

Telerilevamento e cartografie tematiche per il riordino del sistema di sicurezza territoriale e difesa del suolo

Agata Lo Tauro (*)

(*) Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, <http://www.ipsia.giarre.ct.it>

Riassunto

Il progetto è stato realizzato con l'obiettivo di aiutare *managers* ed enti locali che gestiscono i litorali e le coste a selezionare alcuni tra i più importanti indicatori ambientali, tenendo in considerazione i dati disponibili. Ciò include gli indicatori dei *brownfiels*, gli effetti dell'inquinamento ed il censimento delle infrastrutture blu. Questo è dovuto al fatto che l'analisi delle coste e degli ecosistemi legati alle infrastrutture blu è determinato da vari cambiamenti agenti a lungo e breve termine sulla valutazioni d'impatto ambientale.

Lo sviluppo di nuovi sistemi informativi geografici si basano non soltanto sull'approfondimento di aspetti teorici ma anche sui risultati delle applicazioni sperimentali utilizzando differenti tecnologie geomantiche. Questo articolo analizza inoltre le principali caratteristiche dell'approccio *Virtual Reference Stations* (VRS) alla luce dei recenti sviluppi tecnologici e delle recenti sperimentazioni *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS).

Abstract

The project was built with the aim of helping managers and authorities of coastal areas in selecting the most suitable environmental indicators, taking into account the data available. It includes brownfield indicators, ecological effects of pollution and the analysis of blue infrastructures. This is because in the case of coastal and transitional water ecosystems there is a clear preference for benthic communities, which integrate environmental conditions and changes in a very effective way if we want to monitor short and long-term responses and site-specific impacts. The geographic information system development was based not only on theoretical approaches, but also on results from its experimental application using geomatic technologies. This paper also addresses the main features of the *Virtual Reference Stations* (VRS) approach in the light of the last technological developments and the development of the *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) arrays and discusses recent experiments and results.

Introduzione

L'uso del telerilevamento applicato all'analisi riordino del sistema di sicurezza territoriale e difesa del suolo si qualifica come un valido strumento per monitoraggio dei *brownfields* e delle infrastrutture blu. Questa indagine fornisce un metodo di lavoro per affrontare il problema. In questo progetto sono stati utilizzati dati telerilevati da satellite e da sistemi aviotrasportati insieme a quelli già disponibili presso gli Enti Locali, integrati a rilievi in situ (mediante l'approccio VRS) e processati con tecniche di post-processing. Tale progetto può essere inquadrato nel piano per il "Riordino del sistema di sicurezza territoriale Difesa del suolo, della costa e bonifica delle risorse idriche" che prevede l'istituzione "nell'ambito S.IT.R. (Sistema Informativo Territoriale Regionale) di un catasto degli sbarramenti di ritenuta e bacini di accumulo, ai fini della raccolta dei dati necessari alla loro gestione e controllo" da integrare alle priorità di fruizione delle acque anche per scopi idropotabili (art. 28, legge n. 36 del 1994). Il progetto va inquadrato in un più ampio sistema informativo territoriale regionale capace di raccