilanciamento del colore per minimizzare le differenze tra le immagini mediante l'impiego di particolari algoritmi presenti nel software utilizzato.

Il Sistema Informativo Territoriale

Le banche dati che costituiscono il Sistema Informativo Territoriale sono:

1. archivio immagini:
 - Foto aeree 1954
 - Foto aeree 1985
 - Foto aeree 2002
 - Foto aeree 2007
 - Carta topografica d'Italia serie 25 (1941 – 1993)
 - Mosaico catastale attuale
2. archivio Carta Tecnica Regionale in formato vettoriale:
 - CTR 1:10.000
 - CTR 1:2.000 (centri urbani)
 - toponimi
3. archivio catasto in formato vettoriale:
 - fogli catastali
 - centroidi particelle catastali

I tematismi sono gestiti da un software gratuito, TatumGIS Viewer, che permette la visualizzazione e l'interrogazione delle banche dati vettoriali.



Figura 5- Gestione delle banche dati con il software TatumGIS Viewer

Attraverso semplici operazioni è possibile verificare lo stato di un manufatto all'attualità e nel passato. Il programma permette di fare ricerche sulla base dei toponimi e delle particelle catastali e, una volta individuata la zona di interesse, visualizzare le foto aeree che vi ricadono.

L'operatore può eseguire misure lineari e di aree per valutare le variazioni dei manufatti; la visualizzazione a video può essere stampata e salvata sia come immagine che come PDF.

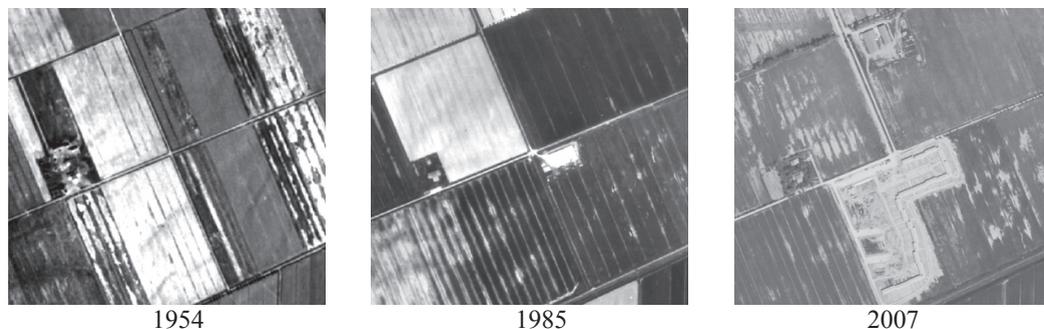


Figura 6 - Trasformazioni avvenute nel territorio

È utile rilevare che l'aerofotogramma non è una semplice fotografia, ma un documento tecnico complesso da valutare. Spesso necessita di esperti del settore, sia per la sua ricerca che nella sua interpretazione (lettura dei grafici di volo, stima della copertura aerea, analisi dei particolari, valutazione e decodifica dell'informazione).

Il fotogramma è un documento ritenuto probatorio in casi di contenzioso giudiziario, dal momento che costituisce una rappresentazione oggettiva dello stato di fatto del territorio ad una data certa (data e ora del volo sono impressi nella cornice della foto, o nel metadato allegato all'archivio digitale), con particolare riferimento alle sanatorie, ai condoni edilizi e laddove siano prospettati situazioni di recupero di volumetrie.

Spesso è comunque difficile riconoscere sul fotogramma i particolari topografici da documentare, specie se di modeste dimensioni (tettoie, terrazze, annessi agricoli) o in presenza di alberature che coprono i manufatti.



Figura 7 - Analisi degli edifici

In tali situazioni è necessario agire con gli strumenti di controllo della luminosità e del contrasto sulle immagini di cui il software dispone.

Si evidenzia l'importanza della formazione del personale per affrontare i problemi di identificazione degli elementi di interesse: gli operatori sono stati istruiti sulle principali tecniche di fotointerpretazione ed è stato realizzato un manuale di uso.

Conclusioni

Il Sistema Informativo Territoriale è stato installato presso le postazioni informatiche dell'Ufficio Edilizia Privata del comune di Grosseto.

Sono stati svolti dei brevi corsi di formazione dei tecnici abilitati all'uso e redatto un manuale di utilizzo.

L'utente può così avere la visione comparata di una stessa area del territorio in anni diversi, oppure confrontare tra loro cartografie e strumenti di pianificazione (esempio tavole del Piano Strutturale) con le riprese aeree (Minghetti et al. 2004).

Il sistema permette di valutare i cambiamenti di uso del suolo avvenuti negli ultimi cinquanta anni sia per le aree di nuova urbanizzazione che nel territorio rurale dal punto di vista delle pratiche agronomiche (sistemazione idraulico-agrarie, coltivazioni agrarie, gestione del bosco).

È prevista la messa in rete del sistema così creato attraverso un'interfaccia di consultazione basata su un Internet Map Server.

Ci preme rilevare che spesso, nei procedimenti autorizzativi, è importante avere una "certezza" dello stato attuale per verificare la veridicità dell'asseveramento dichiarato.

Riferimenti bibliografici

Minghetti A., Africani P., Gattei M., Milani M., Paselli E. (2004), Strumenti innovativi a supporto del bilancio della pianificazione, Atti VIII Conferenza ASITA, 1493-1498

Leica (2005), *Leica Photogrammetric Suite Project Manager – User's Guide*

Ringraziamenti

Si ringrazie l'Ufficio Edilizia Privata del comune di Grosseto per i suggerimenti operativi e la disponibilità mostrata.

UN SISTEMA INTEGRATO DI ANALISI DEI DATI AMBIENTALI PER IL MONITORAGGIO DELLA RISORSA IDRICA

Luca ANGELI (*), Roberto COSTANTINI (*), Raffaella FERRARI (*),
Lucia INNOCENTI (*), Letizia COSTANZA (**)

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

(**) Fondazione per il Clima e la Sostenibilità, via G. Caproni 8 – 50145 Firenze

Riassunto

Sulla base di ciò che emerge dalle analisi del WMO (*World Meteorological Organization*), gli eventi climatici estremi possono aver un impatto devastante sullo sviluppo socio-economico. Riuscire a monitorare questi eventi, predirne l'evoluzione ed emanare dei bollettini di allerta, diventa essenziale per mitigare il loro impatto sulla popolazione, sull'economia e sull'ecosistema in generale. Inoltre, anche a seguito delle variazioni climatiche, spesso causa della scarsità di acqua ma anche del dissesto idrogeologico, nasce l'esigenza di una gestione sostenibile della risorsa che tenga conto delle dimensioni sociale, economica, ambientale e tecnica.

Il LaMMA-CRES, nel contesto del progetto INTERREG IIIB MEDOCC "HYDRANET" al quale ha partecipato dando supporto tecnico al partner Regione Toscana, ha messo a punto un sistema integrato di analisi dei dati ambientali (morfologia, clima, suolo, vegetazione) per il monitoraggio della risorsa idrica. La metodologia sviluppata ha permesso la realizzazione di un bollettino di allerta sulla disponibilità di acqua nel bacino naturale di studio del fiume Ombrone (a sud della Toscana) tramite l'utilizzo del modello idrologico SWAT calibrato sul bacino e la parallela analisi di indici di vegetazione correlati al fenomeno della siccità derivanti da dati satellitari MODIS.

L'analisi integrata rappresenta una sintesi delle informazioni necessarie per il monitoraggio dei cambiamenti nella disponibilità della risorsa idrica: i risultati del modello trovano un riscontro nell'analisi dell'indice NDVI a dimostrazione che i parametri idrologici sono strettamente correlati con l'attività fotosintetica della vegetazione. Pertanto, la metodologia si è dimostrata un efficace strumento di gestione della risorsa e di previsione dei fenomeni di deficit idrico.

Abstract

According to the World Meteorological Organization, weather and climate-related extreme events can have a devastating impact on socio-economic development. Monitoring these events, predicting their movements and issuing early warnings are essential to mitigate their disastrous impact on population, economy and ecosystems at large. An integrated water resources perspective ensures that social, economic, environmental and technical dimensions are taken into account in the sustainable development of water resource.

The LaMMA-CRES laboratory, as technical and scientific support to the partner Regione Toscana, took the opportunity to join to the INTERREG IIIB MEDOCC project "HYDRANET". In that context it developed an integrated analysis system of environmental data (morphology, climate, soil, vegetation) for the monitoring of water resource. The methodology allowed the creation of an early warning bulletin on water availability in the natural basin of Ombrone river (area of study in south of Tuscany). This aim was reached through the employment of a hydrological model (SWAT) calibrated on the basin and the analysis of vegetation drought indices, derived from MODIS satellite data.

The integrated analysis is a summary of the information necessary to monitor changes in the availability of water resources: the results of the model are reflected in the index NDVI

demonstrating that the hydrological parameters are closely correlated with the photosynthetic activity of vegetation. Therefore, the applied methodology turned out to be an efficient analysis and monitoring instrument of hydrological deficit.

Obiettivi

L'obiettivo dell'attività consiste nella realizzazione di un sistema integrato di analisi dei dati ambientali per il monitoraggio dei cambiamenti nella disponibilità della risorsa idrica. Tale obiettivo è stato perseguito sfruttando l'integrazione fra due differenti linee di indagine:

1. analisi idrologica realizzata attraverso tecniche GIS con l'utilizzo di un modello per la determinazione del deficit idrico calibrato sull'area di studio;
2. analisi spaziale dell'indice di vegetazione per valutare gli effetti dei cambiamenti in atto sullo stato della vegetazione.

La metodologia sfrutta la correlazione tra evidenzia i parametri idrologici e l'attività fotosintetica della vegetazione. Infatti, se da una parte l'indagine derivante dal telerilevamento con l'utilizzo dell'analisi delle immagini satellitari può fornire informazioni di carattere qualitativo sullo stato di stress della vegetazione e quindi sui fenomeni di siccità mettendo in evidenza le aree più sensibili, il modello idrologico calibrato sul bacino è in grado di quantificarne gli effetti sugli ecosistemi naturali, sulle attività agricole e sulla disponibilità idrica nei corsi d'acqua.

Area di studio

L'area di studio è costituita dal bacino naturale del fiume Ombrone, localizzato nella parte meridionale della Regione Toscana. La sua estensione areale è di 3541 Km². Le quote variano tra 0 e 1800 m s.l.m. mentre le precipitazioni tra 650 e 1450 mm annui. Il bacino presenta una forte variabilità spaziale dei parametri morfometrici (altimetria, pendenze, ecc) e di conseguenza meteorologici (precipitazioni, temperature, ecc).

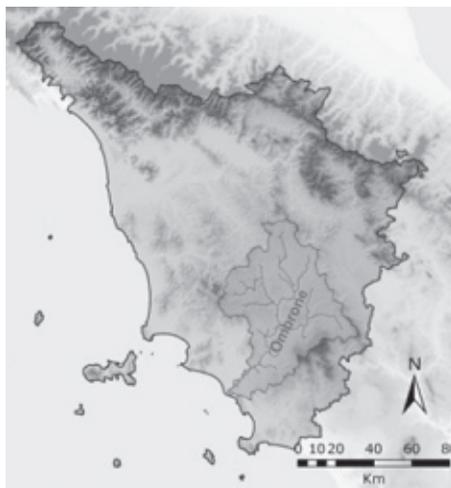


Figura 1- Area di studio- Bacino del fiume Ombrone

Il clima della zona rientra nella classe di clima Mediterraneo umido/semiarido con una temperatura media annuale di 15° C (+8° C Gennaio, +24° C Luglio). Presenta le criticità ambientali di un tipico bacino costiero Mediterraneo con una netta distinzione fra stagione asciutta (estate) e umida (autunno-inverno), un'alta richiesta di acqua durante i mesi estivi quando le risorse idriche superficiali sono al loro minimo e di conseguenza una possibile contaminazione della falda dovuta alla penetrazione del cuneo salino nelle aree costiere per l'eccessivo emungimento sotterraneo.

Il territorio è per la maggior parte collinare (67%); comprende alcune zone montane, circa il 6,2%, e una vasta pianura alluvionale costiera (il 26,9%). E' ricoperto per quasi il 55% da aree coltivate che occupano prevalentemente la pianura (seminativi), e le zone di medio-bassa collina (vigneti e oliveti); le zone boscate rappresentano il restante 44,2%; solo l'1,1% è costituito da aree modellate artificialmente dall'attività antropica.

Analisi idrologica

Il modello che è stato individuato per l'analisi di tipo idrologico è SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*). E' un modello idrologico che consente di definire gli effetti dei tematismi relativi al clima, ai suoli e all'uso del suolo sulle portate liquide e solide delle aste fluviali, appoggiandosi all'interfaccia GIS ArcView della ESRI.

1. Preparazione dei dati di input

Essendo SWAT un modello complesso in grado di simulare l'intero ciclo idrologico, necessita di una notevole quantità di parametri in input, i quali devono essere adattati all'esatto formato accettato per l'elaborazione. Una parte non trascurabile dell'attività ha riguardato il reperimento, l'omogeneizzazione e la formattazione degli strati informativi richiesti dal modello, processo che è risultato alquanto complesso. A tal proposito è stato anche utile il contatto diretto con gli sviluppatori del programma che in varie occasioni ci hanno supportato nella risoluzione di problemi che impedivano la messa a punto del modello.

Di seguito sono elencati gli strati informativi utilizzati:

1. DTM con risoluzione a 25 m ricavato dal ricampionamento sull'area di studio del DEM con risoluzione a 10 m del Servizio Geografico della Regione Toscana. Il modello realizza a partire da tale strato informativo il calcolo dei principali parametri morfometrici che si conclude con la definizione del corso d'acqua e dei sottobacini. Dopo vari test realizzati sul bacino in esame, è risultato ragionevole il settaggio di 5000 ha per il valore dell'area minima contribuyente alla definizione del corso d'acqua, la quale influisce di conseguenza sulla superficie dei sottobacini. Il numero dei sottobacini è risultato pari a 37.
2. Dati sui suoli ricavati a partire dalla Carta dei Suoli 1:250.000 della Regione Toscana. Per definire le proprietà del suolo, 54 diverse classi sono state introdotte nel modello. Per ciascuna di esse e per ciascun orizzonte che la compone, sono stati assegnati parametri fisici caratteristici come profondità, conducibilità idraulica, tessitura, contenuto di argilla, limo e sabbia, ecc.
3. Dati di uso del suolo derivati a partire dal CORINE 2000 in scala 1:100.000 (Varanou et al., 2000) con l'inserimento delle pratiche di gestione delle principali colture agricole. Il modello include nel suo database 102 vari tipi di copertura vegetale ciascuno dei quali è caratterizzato da un diverso valore del CNII (*Curve Number*). Infatti, ogni coltura presenta un diverso indice di copertura fogliare che protegge il terreno da fenomeni di ruscellamento e di conseguenza influisce sul contenuto idrico. Nel caso del bacino in esame sono stati individuati 27 diversi tipi di copertura vegetale, ognuno dei quali è stato incrociato con l'appropriata classe di uso suolo del database di SWAT.

Dall'incrocio degli strati informativi suolo e copertura vegetale il modello determina le HRU (*Hydrologic Response Units*) ovvero le unità di risposta idrologica identificate in modo univoco dalla combinazione di copertura del suolo, tipo di suolo e pratica gestionale; ciò influisce direttamente sul deflusso superficiale e sull'infiltrazione che alimenta la falda sotterranea.

4. Dati climatici giornalieri registrati negli anni 2000-2004. In particolare: precipitazioni cumulate, temperature massime e minime, radiazione solare. In aggiunta, allo scopo di poter utilizzare l'equazione di Penman-Monteith per stimare l'evapotraspirazione potenziale, il modello ha richiesto anche i dati relativi a velocità del vento e umidità relativa.
5. Dati di portata giornalieri relativi al periodo di calibrazione del modello: forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Ombrone.

L'elaborazione dei dati di input è avvenuta in due passi successivi: il primo, di calibrazione e validazione, ha reso possibile la messa a punto e la taratura del modello sulla base dei dati di portata a disposizione e dell'area di studio (anni 2000- 2002); il secondo, di previsione, ha permesso il calcolo del bilancio idrico in corrispondenza degli anni successivi, 2003 e 2004, per i quali non sono noti i dati di portata.

2. Calibrazione e validazione del modello

La calibrazione di un modello consiste nella ricerca dei giusti parametri che minimizzano l'errore tra grandezza misurata e grandezza stimata. Allo scopo di valutare la bontà previsionale del modello SWAT è stata svolta una fase di calibrazione e validazione sulla base dei dati di portata di una stazione idrometrica all'interno del bacino in esame. I dati disponibili riguardano le portate giornaliere misurate nel periodo 2000-2002 dalla stazione di Poggi del Sasso ricadente nel sottobacino 28. In tal modo il periodo di analisi è stato suddiviso in due: 2000-2002 per la calibrazione-validazione e 2003-2004 per la previsione.

Facendo variare alcuni dei coefficienti di set up, come da suggerimento degli sviluppatori del modello, sono state elaborate 13 differenti tarature per ciascuna delle quali sono stati calcolati, come parametri di confronto, la correlazione R^2 , il RMSE e il coefficiente C di Nash-Sutcliffe raccomandato dall'*ASCE Task Committee on Evaluation Criteria for Watershed Models*:

$$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_i')^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad [1]$$

Q_i = misura reale di portata;
 Q_i' = portata stimata dal modello;
 \bar{Q} = media delle portate misurate nel periodo di riferimento.

Calibrazione	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
C	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.3	0.3	0.36	0.34	0.35	0.38	0.26	0.34
R^2	0.34	0.35	0.35	0.34	0.35	0.35	0.32	0.37	0.35	0.41	0.4	0.39	0.35
RMSE (m ³ /s)	1	0.99	0.99	0.99	0.99	1.01	1.02	0.98	0.99	0.98	0.96	1.04	0.99

Tabella 1- Confronto tra le varie calibrazioni

Sulla base dei risultati ottenuti è stata scelta la taratura messa a punto per la calibrazione n° 11.

In letteratura (Cao W. et al. *Hydrol. Process*, 2006) è noto come per bacini caratterizzati da un'elevata variabilità spaziale dei parametri morfometrici (altimetria, pendenze, ecc) e di conseguenza meteorologici (precipitazioni, temperature, ecc), la calibrazione del modello necessita di un processo lungo e oneroso. Pertanto l'analisi condotta nel bacino dell'Ombrone che presenta tali peculiarità, si pone come un primo passo i cui risultati sono migliorabili con l'ausilio di ulteriori stazioni per la fase di calibrazione-validazione e ulteriori anni di confronto.

3. Risultati ottenuti tramite il modello

Uno dei risultati più importanti della sperimentazione è stato il buon esito dell'implementazione del modello nel bacino di studio nonostante le difficoltà riscontrate nel reperimento dei dati di input e nella formattazione degli stessi secondo i database di SWAT. L'applicazione ha riguardato principalmente l'analisi del deficit idrico a livello di sottobacino attraverso l'elaborazione dei parametri idrologici "naturali", sia perché le finalità del progetto riguardavano gli aspetti climatici e di allerta siccità, sia per le difficoltà di reperimento delle informazioni riguardanti i prelievi antropici (pozzi, derivazioni di acque superficiali). Pertanto gli output ottenuti che hanno valore ai fini del progetto riguardano le portate giornaliere nelle sezioni di chiusura dei sottobacini e del bacino principale e il bilancio di tutte le componenti del ciclo idrologico (portata, infiltrazione, ruscellamento, umidità del suolo, deflusso sottosuperficiale, evapotraspirazione reale e potenziale, ecc). Tali parametri sono stati aggregati per ogni sottobacino e mediati a livello annuale sul periodo analizzato (2000-2004). Di seguito se ne riportano le mappe derivate.

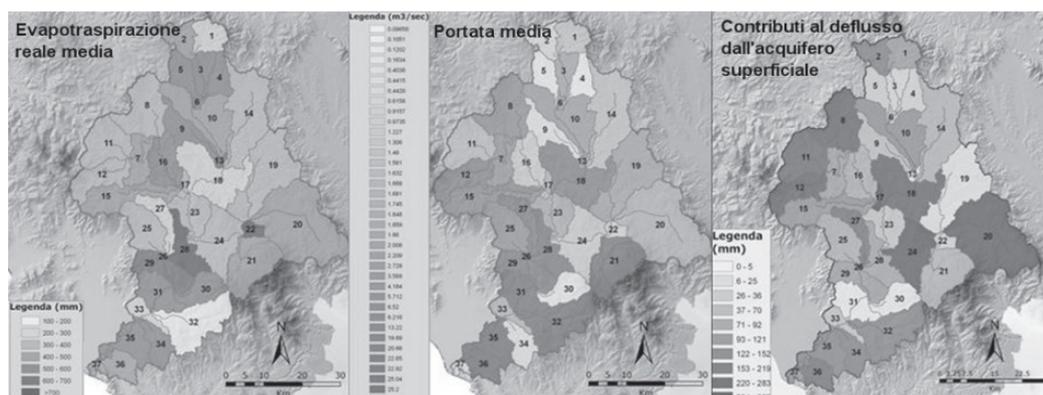


Figura 2 - Caratterizzazione idrologica del bacino del fiume Ombrone sul periodo 2000-2004

Le simulazioni hanno messo in evidenza come eventi climatici eccezionali possono creare notevoli squilibri ambientali andando ad influenzare negativamente i deflussi superficiali, la ricarica delle falde e il contenuto idrico dei suoli. Il modello calibrato si è dimostrato in grado di simulare molto bene fenomeni importanti di cambiamento nella disponibilità della risorsa idrica, come ad esempio per l'anno 2003 gli effetti sul bilancio idrico della forte sequenza siccitosa e delle elevate temperature che si registrarono nei mesi estivi (da fine maggio a fine agosto) e per l'anno 2004 i fenomeni alluvionali, realmente verificatisi, in corrispondenza di fine ottobre e di inizio dicembre.

Analisi dell'indice di vegetazione

Il LaMMA-CRES mantiene un archivio di immagini NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) provenienti da satellite per lo studio dei parametri biofisici della vegetazione (stato fenologico, copertura vegetale). Esso è costituito da: dati del satellite NOAA-AVHRR (1 Km di risoluzione, mappe composte decadali) dal 1986; dati del satellite MODIS (*MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer* 250 m di risoluzione, mappe composte a 16 giorni) dal 2000.

L'indice NDVI rappresenta un buon indicatore dello stato della vegetazione in base alla sua attività fotosintetica: esso sfrutta l'assorbimento del rosso e l'elevata riflettanza nell'infrarosso per riconoscere la vegetazione fotosinteticamente attiva da altre coperture del suolo (acqua, suolo nudo, neve). L'attività svolta per il progetto è consistita nell'applicazione dell'archivio multitemporale di immagini per l'individuazione spaziale dei fenomeni siccitosi.

Per ottenere il gradiente di NDVI (eq. [2]) le mappe relative al satellite MODIS sono state mediate sul periodo 2000-2006; per ciascuna di esse è stata poi considerata la deviazione rispetto al valore medio di riferimento.

$$DEV_{NDVI} = \frac{(NDVI_{GG} - NDVI_{GGmedia2000-2006})}{NDVI_{GGmedia2000-2006}} \quad [2]$$

GG (giorno giuliano)	145	161	177	193	209	225	241	257
Inizio	25-mag	10-giu	26-giu	12-lug	28-lug	13-ago	29-ago	14-set
Fine	09-giu	25-giu	11-lug	27-lug	12-ago	28-ago	13-set	29-set

Tabella 2- Scene considerate per l'analisi delle anomalie

Risultati dell'analisi integrata

La metodologia di analisi sviluppata nello svolgimento del progetto che integra gli aspetti idrologici con quelli vegetazionali, si è dimostrata un efficace strumento di analisi e monitoraggio del deficit idrico. Di seguito si riportano le mappe di anomalia dei mesi estivi per gli anni di simulazione.

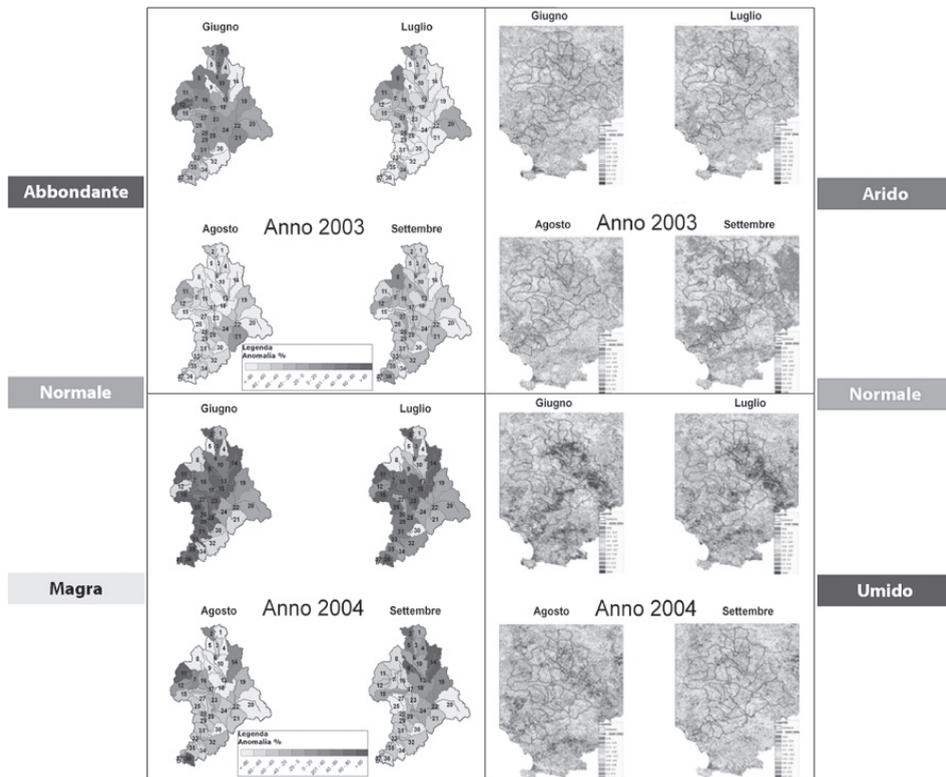


Figura 3 - Anomalia di portata e di NDVI relativamente ai mesi estivi per gli anni 2003 e 2004

I risultati del modello idrologico trovano un buon riscontro nell'analisi dell'indice NDVI a dimostrazione che i fenomeni che influiscono sul ciclo dell'acqua sono strettamente correlati con quelli che agiscono sull'attività fotosintetica della vegetazione. Lo strumento rappresenta un prototipo di bollettino "allerta siccità" in quanto fornisce su tale fenomeno informazioni di carattere qualitativo tramite l'analisi delle immagini satellitari che mette in evidenza le aree più sensibili, e di carattere quantitativo tramite il modello idrologico calibrato sul bacino che permette di valutarne gli effetti sugli ecosistemi naturali, sulle attività agricole e sulla disponibilità idrica nei corsi d'acqua.

Bibliografia

- Angeli L., Bottai L., Capocchi V., Chiesi M., Costantini R., Ferrari R., Maselli F. (2004), "Valutazione di immagini da diversi sensori per la stima dei flussi di CO₂ forestali", *8a Conf. Naz. ASITA*
- Cao W., Bowden B.W., Davie T., Fenemor A. (2006), "Multi-variable and multi-site calibration and validation of SWAT in a large mountainous catchment with high spatial variability", *Hydrological Processes*, 20(5): 1057-1073
- Di Luzio M., Srinivasan R., Arnold J.G. (2002). "Integration of watershed tools and SWAT model into BASINS". *Journal of the American Water Resources Association*, 38(4): 1127-1141
- Neitsch, S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R., Srinivasan R., Williams J.R. (2002), *Soil and Water Assessment Tool User's Manual Version 2000*, GSWRL Report 02-02, BRC Report 02-06, Published by Texas Water Resources Institute TR-192, College Station, TX
- Varanou E., Baltas E., Mimikou M. (2000), "Regional Effects of Climate and Land Use Change on the Water Resources and the Risk associated with Flooding", *Proc. European Conference on Advances in Flood Research*, 1 - 3 November 2000, Potsdam, Germany.

COPERTURE IN CEMENTO-AMIANTO: IL CASO CAMPANIA

Alessandro ANGELINI (*), Catia ATTURO (*), Giuliano FONTINOVO (*),
Elisabetta MERCURI (*), Alessia ALLEGRINI (*)

(*) CNR – Istituto sull’Inquinamento Atmosferico, Area della Ricerca RM1, Via Salaria Km 29,300,
00016 Monterotondo Stazione (RM), tel. 06-90672397, fax 06-90672660
e-mail: angelini@iia.cnr.it; atturo@iia.cnr.it; fontinovo@iia.cnr.it; mercuri@iia.cnr.it e alessia.allegrini@iia.cnr.it

Abstract

Il presente lavoro è stato svolto da un gruppo di ricercatori dell’Istituto sull’Inquinamento Atmosferico (IIA) del CNR per conto dell’ ARPA Campania nell’ambito del PON “Sicurezza per lo Sviluppo del Mezzogiorno” fa riferimento al DM 101 del 18/3/2003.

Attraverso l’uso dei dati iperspettrali MIVIS è stata possibile l’individuazione delle coperture in cemento-amianto e la loro localizzazione in ambiente GIS. Il lavoro svolto, presso il laboratorio dell’IIA, dai ricercatori del CNR-IIA ha permesso di testare in maniera efficace la procedura messa a punto in lavori precedenti e ha dato modo all’ARPA Campania di monitorare l’intero territorio in tempi brevi, con minor dispendio di risorse rispetto alle tecniche tradizionali.

Abstract

This research has been carried out by a IIA team (CNR) on commission by ARPA Campania within the framework of the PON initiative (“Sicurezza per lo Sviluppo del Mezzogiorno”) and with reference to DM 101 del 18/3/2003.

The goal was to identify and locate the asbestos surfaces using the MIVIS hyperspectral data. This has been achieved by exploiting the IIA know-how and the specific procedures that have been developed and validated on field. The resulting report allowed ARPA Campania to survey the land fast and economically, compared to traditional techniques.

Introduzione

L’amianto è un minerale naturale a struttura fibrosa che per le sue ottime proprietà fonoassorbenti e termoisolanti, oltre che per l’economicità, è stato largamente utilizzato in passato in numerosissime applicazioni industriali ed edilizie sia isolato sia misto a cemento. Tra i rifiuti, quelli di amianto sono secondi per volume ai rifiuti solidi urbani e primi in quantità, tra i rifiuti tossici-nocivi. Purtroppo con il tempo tale materiale si è rivelato nocivo per la salute dell’uomo per la sua proprietà di rilasciare fibre che, se inalate, possono provocare patologie gravi ed irreversibili a carico dell’apparato respiratorio.

Riconosciuta la pericolosità di questo minerale ed in attuazione di specifiche direttive CE, lo Stato Italiano con la Legge n. 257 del 27 marzo 1992 ha stabilito norme per la cessazione dell’impiego e per il suo smaltimento controllato. Negli anni successivi sono stati emanati nuovi decreti ministeriali, leggi, ecc. concernenti il problema amianto.

La mappatura delle coperture si basa fondamentalmente sul rilevamento diretto; tale misurazione, comporta una serie di difficoltà tra cui l’accessibilità e la visibilità delle coperture per questo le tecniche di telerilevamento iperspettrale da piattaforma aerea rappresentano una valida alternativa ai

metodi di censimento tradizionali delle coperture in cemento-amianto. Il CNR-IIA ha elaborato una procedura che ha permesso l'individuazione e la mappatura di queste coperture.

Questa attività fa riferimento al DM 101 del 18/3/2003 "Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate alla presenza di amianto ai sensi dell'art. 20 della legge 23 marzo 2001, n. 93".

Il Decreto detta le regole per la realizzazione della mappatura completa delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto e per la realizzazione degli interventi di bonifica di particolare urgenza. Il decreto individua, inoltre, i criteri per l'attribuzione del carattere di urgenza agli interventi di bonifica, i soggetti preposti alla realizzazione della mappatura e gli strumenti e le modalità con cui la stessa deve essere realizzata.

Il Decreto (DM 101 del 18/3/2003) prescrive inoltre che la mappatura delle zone interessate dalla presenza di amianto venga realizzata avvalendosi di sistemi informatici impostati su base territoriale, imponendo che i siti individuati siano precisamente ubicati su una base cartografica.

Le tecniche di telerilevamento iperspettrale da piattaforma aerea applicate si sono dimostrate utili allo scopo proprio perché hanno permesso:

- di discriminare e caratterizzare le coperture in cemento-amianto;
- di localizzare con precisione i vari siti;
- di stimare la quantità del materiale presente;
- di esportare le informazioni, ricavate dall'analisi ed interpretazione del dato telerilevato, e di integrarle in ambiente GIS.

Materiali e metodi

Il presente lavoro è stato realizzato utilizzando voli acquisiti con il sensore MIVIS effettuati sulla Regione Campania nell'estate 2004, di proprietà dell'Arma dei Carabinieri, nell'ambito del Programma Operativo Nazionale per la Sicurezza e lo Sviluppo del Mezzogiorno d'Italia.

La quota di volo a cui sono state effettuate le riprese è di 2500 metri, definito di seguito "volo alto" a cui corrisponde una risoluzione media al suolo del pixel di 5 x 5 metri (25 m²).

Il piano di volo del "volo alto" della Regione Campania si compone di 220 strisciate per una estensione territoriale complessiva di circa 13.595 km².

Le strisciate (o *run*) utilizzate per l'estrazione dei tematismi sono state 206, le rimanenti 14 sono state escluse in quanto il territorio da loro coperto era già stato inglobato dalle 206 *run*.

I dati, una volta acquisiti hanno subito un pre-processamento ed una calibrazione radiometrica al fine di rendere più agevole l'estrazione delle informazioni contenute nell'immagine.

I dati MIVIS acquisiti sull'intero territorio della regione Campania sono stati elaborati per l'estrazione del tematismo "cemento-amianto".

L'elaborazione dei dati MIVIS, è stata eseguita nei laboratori dell'IIA da personale specializzato CNR e svolta con la massima accuratezza sulla base delle conoscenze acquisite nello svolgimento di specifiche attività di ricerca.

Le superfici in cemento-amianto sono caratterizzate da complessità spaziali e spettrali che rendono difficile il loro riconoscimento. La complessità spaziale è legata alla variabilità delle dimensioni e forme delle coperture. La complessità spettrale è dovuta, da una parte all'eterogeneità della composizione delle coperture stesse (a seconda dei composti: amosite, crocidolite e crisotilo) e dall'altra alla similarità spettrale con altre classi (ad esempio come il fibrocemento ecologico ed il cemento, particolarmente simili sia nella forma che nel colore) (Binaghi et al. 2000).

Con il dato MIVIS, queste complessità sono state superate grazie all'elevatissima risoluzione spettrale (102 bande) ed all'alta risoluzione spaziale (fino a un pixel di 3x3 metri), caratteristiche non riscontrabili in altri sensori utilizzati nel telerilevamento passivo.

Tali caratteristiche rendono i dati MIVIS in grado di sfruttare le minime variazioni della risposta spettrale di pixel omogenei per evidenziare ampie gamme di sottoclassi all'interno di una stessa unità tipologica, permettendo così la discriminazione delle superfici in cemento-amianto.

La realizzazione della mappatura delle coperture in cemento-amianto è avvenuta per fasi successive. Nella prima fase sono stati individuati campioni a terra su tutto il territorio regionale, in funzione del piano di volo e dei criteri utilizzati per la classificazione. In seguito, i campioni a terra sono stati riconosciuti sulle ortofoto (geometricamente corrette) e riportati sulle strisciate MIVIS corrispondenti.

La fase del campionamento a terra è stata differenziata in momenti diversi in modo tale da poter "calibrare" ed ottimizzare la raccolta campioni, muovendosi di pari passo alla elaborazione delle immagini. La campagna di campionamento è stata supportata da strumentazione specifica:

- GPS per raggiungere le mete prestabilite;
- PC portatili con base cartografica dell'intera Regione (Ortofoto del VoloIT2000), per l'individuazione dei punti e mosaico delle strisciate MIVIS dell'intera Regione.

Nella seconda fase si è proceduto al riconoscimento dei campioni della fase 1 sulle strisciate MIVIS. I pixel corrispondenti al campione di cemento-amianto individuato sono stati utilizzati per estrarre le firme spettrali. Tali firme spettrali sono state poi utilizzate per la creazione di una banca dati regionale, base per la creazione di Region Of Interest per l'algoritmo di classificazione.

Nella terza fase si è proceduto all'elaborazione del dato attraverso tecniche di classificazione. Fra i vari algoritmi di classificazione supervised, quello applicato nell'ambito di questo lavoro è stato l'algoritmo Spectral Angle Mapper (SAM).

L'algoritmo SAM permette una rapida mappatura delle similarità di spettri di immagine con spettri di riferimento (Boardman, 1994). Gli spettri di riferimento possono essere determinati in laboratorio o in campo, ovvero estratti dall'immagine. L'algoritmo determina la similarità spettrale tra i due spettri attraverso il calcolo dell'"angolo" che essi formano, trattando dunque gli stessi come vettori in uno spazio con dimensionalità uguale al numero delle bande.

La similarità di uno spettro non conosciuto t con uno spettro di riferimento r , è determinata attraverso la seguente equazione:

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^{nb} t_i r_i}{\left(\sum_{i=1}^{nb} t_i^2 \right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^{nb} r_i^2 \right)^{1/2}} \right) \quad [1]$$

dove α è l'angolo tra i vettori e nb il numero di bande nell'immagine.

Per ciascun spettro di riferimento scelto nell'analisi delle immagini iperspettrali, l'angolo α è determinato per ciascun elemento dell'immagine (pixel). Questo valore, in radianti, è assegnato allo spettro corrispondente nell'immagine SAM di *output*, una per ciascun spettro di riferimento. Le mappe dell'angolo spettrale derivate formano un nuovo cubo di dati con il numero di bande uguale a quello degli spettri di riferimento utilizzati per la mappatura.

L'algoritmo SAM implementato nel software ENVI richiede come *input* un numero di aree di prova (*training areas*) o spettri di riferimento, derivanti da specifiche Region Of Interest, (ROI) o banche dati spettrali. Nel nostro caso, gli spettri *input* sono quelli individuati nella fase precedente. La metodologia seguita si è anche avvalsa di un'analisi visiva di sintesi additive in RGB (*Red, Green, Blue*) integrata con una serie di accurate osservazioni sui luoghi (Fiumi et al, 2004).



Figura 1 – Risultato della classificazione SAM, in rosso le sole superfici in cemento-amianto

Nell'ultima fase il risultato (Figura 1) della classificazione delle immagini MIVIS è stato esportato in ambiente GIS (Fiumi et al, 2004). Come base cartografica è stata utilizzata Ortofoto IT2000 nel sistema di riferimento Roma40-ED50-WGS84, precedentemente concordato con il committente. Successivamente è stata effettuata la digitalizzazione delle superfici individuate dalla classificazione secondo alcuni convalidati criteri interpretativi.

Sono stati esclusi dalla digitalizzazione tutte quelle superfici in cui il numero di pixel classificati come superfici in cemento amianto era esiguo e tutte quelle coperture alle quali tramite una verifica interpretativa dei ricercatori era stato assegnato un giudizio di probabilità basso.

Il prodotto finale in formato vettoriale (Figura 2) consiste in due *files* distinti (formato *shape*):

- *Poligoni*: digitalizzazione di tutte le superfici derivanti dalla classificazione e riconoscibili sull'ortofoto, (la superficie intesa è quella planimetrica);
- *Punti*: centroidi dei poligoni.

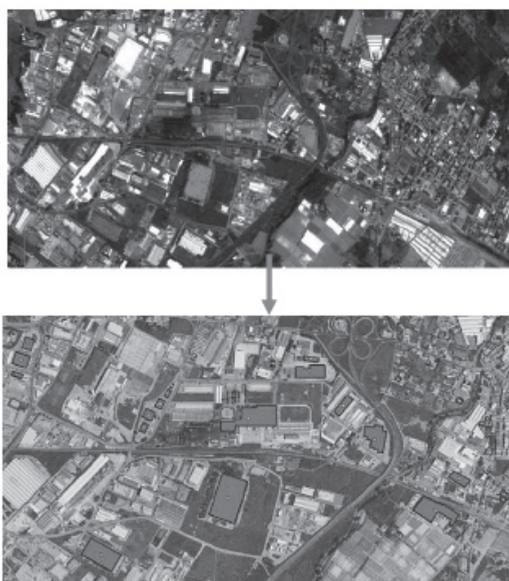


Figura 2 – Risultato della classificazione (in alto) e digitalizzazione in poligoni e punti delle coperture individuate (in basso)

Ad ogni poligono sono state associate in un apposito database informazioni quali: l'area, il perimetro della copertura, il Comune, la Provincia ed il codice ISTAT (Figura 3).

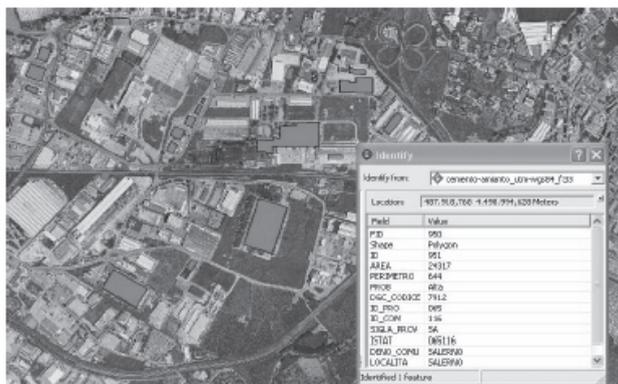


Figura 3 - Shape poligonale con tabella informativa

Risultati

I risultati ottenuti sono stati consegnati all'ARPA Campania e confluiti nella Banca Dati denominata S.I.T.A. (Sistema Informativo per la Tutela Ambientale) progettata dal Comando Generale dell'Arma dei Carabinieri, sempre nell'ambito del Programma Operativo Nazionale "Sicurezza per lo Sviluppo del Mezzogiorno d'Italia" 2000-2006 e gestita dal Comando Carabinieri per la Tutela dell'Ambiente.

Dall'immagine sotto riportata (Figura 4) è possibile osservare in colore verde la localizzazione delle superfici in amianto nella Regione Campania. In totale sono state classificate 3.043 coperture in cemento- amianto di cui 451 con una superficie minore e uguale di 100 m², 1.402 tra i 100 e i 500 m² e 1.190 con una superficie planimetrica superiore ai 500 m²

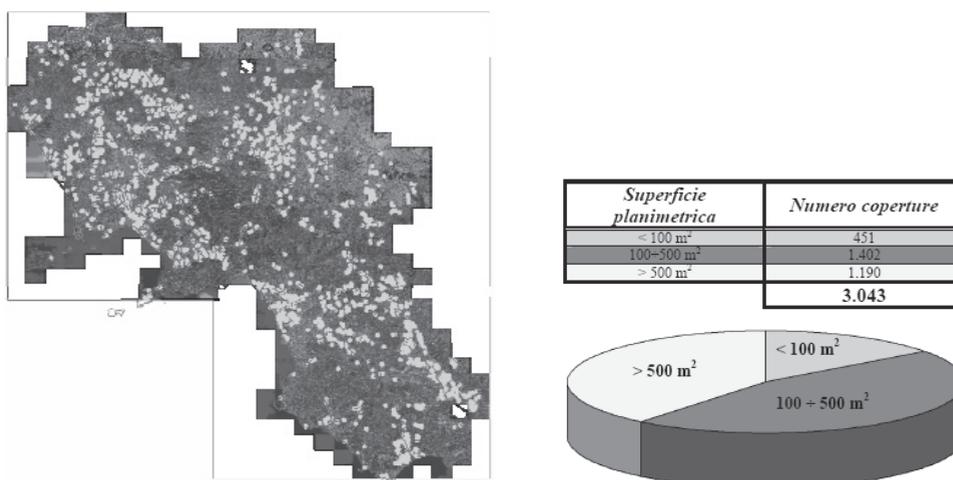


Figura 4 – Localizzazione delle coperture in amianto(a sinistra) e suddivisione delle coperture per superficie planimetrica (a destra)

Si è notato, peraltro, una consistente presenza di strutture in cemento-amianto in aree industriali e anche in alcune aree rurali. In particolare, nella Provincia di Caserta, è stata notata una elevata presenza di coperture in prossimità di aziende agro-zootecniche.

Dalla fotointerpretazione, effettuata con l'ausilio delle ortofoto e delle immagini prospettiche, e dai sopralluoghi effettuati, è stato notato che la gran parte degli edifici classificati sono ancora in uso. Inoltre grazie all'inserimento in ambiente GIS dei risultati è possibile visualizzare, localizzare e quantificare le superfici in amianto per ogni provincia, comune o località.

Questo consentirà in breve, attraverso i dati raccolti in campo dai tecnici dell'ARPA Campania (popolazione, addetti, stato della copertura, ecc.) di effettuare una serie di analisi per la valutazione del rischio ambientale nell'intera Regione.

Bibliografia

Binaghi E., Brivio P.A., Gallo I., Pepe M., Rampini A.: (2000), "Riconoscimento automatico dell'urbano in ortofoto digitali a colori", Atti della 4^o Conferenza nazionale ASITA, Genova, 3-4 Ottobre 2000, p. 209-214

Boardman J.W., Kruse F.A. (1994), "Automated spectral analysis: a geological example using AVIRIS data, North Grapevine Mountains, Nevada", Proceedings of Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, San Antonio Texas USA, Vol. I. pag. 407-418

L. Fiumi, C. Atturo, C. De Lorenzo, "Il telerilevamento iperspettrale e GIS per il monitoraggio delle coperture in cemento-amianto", pag. 26-30, *MondoGIS 44 – settembre/ottobre 2004*.

L. Fiumi, C. Atturo, C. De Lorenzo (2004) "Mappatura delle coperture in cemento-amianto", *Rivista Protecta*, n° 12/2, Dic 2003/Feb 2004, pag.46-47.

Legge n. 257 del 27 marzo 1992, "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto"

Legge 23 marzo 2001, n. 93, "Disposizioni in campo ambientale"

D.M. 101 del 18/3/2003 "Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate alla presenza di amianto"

UNA IPOTESI DI DELIMITAZIONE CARTOGRAFICA DELLE AREE SOTTOPOSTE A VINCOLO IDROGEOLOGICO NEL COMUNE DI ROMA SULLA BASE DI DOCUMENTI STORICI

Anna AQUILINO (*), Elisabetta BASSANO (*), Alessia GIAMPAOLO (**),
Maria PIRO (*), Lodovico VANNICELLI CASONI (*), Raffaele REITANO (*)

(*) Provincia di Roma, Dipartimento V, Servizio 4°- Geologico, Viale di Villa Pamphili 84, tel. 06/67664365,
fax 06/67664305, l.vannicellicasoni@provincia.roma.it

(**) Titolare di borsa di studio presso la Provincia di Roma, Dip. V, Servizio 4°- Geologico, V.le di Villa Pamphili 84

Riassunto

Il presente lavoro consiste nella realizzazione di una carta finalizzata alla delimitazione delle aree storicamente sottoposte a vincolo idrogeologico nel territorio comunale di Roma, sulla base dei toponimi riportati negli elenchi di cui alla Legge Forestale n. 3917 del 20 giugno 1877.

Abstract

The present work consists in the realization of a map for the delimitation of the areas historically subjected to hydrogeological tie on the municipal territory of Rome, on the basis of the toponyms reported on the lists referred to the Forest Law no. 3917 of 20 June 1877.

Introduzione

Nella gestione dei procedimenti amministrativi connessi all'attuazione dei compiti in materia di difesa del suolo e di rilascio dei nulla osta ai sensi del vincolo idrogeologico di cui al R.D.L. n. 3267/23, le amministrazioni preposte hanno necessità di avvalersi di strumenti cartografici che individuino il perimetro delle aree sottoposte al suddetto vincolo.

Il Servizio Geologico della Provincia di Roma è stato delegato ad espletare tale compito a partire dal 1998 con l'entrata in vigore della D.G.R. n. 3888, subentrando nel ruolo fino ad allora affidato al Corpo Forestale dello Stato ed alla Regione Lazio.

Allo stato attuale, per circa un quarto del territorio provinciale non esiste una delimitazione cartografica delle aree soggette al vincolo idrogeologico. Per tali porzioni di territorio, infatti, in attesa del previsto riordino del vincolo da parte della Regione Lazio, l'attribuzione dello *status* di località vincolata è attualmente riferita ai toponimi riportati negli elenchi di cui alla Legge Forestale n. 3917 del 20/06/1877. Pertanto, allo scopo di determinare quali tra le numerose istanze provenienti dal pubblico debbano essere istruite in base all'effettiva sussistenza del vincolo di legge, il Servizio Geologico si è prefissato il compito di realizzare, laddove inesistente, una cartografia di massima delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico.

Materiali e metodi

E' stata avviata a tal fine, una ricerca storico-geografica per l'individuazione, su base topografica attuale, della toponomastica ottocentesca riportata negli elenchi, con la conseguente trasposizione del perimetro delle tenute e dei fondi connessi ai toponimi ove i riferimenti cartografici lo hanno reso possibile. Il punto di partenza di tale ricerca è il testo della Legge Forestale n. 3917 del 20 giugno 1877, che rappresenta il primo passo dello Stato Unitario verso l'organizzazione della materia forestale. Con essa (art. 1), infatti, venne introdotto il divieto di disboscamento e di

dissodamento per tutte le terre interessate dalla presenza di boschi, o dall'assenza di piante legnose ma coincidenti con cime e pendici montuose, sopra il limite superiore della zona del castagno, e per tutti quei territori che, per le loro particolari situazioni, in conseguenza a disboscamenti o dissodamenti, sarebbero potuti andare incontro al verificarsi di fenomeni di dissesto idrogeologico o al danneggiamento delle locali condizioni igieniche (Fig. 1).

N° 3947 (Serie 2ª).

LEGGE forestale.

20 giugno 1877

(Pubblicata nella Gazzetta Ufficiale del Regno l'11 luglio 1877, n. 161)

VITTORIO EMANUELE II

PER GRAZIA DI DIO E PER VOLONTÀ DELLA NAZIONE

RE D'ITALIA

Il Senato e la Camera dei Deputati hanno approvato;

Noi abbiamo sanzionato e promulghiamo quanto segue:

TITOLO I.

Terre sottoposte al vincolo forestale.

Art. 1.

Sono sottoposte al vincolo forestale, a norma delle disposizioni della presente legge, i boschi e le terre spogiate di piante legnose sulle cime e pendici dei monti fino al limite superiore della zona del castagno; e quelli che, per la loro specie e situazione, possono, disboscandosi o dissodandosi, dar luogo a scoscendimenti, smottamenti, interramenti, frane, valanghe, e, con danno pubblico, disordinare il corso delle acque, o alterare la consistenza del suolo, oppure danneggiare le condizioni igieniche locali.

Figura 1 - stralcio del testo della Legge Forestale n. 3917 del 20/06/1877
(fonte: Archivio Centrale dello Stato)

Sulla base dell'art. 8 della legge sopra riportata, che recita "*L'amministrazione forestale (...) pubblicherà in ogni comune della provincia gli elenchi dei boschi e terreni vincolati.*", vennero pubblicati, nel 1886, gli "Elenchi dei boschi e terreni sottoposti a vincolo forestale nei comuni della Provincia di Roma". A titolo di esempio si riporta la descrizione delle tenute "Acquatrasversa ed Insugherata" e "Sepoltura di Nerone": ricadono entrambe nel distretto forestale "Roma Destra Tevere" e nella regione dell'Agro Romano; corrispondono entrambe alla mappa n. 136 del Catasto Gregoriano; appartengono rispettivamente all'Ospedale di Santo Spirito e a Chiassi Pietro, e presentano le seguenti confinazioni "*N Osteria della Giustiniana. S Vigne di Roma. E Via Cassia. O Monte Orsini e tenute diverse.*". Partendo da questi dati, nel presente lavoro, si è cercato di cartografare, su base topografica IGM in scala 1:25.000 il limite di ogni tenuta avvalendosi anche dell'ausilio di due fonti cartografiche storiche: le mappe del "Catasto Rustico di Roma e Provincia" (Archivio di Stato di Roma, 1835-1952) e la "Carta dell'Agro Romano" (Spinetti, 1913). La scelta del supporto topografico deriva dalla constatazione che, in generale, le tavolette dell'IGM presentano date di aggiornamento riferibili agli anni '40 - '60 del secolo scorso mantenendo, pertanto, memoria di luoghi e toponimi non troppo dissimili da quelli riportati negli elenchi di vincolo, facilitandone l'individuazione. Relativamente, poi, alla scelta dell'utilizzo delle mappe del "Catasto Rustico di Roma e Provincia" per il riconoscimento del perimetro delle tenute, la motivazione è da ricercare nella contemporaneità di tale catasto con la legge forestale in oggetto; infatti, esso presenta l'impianto del "Catasto Gregoriano", ovvero del primo catasto particellare di tutto lo Stato Pontificio, promosso da Pio VII nel 1816 e attivato da Gregorio XVI nel 1835, ma allo

stesso tempo le mappe che lo caratterizzano sono state aggiornate e a volte redatte *ex novo*, in parte o integralmente, fino al 1952, anno in cui venne attivato il Nuovo Catasto Terreni (N.C.T.). Le mappe del Catasto Rustico sono state consultate sul sito web dell'Archivio di Stato di Roma (sezione Ricerche online, Progetto IMAGO). Per ciascuna mappa è disponibile una scheda informativa contenente anche l'indicazione delle tenute ivi rappresentate. Il sistema di consultazione consente inoltre di visualizzare la mappa stessa (Fig. 2 e 3):

Catasto rustico della provincia di Roma, versamento U.T.E.

Fondo	Catasto rustico della provincia di Roma, versamento U.T.E.
Serie	Mappe
	RECORD 1 di 1 Annulla selezione
nuova segnatura	489
	Nessun allegato
Territorio	
comune	Roma
frazione/aggiunta	
sezione	CXXXVI
località	tenute: Crescenza, Muratella, Inviolata Borghese, Ospedaletto Marziale, Sepoltura di Nerone, Inzuccherata, Acqua Traversa
già nel comune di	
rif. al Catasto Gregoriano	Agro Romano 136/I-II
Dati cronologici e consistenza	
redazione	
data	s.d.
aggiornamento	
scala	1/2000
quadro	
consistenza	31 fogli rettangoli di cm.54x70 numerati I-XXX + 1f. con cartiglio scala e quadro d'unione
	Note

Stringa di testo:

Comune:

Segnatura gregoriano - Nuova segnatura:



[Visualizza immagine](#)

Figura 2 - scheda relativa alla mappa Roma CXXXVI (fonte: Archivio di Stato di Roma)

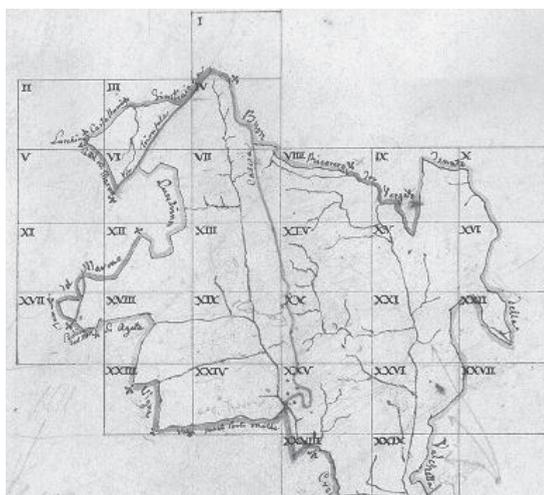


Figura 3 - visualizzazione della mappa Roma CXXXVI comprendente le tenute "Acquatrasversa", "Insugherata" e "Sepoltura di Nerone" (fonte: Archivio di Stato di Roma)

Ai fini di un sussidio per il riconoscimento del perimetro delle tenute ci si è avvalsi, inoltre, della "Carta dell'Agro Romano". Essa consiste in una carta tematica riportante i perimetri delle tenute e dei territori comunali limitrofi, alla scala di 1:75.000, delineata sulle carte dell'Istituto Geografico Militare dal Cav. Agr. Pompeo Spinetti, Ispettore del Ministero di Agricoltura, Industria e

Commercio, nel 1913. Le tenute sono numerate in ordine alfabetico e per ognuna viene riportato anche il nome del proprietario e l'estensione. Nel caso del nostro esempio, la tenuta "Acquatraversa" corrisponde al n. 7 (proprietà Borghese Donna Ludovica in Ruffo della Scaletta, ha. 302), la tenuta "Insugherata" al n. 156 (proprietà Arcispedale di Santo Spirito in Saxia, ha. 312) e la tenuta "Sepoltura di Nerone" al n. 376 (proprietà Sansoni Edoardo ed Armando, ha. 673) (Fig. 4).



Figure 4 - stralcio della Carta dell'Agro Romano di Pompeo Spinetti
(fonte: Biblioteca Provinciale di Roma)

Avvalendosi del materiale cartografico sopra citato si è operata la trasposizione e la contestuale digitalizzazione dei perimetri delle tenute mediante l'individuazione di punti di fede sulla base topografica IGM. A tale scopo è stato utilizzato il software GIS "MapInfo Professional 8.5". Si riporta di seguito (Fig. 5) un esempio del risultato ottenuto con la procedura descritta.

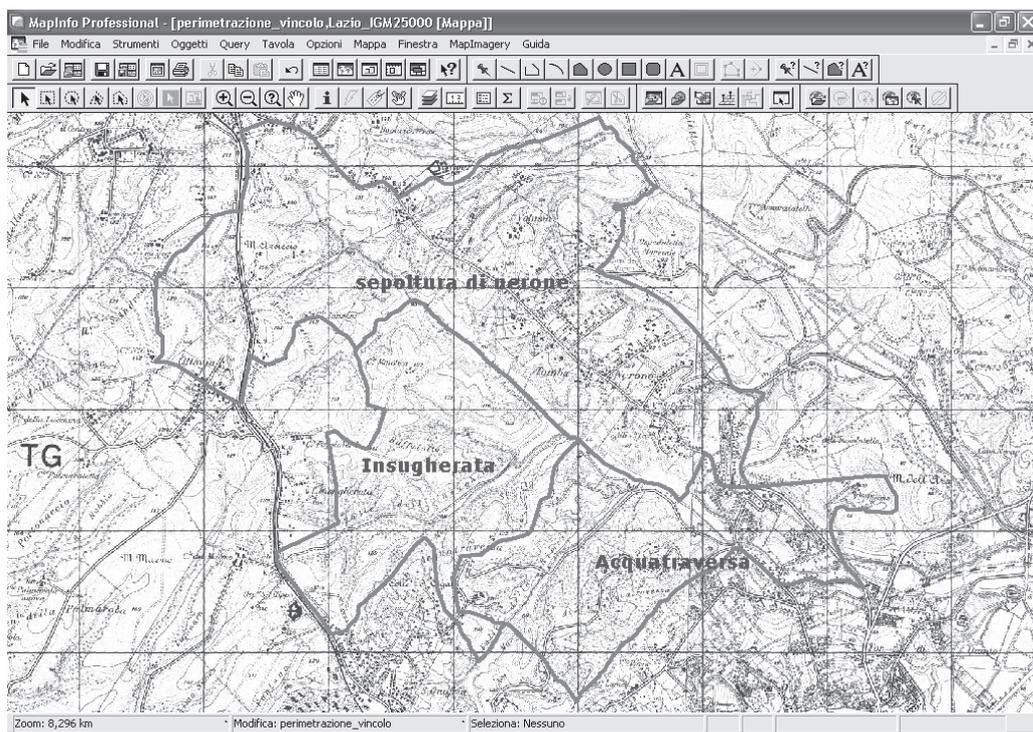


Figura 5 - delimitazione del perimetro delle tenute storiche dell'Agro Romano su base IGM

Risultati

Il lavoro ha finora permesso di riprodurre il perimetro delle tenute riportate negli elenchi redatti nel 1886 solo in parte, a causa della laboriosità del procedimento. Sulla base dei suddetti elenchi è stato comunque possibile realizzare, nell'ambito del Comune di Roma, una carta preliminare di individuazione delle località storicamente sottoposte a vincolo idrogeologico. In tale carta sono state evidenziate le più probabili aree di influenza del vincolo idrogeologico circoscrivendo graficamente i toponimi descritti dalle confinazioni delle località vincolate.

Conclusioni

Il processo di ricerca storico-geografica e le fonti cartografiche reperite hanno permesso di delineare una procedura finalizzata alla restituzione dei limiti delle tenute e quindi all'attualizzazione dei perimetri delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico ad essi correlate. Quanto sopra potrà contribuire allo snellimento delle procedure di rilascio dei Nulla Osta ai sensi del R.D.L. n. 3267/23, di competenza istituzionale del Servizio Geologico dell'Amministrazione Provinciale di Roma. Ci si prefigge l'obiettivo di completare la riproduzione del perimetro di tutte le tenute, individuando successivamente al loro interno le aree effettivamente interessate da vincolo idrogeologico. Al termine del processo si prevede la produzione della "Carta delle aree storicamente sottoposte a vincolo idrogeologico" per il territorio del Comune di Roma.

Bibliografia

Archivio Centrale dello Stato (1877), Legge Forestale n. 3917 del 20 giugno 1877.
 Archivio di Stato di Roma (1835-1952), *Catasto Rustico di Roma e Provincia*, Roma
 Spinetti P. (1913), *Carta dell'Agro Romano*, Biblioteca Provinciale di Roma
 Istituto Geografico Militare, *Carta Topografica d'Italia*, Firenze

RILEVAMENTI TOPOGRAFICI GPS REALIZZATI PRESSO LA CAPANNA CARREL (MONTE CERVINO) PER L'INSTALLAZIONE DI UNA RETE MICROSISMICA

Massimo ARATTANO, Marco BALDO, Marta CHIARLE, Franco GODONE, Gianni MORTARA

CNR – IRPI sede di Torino, Str. delle Cacce 73, 10135, Torino, tel 011 3977834
massimo.arattano@irpi.cnr.it

Riassunto

Nel Settembre 2007 è stata installata, presso la Capanna Carrel sul Cervino (3835 m), una rete di geofoni per il monitoraggio delle emissioni acustiche della roccia finalizzato allo studio delle correlazioni tra attività gravitativa e parametri climatici in pareti rocciose soggette a permafrost. La geometria della rete è stata rilevata topograficamente con tecniche di posizionamento satellitare statiche e di tempo reale. Il rilevamento, rototraslato nel sistema di riferimento piano UTM-ED50, in accordo con la vigente cartografia dell'area oggetto di studio, ha fornito le coordinate dei siti di installazione dei geofoni e di alcuni punti di energizzazione (operata tramite martello strumentato). Questi ultimi hanno consentito una taratura di prima approssimazione del campo di velocità di propagazione delle onde elastiche in roccia nei dintorni della Capanna. I rilievi topografici eseguiti sono indispensabili ai fini della localizzazione spaziale della sorgente dei segnali registrati dagli strumenti, che potrebbero costituire dei precursori di potenziali crolli in roccia.

Abstract

In September 2007 a network of geophones was installed in the surroundings of the Capanna Carrel (North-western divide of the Matterhorn, 3835 m a.s.l.), to monitor the acoustic emissions of the rock in order to study the correlations between gravitational activity and climatic parameters in rock walls subjected to permafrost. The network geometry was topographically surveyed with static and real time techniques of satellite positioning. The survey, rototranslated in the plane reference system UTM-ED50, in agreement with the in force cartography of the study area, provided the coordinates of the geophones installation sites and of some energization points (operated through an instrumented hammer). These latter allowed a first approximation calibration of the propagation velocity field of the elastic waves in rock in the surroundings of the hut. The topographic surveys that were carried out are essential to spatially locate the source of the recorded signals, which might constitute precursors of potential rock falls.

Introduzione

Il presente lavoro illustra le attività condotte durante l'installazione di una rete costituita di 5 di sensori geofonici triassiali avvenuta nel Settembre 2007 nell'area circostante la Capanna Carrel, situata sulla cresta Nord Occidentale del Monte Cervino (AO) a quota 3835 m, lungo la via normale di salita dal versante italiano. La rete di monitoraggio è stata progettata per il rilevamento delle emissioni acustiche imputabili a deformazioni dell'ammasso roccioso, finalizzato all'individuazione di potenziali precursori di crollo ed allo studio delle correlazioni tra attività gravitativa e parametri climatici in pareti rocciose soggette a permafrost. La sperimentazione è stata avviata a seguito dei crolli avvenuti nell'estate 2003 sulle pareti del Cervino, imputabili ad un forte rialzo termico. La rete è stata realizzata nell'ambito del Progetto Interreg IIIa Alcotra n.196 PERMADATAROC (Deline et al., 2007), con il sostegno finanziario della Direzione Tutela del territorio, Assessorato

Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche della Regione Valle d'Aosta, ed il supporto tecnico di Solgeo s.r.l.

Le emissioni acustiche sono divenute per la prima volta oggetto di studio nel secolo scorso, quando si scopersero, effettuando degli studi sonici all'interno di una miniera, che alcuni pilastri, sottoposti a particolare sollecitazione, emettevano micro-segnali acustici (Arattano et al., 2007). Il rilievo delle emissioni acustiche è oggi applicato sia nelle indagini in sito che in quelle di laboratorio. In particolare, tale rilievo risulta utile nel processo di monitoraggio delle frane per il quale i dati ottenuti dal rilievo (intensità, energia e spettro) possono offrire utili informazioni (Dixon et al., 1996). Più in generale l'uso dei geofoni offre del resto una notevole gamma di importanti ausili in diversi ambiti della geologia applicata, quali per esempio lo studio delle colate detritiche (Arattano, 2000) e del trasporto solido (Govi et al., 1993). Nel caso qui in esame la localizzazione spaziale di aree nelle quali risulti presente una significativa attività acustica potrebbe consentire l'individuazione di volumi rocciosi potenzialmente instabili, che potrebbero così essere monitorati con più attenzione.

Per localizzare gli eventi rilevati dalla rete di geofoni sono indispensabili una buona conoscenza del campo di velocità di propagazione delle onde sismiche nella porzione di roccia indagata e le coordinate delle posizioni dei diversi sensori. L'accuratezza del rilevamento topografico risulta pertanto fondamentale ai fini dell'elaborazione dei segnali registrati dagli strumenti.

Per definire con precisione la geometria della rete di geofoni, è stato eseguito un rilevamento topografico con tecniche di posizionamento satellitare statiche e di tempo reale che sarà descritto nel seguito. Il rilevamento della rete, rototraslato nel sistema di riferimento piano UTM-ED50, in accordo con la vigente cartografia dell'area oggetto di studio, ha fornito le coordinate dei siti di installazione dei geofoni e di alcuni punti di energizzazione (operata tramite martello strumentato). Questi ultimi sono finalizzati ad una taratura di prima approssimazione del campo di velocità di propagazione delle onde elastiche in roccia nei dintorni della Capanna.

I dati acquisiti durante i primi due mesi di funzionamento sono stati quindi utilizzati per individuare i valori soglia per il *triggering* della registrazione in continuo. In seguito la rete ha rilevato numerosi eventi attualmente in corso di elaborazione con l'impiego di appositi software per la localizzazione della loro sorgente.

Descrizione geologica del sito

Lo spalto roccioso su cui poggia la Capanna Carrel (Fig. 1) è costituito da metagranitoidi che presentano un importante stato di fratturazione e disgregazione predisponente a distacchi anche importanti di roccia. La presenza di ghiaccio all'interno delle fratture, rivelata dai crolli occorsi nell'estate 2003 nelle immediate vicinanze del rifugio, è un'ulteriore conferma che il permafrost, anche a quote elevate, sta degradandosi in relazione alle modificazioni della criosfera per effetto del riscaldamento in atto. Questa constatazione spinge ad acquisire nuove conoscenze sul comportamento degli ammassi rocciosi a seguito di sollecitazioni fisico-meccaniche probabilmente mai sperimentate in precedenza, conoscenze che sono quanto mai necessarie considerando la diffusione di strutture ricettive e altre infrastrutture e la sempre maggiore frequentazione dell'ambiente d'alta montagna (Kääb et al., 2004; Chiarle & Mortara, 2007).

Rete di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio installato è costituito da un acquisitore a 18 canali, cinque trasduttori triassiali da foro (geofoni tridirezionali Solgeo GTN_50, con frequenza propria di 100Hz), un ricevitore gps, un gruppo di alimentazione costituito da pannelli solari ed un sistema di teletrasmissione dei dati.

La strumentazione di acquisizione è stata posizionata all'interno della capanna stessa, mentre i trasduttori avrebbero dovuto essere posizionati in fori all'uopo realizzati tramite trivellazione. La distribuzione spaziale di tali fori è riportata in Fig. 2 : il foro B con una profondità pari a 2.5 m, i due fori C e D con una profondità pari a 3 m ed il foro A avente profondità pari a 6.5 m. In realtà in fase



Figura 1 - Capanna Carrel lungo la cresta occidentale del Cervino. E' ben evidente lo stato di elevata fratturazione dell'ammasso roccioso su cui poggia la struttura (Foto Regione Autonoma Valle d'Aosta).

di installazione dei trasduttori. Due dei quattro fori realizzati due estati prima (B e C) non sono più stati trovati, per cui i relativi trasduttori sono stati ancorati in superficie in corrispondenza alla presunta posizione dei rispettivi fori.

Nel posizionare i geofoni si è cercato di mantenere il più possibile l'allineamento verso nord e la verticalità. I geofoni posizionati nei fori sono stati resinati nella parte inferiore prima di essere calati nei fori ed è stata quindi aggiunta della sabbia, costipandola per rendere il più solidale possibile il trasduttore con le pareti del foro. Tutti i cavi provenienti dai sensori sono stati inguainati e/o sepolti nei tratti in cui potevano più facilmente essere danneggiati.

La frequenza di campionamento del segnale è stata impostata a 8 KHz. La registrazione di un evento avviene quando, entro una finestra temporale, si verifica una prefissata condizione di trigger su un certo numero di canali. La soglia di trigger, come accennato in precedenza, è stata individuata per tentativi. Una volta installata la rete, è stata fissata una soglia pari a 0,05 mm/s da superarsi contemporaneamente su 6 canali per dare l'avvio alla registrazione. Non avendo registrato alcun evento in 2 settimane la soglia è stata abbassata a 0,03 mm/s sempre su 6 canali. Ulteriori aggiustamenti hanno consentito di individuare la soglia finale, fissata in 0,01 mm/s su 6 canali (Arattano et al., 2008).

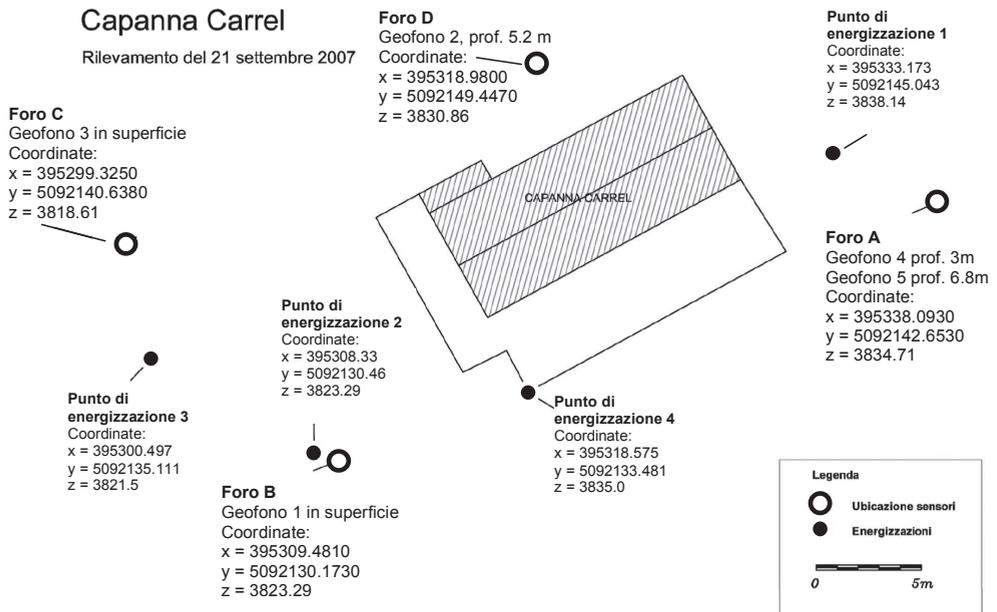


Figura 2 - Planimetria della Capanna Carrel, con ubicazione dei fori e dei punti di energizzazione.

Il sistema individua e memorizza anche i valori minimi e massimi verificatisi ad ogni successivo intervallo di 10 secondi. Ciò consente di conoscere i valori massimi raggiunti dai diversi segnali anche quando l'intensità degli stessi è risultata inferiore al valore di soglia. I dati vengono registrati su scheda CompactFlash con formattazione standard e possono venir teletrasmessi, attraverso un sistema wireless automatizzato, ad una postazione ubicata a Cervinia.

Il sistema è alimentato da batteria ed il modulo di alimentazione gestisce il controllo dell'alimentazione provvedendo a spegnere e riaccendere il sistema in relazione alla condizione di carica e scarica della batteria di alimentazione.

Ogni 30 minuti vengono registrati anche il valore di temperatura in capanna, il valore della tensione di batteria e la tensione relativa ai due pannelli solari.

Rilievo topografico

Nel corso dell'installazione della rete di geofoni, è stato eseguito un rilievo topografico finalizzato alla georeferenziazione della posizione dei sensori acustici e dei siti scelti per le prove di energizzazione necessari per una prima taratura del sistema di monitoraggio e per la definizione del campo di velocità.

Le particolari difficoltà legate alla logistica del sito, nonché l'accuratezza attesa nella determinazione delle componenti geodetiche, hanno imposto l'adozione di tecniche di posizionamento miste statiche e di tempo reale.

La prima fase ha riguardato il trasporto di un caposaldo di coordinate note emanato a partire da un caposaldo appartenente alla rete IGM95 (Cervinia Breuil). Tale stazione è stata utilizzata per calcolare la soluzione sul caposaldo di emanazione RTK ubicato a fianco della balconata posta nella parte Sud della Capanna Carrel.

Successivamente è stato eseguito un rilevamento in modalità di tempo reale per la determinazione delle posizioni della sensoristica. La soluzione fissata su tutti i punti risulta essere conforme agli standard di accuratezza tipici per tale tipo di posizionamento, valutati in ordine centimetrico.

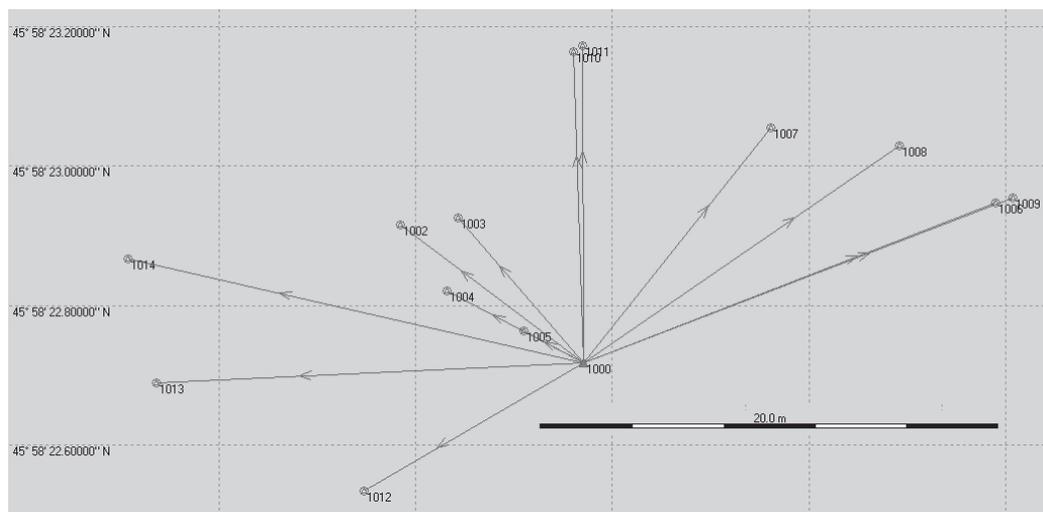


Figura 3 – Inquadramento geodetico della rete GPS.

La rototraslazione nel sistema piano UTM-ED50, sistema di rappresentazione della vigente cartografia della Regione Valle d'Aosta, è stata effettuata con le griglie di ondulazione .gr2 certificate IGM.

Lo svolgimento delle misure, considerando la quota di 3835 m della zona da rilevare e la presenza di ghiaccio e di pareti rocciose in fortissima pendenza, si è sviluppato in un periodo di 5 ore ed ha richiesto l'affiancamento costante di una guida alpina e l'adozione da parte del topografo di dispositivi di protezione individuali di sicurezza adatti al lavoro in alta quota.

Gli spostamenti della stazione GPS rover e la permanenza necessaria sui punti da rilevare ha richiesto tempi lunghi e causato problemi dovuti alla presenza delle corde di sicurezza.

In figura 2 sono riportate le coordinate rilevate.

Conclusioni

L'installazione presso la Capanna Carrel sul Cervino a quota 3835 m di una rete di geofoni per il monitoraggio delle emissioni acustiche della roccia ha richiesto un accurato rilievo topografico per l'interpretazione dei dati di tipo acustico registrati. Per localizzare gli eventi rilevati dalla rete di geofoni sono infatti indispensabili una buona conoscenza del campo di velocità di propagazione delle onde sismiche nella porzione di roccia indagata e le coordinate delle posizioni dei diversi sensori. Le difficoltà presentate dal particolare sito scelto per le indagini, nonché l'accuratezza richiesta nella determinazione delle componenti geodetiche, hanno imposto l'adozione di tecniche di posizionamento miste statiche e di tempo reale. In primo luogo si è provveduto a trasportare un caposaldo di coordinate note emanato a partire da un altro caposaldo appartenente alla rete IGM95 (Cervinia Breuil). Tale stazione è stata utilizzata per calcolare la soluzione sul caposaldo di

emanazione RTK ubicato a fianco della balconata posta nella parte Sud della Capanna Carrel. Successivamente è stato eseguito un rilevamento in modalità di tempo reale per la determinazione delle posizioni della sensoristica e dei punti di energizzazione. L'accuratezza è valutata di ordine centimetrico.

I dati che verranno rilevati dalla rete di monitoraggio acustico, unitamente ai rilievi topografici eseguiti, dovrebbero consentire la localizzazione spaziale di aree nelle quali risulti presente una significativa attività acustica. Ciò potrebbe consentire l'individuazione di volumi rocciosi potenzialmente instabili, che verrebbero successivamente monitorati con più attenzione e tenuti sotto controllo.

Più in generale, dalla sperimentazione d'avanguardia messa in opera sul Cervino ci si attende di ottenere preziose informazioni sul comportamento degli ammassi rocciosi in alta quota, dove la criosfera palesa i primi e più marcati segni di cambiamento climatico che si riflettono, inevitabilmente, anche su importanti e frequentate strutture ricettive come la Capanna Carrel.

Notazioni

Si ringraziano l'Ing. Marco Succio (assegnista di ricerca) per l'organizzazione logistica dell'installazione della rete di geofoni e per la collaborazione fornita in fase di avvio del sistema di rilevazione strumentale, le guide alpine di Cervinia per aver consentito di operare in condizioni di assoluta sicurezza e la Direzione Tutela del territorio, Assessorato Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche della Regione Valle d'Aosta per il sostegno finanziario per l'acquisizione della rete di monitoraggio.

Bibliografia

- Arattano M., Chiarle M., Mortara G., Pirulli M., Succio M. (2008), "Relazione finale sull'attività del CNR-IRPI nell'ambito del Progetto Interreg III A – ALCOTRA n.196 «PERMAdataROC»", *Rapporto Interno I.R.P.I. RI 2008/11*.
- Arattano M., Chiarle M., Mortara G., Pirulli M., Succio M. (2007), "Relazione annuale sull'attività del CNR-IRPI nell'ambito del Progetto Interreg III A – ALCOTRA n.196 «PERMAdataROC»", *Rapporto Interno I.R.P.I. RI 2007/19*.
- Chiarle M., Mortara G. (2007), "Modificazioni nell'ambiente fisico d'alta montagna e rischi naturali in relazione ai cambiamenti climatici", In Carli B., Cavarretta G., Colacino M., Fuzzi S. (a cura di) – *Clima e Cambiamenti Climatici. Le attività di ricerca del CNR. Consiglio Nazionale delle Ricerche*, 757-760.
- Deline P., Cremonese E., Morra di Cella U., Pogliotti P. & PermAdataroc Team (2007), "The relation of permafrost degradation and slope instabilities in high alpine steep rockwalls: the research project PERMAdataROC", *Riassunti del XXIV IUGG*, Perugia, 2-13 luglio 2007.
- Kääb A., Huggel C., Barbero S., Chiarle M., Cordola M., Epifani F., Haeberli W., Mortara G., Semino P., Tamburini A., Viazzo G. (2004), "Glacier hazards at Belvedere Glacier and the Monte Rosa east face, Italian Alps: processes and mitigation", *Proc. Int. Symposium Interpraevent 2004*, (Riva del Garda, 24-27 maggio 2004), 1/67- 1/78.
- Arattano M. (2000), "On the use of seismic detectors as monitoring and warning systems for debris flows", *Natural Hazards*, No 20/2-3. 197-213.
- Dixon N., Kavanagh J., Hill R. (1996), "Monitoring landslide activity and hazard by acoustic emission", *J. Geol. Soc. China*, 39(4), 437-484.
- Govi M., Maraga F. & Moia F. (1993), "Seismic detectors for continuous bed load monitoring in a gravel stream", *Hydro. Sci. J.*, 38 (2), 123-132.

MODULO *OPEN SOURCE* DI RAPPRESENTAZIONE, IN MODALITÀ 3D, DELLE MAPPE DI CONCENTRAZIONE DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI

Giorgio ARDUINO (*), Marco RAFFERMO (**), Emanuela SARZOTTI (**),
Silvia VERGNANO (**)

(*) Regione Piemonte - Assessorato Ambiente, via Principe Amedeo 17,
10123 Torino giorgio.arduino@regione.piemonte.it

(**) CSI Piemonte, Corso Tazzoli 215/12 10137 Torino, emanuela.sarzotti@csi.it

Riassunto

Il sistema per la valutazione della qualità dell'aria, realizzato e gestito da Regione Piemonte e ARPA Piemonte con il supporto informatico del CSI Piemonte, si basa sull'integrazione di dati provenienti dai tre principali strumenti informativi disponibili nell'ambito del SIRA (Sistema Informativo Regionale Ambientale): la base dati delle misure rilevate dal *Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria* (S.R.R.Q.A.), l'*Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera* (I.R.E.A.) e i *Sistemi Modellistici di Dispersione degli Inquinanti in Atmosfera*, in linea con l'evoluzione delle conoscenze di tipo tecnico-scientifico in materia.

Il sistema è stato sviluppato negli anni preferendo l'utilizzo di software open source a quello proprietario nell'ottica di rendere più agevole il riuso del sistema da parte di altre pubbliche amministrazioni.

Il modulo oggetto della presente comunicazione viene realizzato in via sperimentale per rendere disponibili i dati di distribuzione degli inquinanti in atmosfera, generati dal sistema modellistico, in modalità integrata nel sistema informativo geografico regionale con la possibilità, per una migliore analisi dell'ambiente, di consultarli sul modello digitale del terreno messo a disposizione dai più comuni visualizzatori disponibili in rete, attraverso lo standard OGC KML.

Abstract

In order to improve the Air Quality Assessment in the Piemonte Region, three different information sources available from the Environmental Regional Information System (SIRA) have been integrated, according to technological and scientific evolution: the Regional Air Quality Monitoring Network, the Regional Emissions Inventory and the Atmospheric Modelling System. The integrated system, performed by Piemonte Region, Regional Environment Protection Agency and CSI Piemonte, is implemented with open source software to facilitate its reuse by other public administrations. Integrating air pollutants atmospheric distribution data, provided by Atmospheric Modelling System, in to the geographic information system of Piemonte Region and their 3D mapping, through OGC KML standard, is the objective of this contribution.

Introduzione

Le direttive comunitarie in materia di qualità dell'aria (1996/62/CE; 1999/30/CE, 2000/69/CE, 2002/3/CE, 2008/50/CE) impongono agli Stati Membri di suddividere il territorio in zone omogenee e di valutare all'interno di queste lo stato di qualità dell'aria in relazione ai valori limite stabiliti per i diversi inquinanti. Il recepimento nazionale della legislazione comunitaria delega alle Regioni la responsabilità della valutazione dello stato di qualità dell'aria sul proprio territorio.

Le osservazioni locali provenienti da punti di monitoraggio fissi sono lo strumento principale per valutare il livello degli inquinanti nei siti di campionamento; tuttavia la rete di monitoraggio non può coprire tutto il territorio regionale e la spazializzazione dei livelli di concentrazione misurati non è immediata e di difficile realizzazione, specie in quelle aree caratterizzate da orografia complessa ed un uso diversificato del suolo. Per tali ragioni le direttive comunitarie e le relative normative nazionali introducono la possibilità dell'utilizzo della modellistica di dispersione degli inquinanti, con l'obiettivo finale di pervenire ad una adeguata rappresentazione spaziale delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici sull'intero territorio regionale. A partire dal 2005 ARPA Piemonte, su incarico di Regione Piemonte ed in collaborazione con la società ARIANET, ha messo a punto un sistema modellistico tridimensionale in grado di simulare l'emissione, il trasporto, la diffusione e le trasformazioni chimiche dei principali inquinanti atmosferici (CO, NO₂, NO_x, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ e Benzene) per stimarne i campi di concentrazione con risoluzione oraria sull'intero territorio regionale. Il sistema è completato da strumenti di *post-processing* che permettono sia il calcolo di tutti gli indicatori di stato richiesti dalla legislazione nazionale e comunitaria, sia il confronto tra dati simulati ed osservati per valutare l'incertezza dei risultati della simulazione (Arduino et al., 2007).

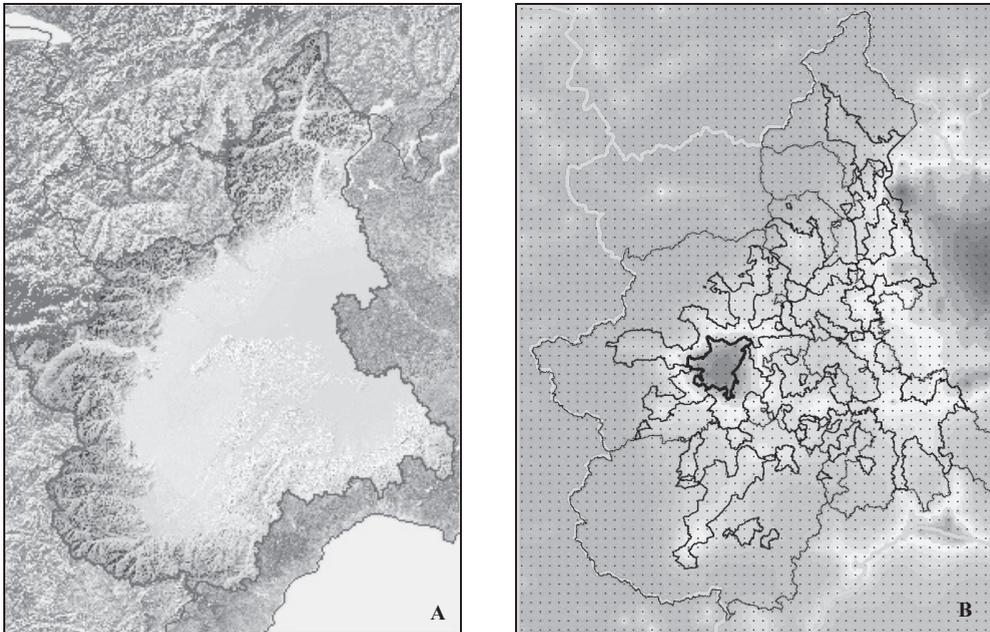


Figura 1 – A: Dominio di calcolo del sistema modellistico per la valutazione della qualità dell'aria in Piemonte; B: Spazializzazione di un indicatore simulato dal modello (media annua NO_x).

I dati di dispersione degli inquinanti in atmosfera

Il sistema modellistico è stato pensato per realizzare, attraverso l'applicazione delle più evolute tecniche di modellistica di dispersione, la migliore ricostruzione possibile dello stato della qualità dell'aria sul territorio regionale a partire da tutte le informazioni disponibili: l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (I.R.E.A.), le misure rilevate dal Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (S.R.R.Q.A.), i dati meteorologici provenienti dalla Rete Meteorografica di ARPA Piemonte e dai campi di analisi della modellistica meteorologica, nonché i dati geografici e cartografici che caratterizzano il territorio piemontese.

Il sistema modellistico, implementato a partire dall'anno 2005 e successivamente migliorato ed ottimizzato, è stato utilizzato per effettuare le Valutazioni di Qualità dell'aria relative agli anni dal 2004 al 2007. Le stime di concentrazione ottenute sono state infine validate con le misure del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria, ed i risultati del confronto, seppure diversificati per i diversi inquinanti, risultano soddisfacenti ed in linea con quanto previsto dalle norme comunitarie (1999/30/CE E 2000/69/CE) e nazionali (D.M 60/2002 e D.Lgs 183/2004) (Arduino et al., 2007).

I dati generati in output dal sistema sono in formato NetCDF, acronimo di Network Common Data Form. Tale formato, messo a punto dalla statunitense University Corporation for Atmospheric Research (UCAR), a partire dal modello concettuale della NASA CDF, è uno standard aperto funzionale alla gestione di dati multidimensionali organizzati in forma matriciale.

Il modello calcola infatti i dati dei valori di concentrazione degli inquinanti su una griglia di 4x4 km per un'estensione di 220x284 km² (fig. 1A) che copre interamente il Piemonte e la Valle d'Aosta, buona parte della Liguria e della Lombardia (inclusa l'area metropolitana di Milano) e porzioni di territorio francese e svizzero. Il calcolo viene eseguito a livello del suolo e a diverse altezze in atmosfera fino a circa 4000 m. Il sistema di riferimento utilizzato è UTM-WGS84.

I file NetCDF generati dal modello sono organizzati su 4 dimensioni, la x e la y (le coordinate dei nodi della griglia), la z (altezza in atmosfera), il tempo (su base oraria).

La figura 1B è un esempio di mappa 2D di dati relativi alla media annua di NO_x, i punti rappresentano i nodi della griglia, i cui valori sono stati, in questo caso, spazializzati su tutto il territorio. I poligoni disegnati all'interno della Regione Piemonte sono le zone omogenee previste dalla normativa.

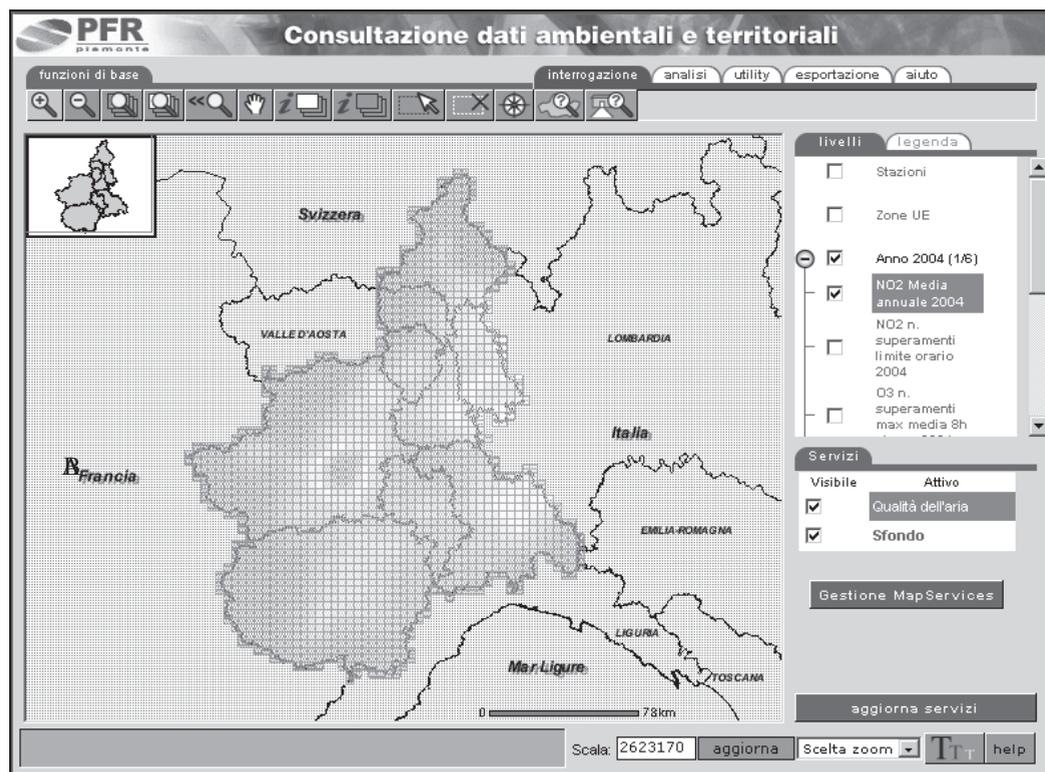


Figura 2 – Visualizzazione 2D dei principali indicatori per la valutazione della qualità dell'aria

Consultazione via web dei dati generati dal sistema modellistico

I dati relativi ai principali indicatori per la valutazione della qualità dell'aria sono attualmente visualizzabili in internet, su due dimensioni, attraverso il WebGIS per la consultazione dei dati ambientali e territoriali (<http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/pfrWebGis.shtml>) realizzato nell'ambito delle attività del Punto Focale Regionale del Piemonte (fig. 2), dove è possibile consultarli in modalità integrata con altri dati geografici di interesse ambientale provenienti dai sistemi informativi della Regione, delle Province e di ARPA.

I dati attualmente resi disponibili in rete vengono aggiornati di anno in anno e sono relativi ai tre inquinanti di maggior interesse: O₃, NO_x, PM₁₀.

Uno degli obiettivi del nuovo modulo di consultazione è quello di ampliare l'offerta informativa rendendo accessibili le informazioni contenute nei file nc, generati dalla modellistica, relativi ad una più ampia gamma di indicatori.

A livello di back-office, attraverso opportuni filtri e selezioni, sarà quindi possibile estrarre le informazioni di interesse in modalità off-line dai file nc e pubblicarle su web attraverso un visualizzatore, dotato di particolari funzionalità, sviluppato in JavaScript e PHP con utilizzo di AJAX (fig. 3).

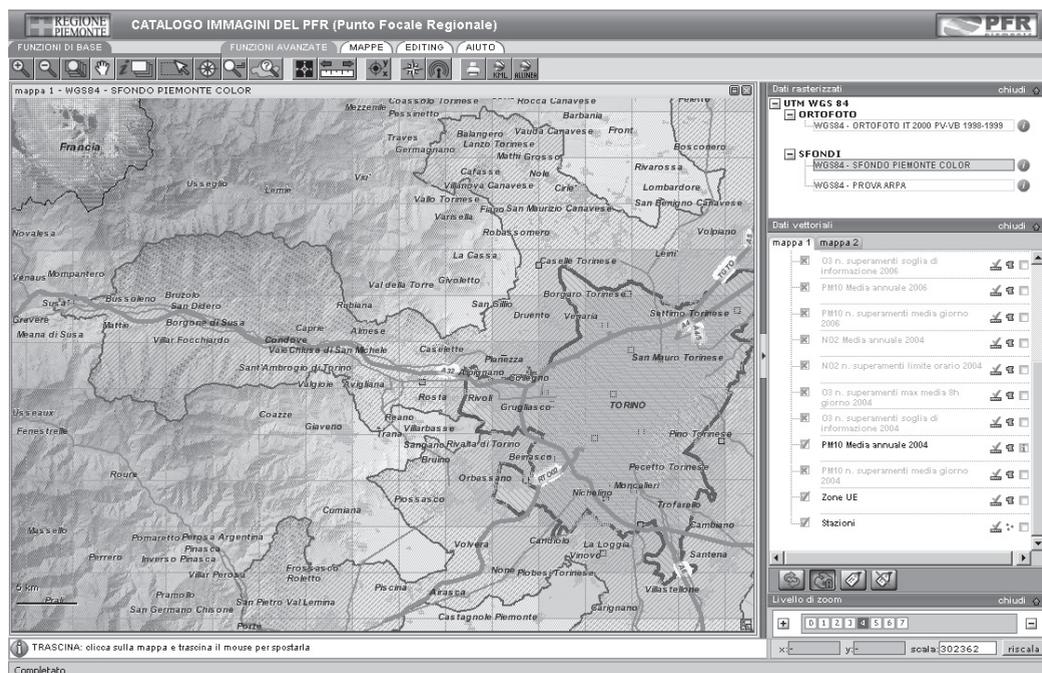


Figura 3 – Esempio di pubblicazione dei dati attraverso il nuovo modulo

Navigazione 3D dei dati selezionati

Le funzionalità del visualizzatore generano dinamicamente, a partire dalla mappa disegnata in quel momento, file KML (diventato recentemente standard OGC) che permettono di rappresentare e navigare i dati selezionati sul modello digitale del terreno, attraverso l'utilizzo di visualizzatori tridimensionali che supportano tale standard (es. Google Earth, World Wind, ecc.) (fig. 4 e 5).

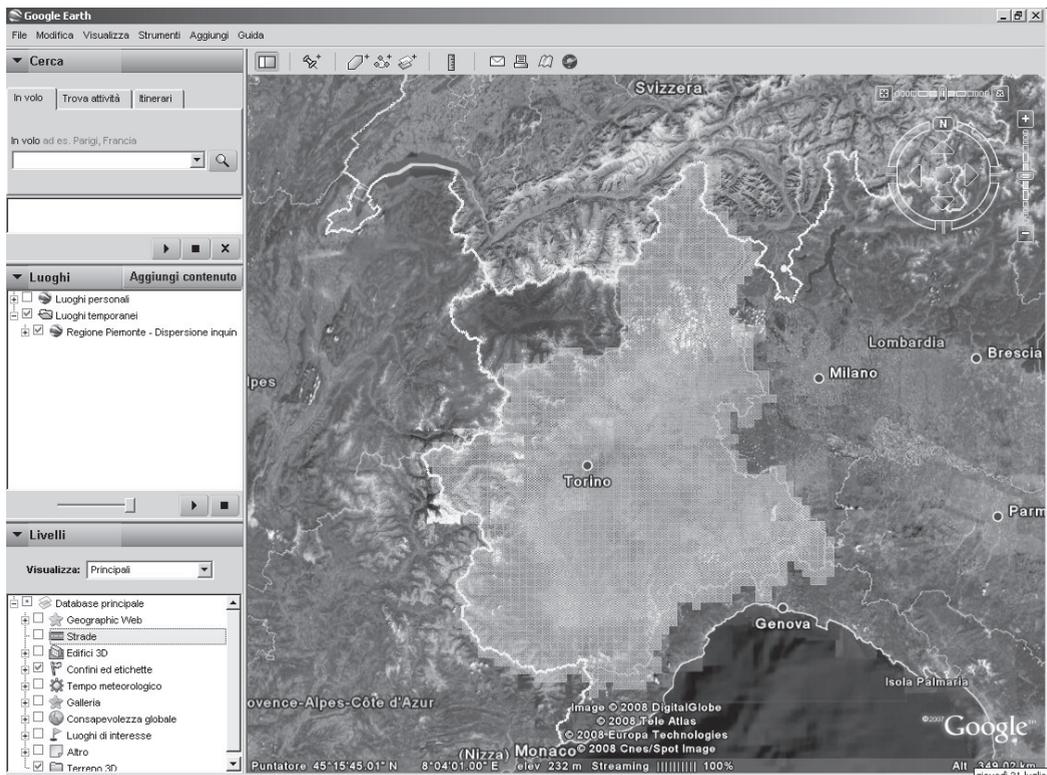


Figura 4 – Esempio di visualizzazione dei dati su Google Earth, ambito regionale

Conclusioni

L'utilizzo di un sistema modellistico avanzato, in grado di integrare tutte le informazioni sulla qualità dell'aria disponibili sul territorio, ha permesso di estendere la Valutazione della Qualità dell'Aria all'intera regione, fornendo indicazioni anche per le aree non monitorabili con i sistemi classici (stazioni fisse o campagne di misura). Rendere queste informazioni maggiormente accessibili svincolandosi dal formato NetCDF, nel quale esse sono generate, e consentirne la consultazione in maniera integrata con le informazioni geografiche regionali di interesse ambientale sono gli obiettivi che si stanno raggiungendo con la realizzazione di un modulo in grado di estrarre i dati di interesse e visualizzarli via web in modalità 2D e, con l'ausilio dei visualizzatori 3D disponibili in grado di utilizzare il KML, diventato recentemente standard OGC, anche in modalità 3D.

Questa componente, sviluppata con linguaggi non proprietari, andrà ad arricchire la già ampia *consolle* di strumenti informatici che supporta la gestione della qualità dell'aria in Piemonte e sarà messa a disposizione inizialmente degli addetti ai lavori attraverso il portale ad accesso riservato denominato 'Aria Web', per poi, una volta consolidata, renderla disponibile sul Portale dell'ambiente di Sistema Piemonte (www.sistemapiemonte.it/ambiente).

Successive evoluzioni riguarderanno la generazione di animazioni temporali in grado di mostrare l'evoluzione della dispersione degli inquinanti in atmosfera simulata dal modello, andando così a sfruttare anche la dimensione temporale contenuta nei file NetCDF.

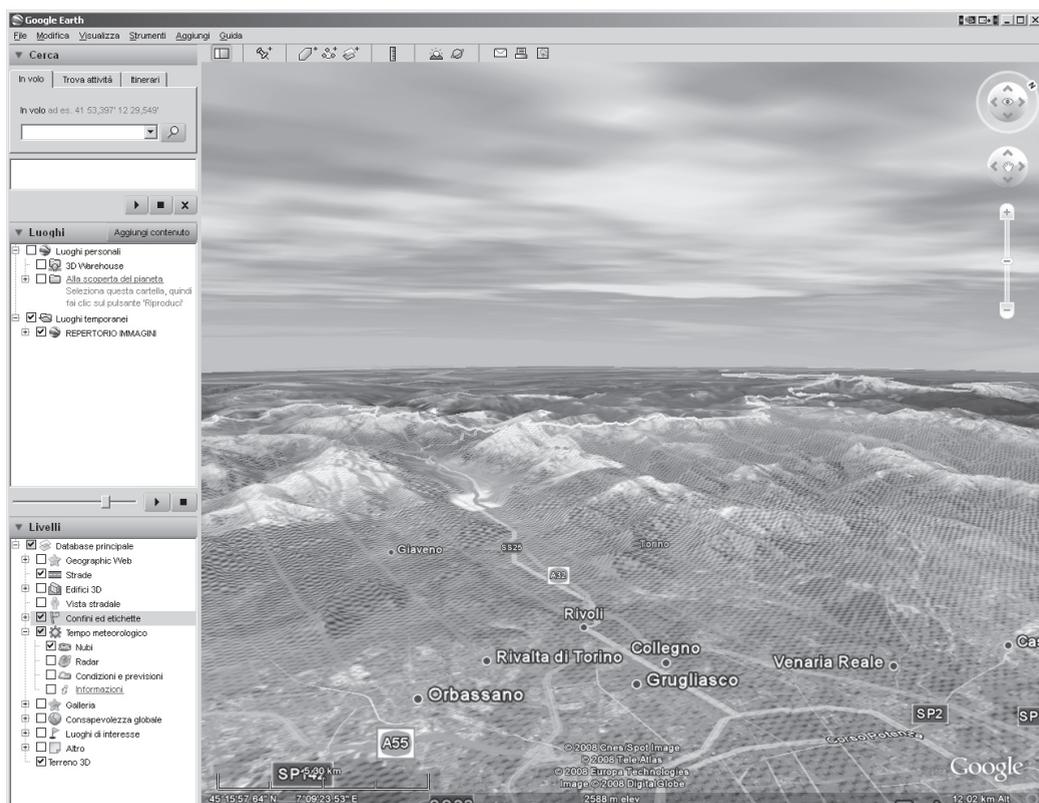


Figura 5 – Esempio di visualizzazione dei dati su Google Earth, ambito più di dettaglio

Bibliografia

Arduino G., Contardi C., Bovo S., Bande S., Clemente M., De Maria R., Muraro M., Calori G., Finardi S., Silibello C. (2007), “Utilizzo dei GIS nell’ambito della valutazione sulla qualità dell’aria”, *Atti della 11a Conferenza ASITA Torino 6-9 novembre*.

Punto Focale Regionale del Piemonte (2006) – “WebGIS per la consultazione di dati ambientali e territoriali”, <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/pfrWebGis.shtml>

Unidata-UCAR, “NetCDF”, <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/index.html>

APPLICAZIONE DI FOTOGRAMMETRIA PANORAMICA PER IL RILIEVO DELLA CHIESA DI SAN CATALDO A PALERMO

Valentina ARMETTA (*), Donatella DOMINICI (**), Gabriele FANGI (***)

(*) Dirap, Università degli Studi di Palermo, valentina.armetta@unipa.it;

(**) Dau, Facoltà di Ingegneria de L'Aquila, dominici@dau.ing.univaq.it;

(***) Dardus, Facoltà di Ingegneria - Università Politecnica delle Marche, g.fangi@univpm.it.

Keywords: Fotogrammetria panoramica, orientamento, laser scanner.

Riassunto

Con la tecnica dei panorami sferici (Fangi, 2007, 4) è stato effettuato il rilievo geometrico della chiesa di san Cataldo a Palermo. Nell'interno si è anche proceduto alle scansioni laser. L'orientamento dei panorami è avvenuto secondo due modalità distinte, per l'interno è stata osservata con stazione totale una rete di punti di appoggio, che ha consentito una compensazione di blocco della rete di appoggio, per l'esterno invece l'orientamento è avvenuto tramite l'algoritmo della complanarità. Scelta una coppia base di panorami, ne è stato effettuato l'orientamento relativo, e con le coordinate modello sono stati orientati tutti gli altri panorami esterni. Per avere un dimensionamento di massima ed un orientamento nel sistema Utm, sono state utilizzate le coordinate UTM di alcuni punti prese da Google-Earth ad alta risoluzione. La scarsa precisione di queste ultime produce al più un difetto di scala del modello. In entrambi i tipi di orientamento i valori finali dei parametri di orientamenti sono ottenuti con una compensazione di blocco a fasci proiettivi. Il pregio principale della fotogrammetria panoramica sta nella sua velocità e completezza di presa e nella sua economicità.

Abstract

With the technique of the spherical panoramas (Fangi, 2007, 4) the geometric survey of the church of saint Cataldo in Palermo have been carried out. The interior has been scanned also by laser. The orientation of the panoramas has happened following two distinguished modalities, for the interior a net of control points has been observed with a station total, then a block adjustment been performed, for the exterior instead the orientation has happened by means of the algorithm of the relative orientation by coplanarity. For a dimensioning and the orientation in the Utm system, the UTM coordinates of some points taken from Google-Earth to high resolution have been used. In both type of orientation, the final values of the orientation parameters are got fro a bundle adjustment procedure. The insufficient precision of the UTM coordinates produces a defect of scale of the model only. The main advantage of the panoramic photogrammetry it in its speed of the tacking phase and in its inexpensiveness.

Introduzione – Cenni storici

La chiesa di San Cataldo con il suo chiaro blocco stereometrico, si erge accanto alla chiesa di Santa Maria dell'Ammiraglio o Martorana in posizione sopraelevata rispetto al piano stradale di piazza Bellini. La chiesa fu costruita poco dopo il 1154 sulle vecchie mura della città da Majone da Bari, Gran Ammiraglio alla corte di Guglielmo I come cappella di un sontuoso palazzo oggi scomparso. La cappella fu concessa dal re al successivo regio ammiraglio Silvestro di Marsico che vi seppellì la figlia, come risulta da una lapide sepolcrale attualmente conservata al suo interno. Nel 1182 il re Guglielmo II cedette la cappella ed il palazzo ai Benedettini di Monreale che vi rimasero fino a

quando tutto l'edificio, nel 1787, fu trasformato in ufficio postale. Solo grazie ai restauri del 1882 del Patricolo la cappella venne restituita all'antica configurazione, eliminando le costruzioni postume.

La costruzione, tipico prodotto delle maestranze di cultura fatimita a servizio di committenti cristiani, si presenta come un blocco parallelepipedo dal quale emerge solamente l'abside principale mentre le minori sono ricavate nello spessore murario. Il paramento murario esterno, in nitidi conci di arenaria, è variato in superficie dal motivo delle arcate cieche con ghiere e definito in alto da un elegante cimasa. Le tre alte cupolette rosse a sesto rialzato insistono sulle tre campate della navata centrale, più alta delle due navate laterali. L'interno, assai suggestivo nella sua nudità, nonostante abbia pianta rettangolare, possiede uno spazio centralizzante per la presenza di quattro colonne, con capitelli di reimpiego, che definiscono tre serie di campate nelle quali si concretizza l'iterazione dell'elemento cubico cupolato. Piccole nicchie poste agli angoli del tamburo quadrato mediano il passaggio al cerchio di base delle cupolette costruite con piccoli conci di tufo. Le due navate laterali hanno campate rettangolari coperte da volte a crociera. Originali sono anche il pavimento a tarsie con motivi aniconici in marmi policromi e porfido ed un altare in marmo in cui sono incisi una croce ed i simboli degli evangelisti.

La chiesa capitolare di San Cataldo, dal 1937, appartiene all'Ordine Equestre dei Cavalieri del Santo Sepolcro di Gerusalemme.

I panorami sferici

Per una esauriente trattazione della teoria si veda (Fangi, 2007, 4). I panorami multi-immagine vengono ottenuti fotografando a 360° con una fotocamera digitale con buona sovrapposizione da uno stesso punto di presa. Con appositi software di “Stitching” le immagini vengono proiettate su una sfera di raggio pari alla focale della camera. La sfera viene quindi mappata su un piano. Ci sono diversi tipi di proiezione, la cilindrica, la sferica e la piana. Vengono utilizzate in questo caso solamente proiezioni sferiche cosiddette “azimutale-zenitale”. Dalle coordinate immagine del panorama si ricavano gli angoli orizzontale e verticale che si sarebbero misurati con un teodolite il cui centro coincidesse con il centro del panorama. Occorre però stimare due angoli di correzione degli assi orizzontali per rendere l'asse principale della sfera verticale. I parametri di orientamento di un panorama sono dunque sei, le tre coordinate del centro di presa e tre angoli di assetto degli assi di questa. Una volta effettuato l'orientamento dei panorami, le coordinate terreno dei punti oggetto si ottengono per intersezione di rette proiettive. È possibile orientare relativamente un panorama rispetto ad un altro tramite l'imposizione delle condizioni di complanarità, con un procedimento del tutto simile a quello che era stato definito “poligonale cieca” (Fangi, 5, 1998). In questo modo si possono ottenere coordinate modello dei punti oggetto, senza avere nessuna informazione metrica preventiva dell'oggetto stesso. (Fig. 1)



Figura 1 – Un panorama esterno della Chiesa

Il rilievo

La chiesa di San Cataldo possiede tutt'oggi una notevole valenza architettonica, da qui si può comprendere l'utilità di raggiungere un elevato livello di dettaglio soprattutto per quanto concerne la copertura. La metodologia usata per il rilievo dell'involucro architettonico ha visto l'integrazione della fotogrammetria panoramica e del rilievo strumentale tridimensionale tramite laser scanner.

Ambedue le applicazioni hanno permesso infatti, in tempi significativamente più veloci, di ricreare lo stato di fatto dell'esistente.

La campagna di rilievo si è effettuata in step di lavoro successivi. Nella prima fase di lavoro si sono realizzati sei panorami sferici con l'ausilio di una camera a dorso digitale reflex Canon EOS-1Ds Mark II dotata di un sensore CMOS a pieno formato da 16.7 megapixels effettivi. Ogni panorama è composto da 80 fotogrammi aventi una dimensione di circa 6 megapixels scattati con la fotocamera con obiettivo 52 mm equivalente di focale. Il software utilizzato per la formazione del panorama è *Ptgui Pro 7* e la larghezza di ogni singolo panorama è stata limitata a 15.000 pixel. Inizialmente per orientare i panorami sono state utilizzate le coordinate di alcuni punti d'appoggio determinate con una total station. Inoltre, si è scelto di orientare il modello secondo le direzioni principali dell'edificio.

Al fine di rendere completa la restituzione di punti non facilmente osservabili nei sei panorami realizzati è risultato necessario effettuare una seconda campagna fotografica. A tal proposito per velocizzare le fasi di presa si sono eseguiti altri sei panorami sferici con l'ausilio di una camera digitale Nikon Coolpix L2 dotata di un sensore a pieno formato da 6 megapixels effettivi. In questo caso ogni panorama è composto da circa 45 fotogrammi con dimensione di 2-3 megapixels scattati con la fotocamera avente come obiettivo 30 mm equivalente di focale. Anche in questo caso la larghezza di ogni singolo panorama è di 15.000 pixel.

Contestualmente alla realizzazione dei panorami sferici utili per la restituzione dell'interno sono stati eseguiti undici panorami dell'esterno effettuati a due differenti quote altimetriche, una al livello stradale della piazza ed una al livello del piano di costruzione della chiesa. Anche queste prese si sono realizzate con la Nikon Coolpix L2 ed i panorami aventi larghezza di 20.000 pixel sono composti da circa 35 fotogrammi. In questo caso sono state prese poche misure con una fettuccia metrica. (Fig. 2)



Figura 2 – Un panorama centrale interno della Chiesa

Anche per l'esterno si è reso necessario effettuare altri panorami in modo che risultassero maggiormente visibili alcuni elementi architettonici della copertura. Nello specifico se ne sono realizzati altri sei aventi le stesse caratteristiche dei precedenti.

Al fine di avere un maggiore dettaglio della copertura, caratteristica predominante di questa architettura, si è scelto di integrare la restituzione del sistema monoscopico multi-immagine con il rilievo laser scanner. Si è utilizzato il laser scanner long-range Trimble GS200 capace di fornire una nuvola di punti 3D rapidamente (circa 5000 punti/secondo) con alta precisione (accuratezza di circa 1,5 mm) e relativamente alla scala del monumento (nello specifico, campi di presa fino variabile dagli 8 ai 10 m). Si sono eseguite 13 scansioni per un totale di oltre 13 milioni di punti rilevati attraverso l'esecuzione di una maglia 0,5 x 0,5 cm. All'interno della chiesa si sono posizionati tre appositi targets, le cui coordinate si sono ricavate con una total station orientando il modello nello stesso sistema di riferimento creato per la restituzione monoscopica. Con l'ausilio del software *Pointscape 3.0* si è effettuata la registrazione delle singole scansioni e successivamente si sono esportati i files originali .ppf (pointscape project files) in files .neu (neutral files) per una successiva elaborazione con il software per la modellazione tridimensionale *Rapidform ver. 2004*.

La restituzione

Rete dei punti d'appoggio (interno)

Per l'interno si è realizzata una rete di punti di appoggio segnalizzati, e rilevati con stazione totale. Il sistema di riferimento adottato è parallelo alle direzioni principali dell'edificio.

Orientamento esterno:

-La formazione del modello

È stata scelta una coppia di panorami formata dai panorami n1 e n2, (Fig. 3).

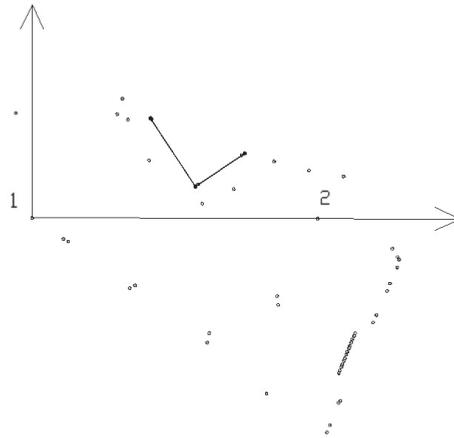


Figura 3 - La Coppia 1 e 2 base dei panorami scelti per la formazione del modello e i punti di legame

-Il Modello dopo la rototraslazione in UTM con le coordinate UTM di alcuni punti forniti da Google Earth ad alta risoluzione.

Infine è stata effettuata una compensazione di blocco di tutte le osservazioni, fissando due punti e imponendo alcune condizioni di vincolo, relative all'orizzontalità e alla verticalità di alcune rette.

La restituzione da un solo panorama (monoplotting)

È possibile restituire da un solo panorama un oggetto purché esso giaccia su una superficie piana (*monoplotting*). Così si può facilmente restituire la tessitura muraria, oppure un disegno complesso, altrimenti non restituibile in monoscopia. Prendiamo ad esempio il fronte dell'altare. Si individua il piano con almeno tre punti (meglio 4) non allineati.



Figura 4 – Dettaglio del profilo restituito

Si sceglie il panorama più frontale rispetto al piano e si restituiscono i punti di una figura (l'aquila di destra in questo caso). (Fig. 4)

La restituzione avviene con un apposito modulo del pacchetto *SPhERA*. Le coordinate vengono calcolate per intersezione del piano con la retta proiettiva. (Fig. 5)

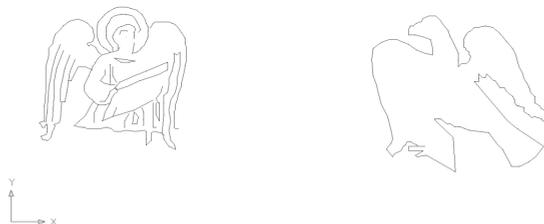


Figura 5 – Dettaglio della decorazione dell'altare - Restituzione monoplotting

I Vincoli di verticalità e di orizzontalità

Se due punti giacciono sulla stessa retta verticale (orizzontale) è possibile imporre la condizione di verticalità (orizzontalità) della retta (Fig. 6). Viene migliorata la qualità della restituzione, non solo, ma anche, è possibile effettuare la compensazione di blocco a minimi vincoli fissando due punti in planimetria, un punto quota e con vincolo di verticalità (orizzontalità). (Fig. 7)

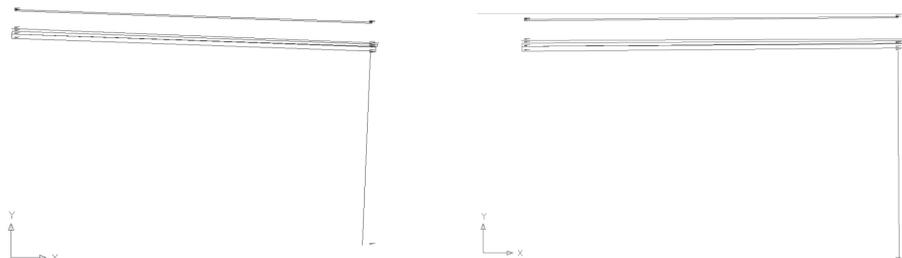


Figura 6 - Un dettaglio dello spigolo della chiesa: a sinistra senza vincoli, a destra con vincoli. È evidente la differenza.

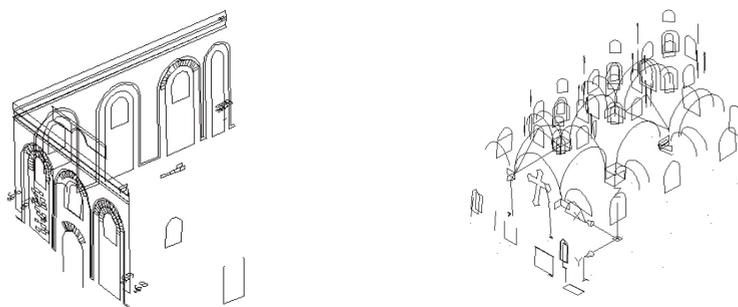


Figura 7 – Viste assometriche delle minute di restituzione dell'esterno e dell'interno

Il rilievo Laser - L'elaborazione

L'elaborazione delle nuvole di punti è avvenuta con il software *Rapidform*. Con tale programma è avvenuta la registrazione delle viste sfruttando almeno tre punti omologhi (x,y,z) tra due viste; i punti omologhi vengono materializzati con targets riflettenti di cui il software può farne il riconoscimento automatico. Per facilitare le operazioni di calcolo, al termine delle operazioni di registrazione, si è preferito lavorare con un numero ridotto di scansioni delle quali si sono realizzati

dei merge, operazione con la quale si convertono le differenti viste in un'unica nuvola di punti e si realizzano le compensazioni che minimizzano la deviazione principale. Su questi singoli modelli si sono successivamente effettuate le consuete operazioni di filtraggio dei dati al fine di alleggerire la mole di dati in maniera intelligente. Le principali operazioni di filtraggio applicate sono: il *filter noise*: pulizia dal rumore, ovvero la rimozione di punti detti outliers (punti sparsi ed in posizione errata); il *filter redundancy*: rimozione dei punti che si sovrappongono, cioè tutti quei punti che sono ad una distanza inferiore alla media di tutte le mutue distanze tra i punti; ed infine, lo *smooth points*: riduzione della rugosità superficiale senza ridurre il numero di punti. I singoli modelli così ottenuti sono stati registrati in un unico modello composto da circa 5 milioni di punti. (Fig.8)

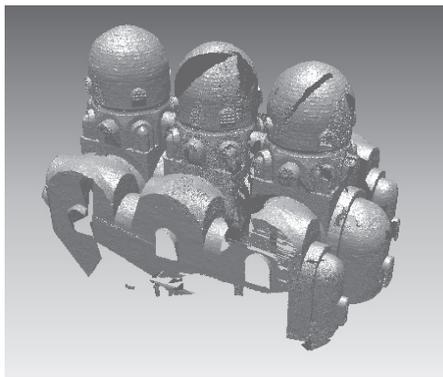


Figura 8 – Vista assonometrica della nuvola di punti

L'editing

In seguito alle operazioni di triangolazione, di filtraggio e di sistemazione dei buchi (chiusura delle mancanze tenendo conto della curvatura degli edge che lo delimitano) sulla nuvola di punti, la superficie triangolata si presenta molto disordinata. Nella creazione automatica di mesh, soprattutto nel caso di dati non strutturati, ovvero quando non si è eseguita una particolare geometria di scansione, si creano forti errori topologici nella creazione della superficie triangolata. Per regolarizzarla si è costruita una mesh di buona qualità, con triangoli che sono pressoché di uguale dimensione e di forma equilatera.

Conclusioni

Gli autori ritengono che la fotogrammetria panoramica per la sua semplicità, economicità e rapidità di esecuzione, sia uno strumento molto utile per una corretta documentazione metrica dei beni culturali. In un lavoro prossimo verrà effettuato un confronto metrico e qualitativo dei due tipi di restituzione, quella con i panorami e quella con il laser a scansione.

Riferimenti bibliografici

1. Bellafiore G. (1995), *Palermo – Guida della città e dintorni*, Punto Grafica, p.21;
2. Fangi G. (2007), *Una nuova fotogrammetria architettonica con i panorami sferici multi-immagine*, in atti della conferenza nazionale Sifet – 27-29 giugno, Arezzo pp. 41-48;
3. Fangi G. (2007), *The Multi-image spherical Panoramas as a tool for Architectural Survey*- XXI International CIPA Symposium, 1-6 October, Atene, ISPRS International Archive – vol. XXXVI-5/C53 – ISSN 1682-1750 – CIPA Archives vol. XXI-2007 ISSN 0256-1840 – pp. 311-316;
4. Fangi G. (2007), *La Fotogrammetria sferica dei mosaici di scena per il rilievo architettonico*, in Bollettino Sifet n. 3, pp. 23-42;
5. Fangi G. (1998), *Poligonalità senza misure dirette fra i vertici di stazione*, in Bollettino Sifet n.3, pp. 19-42.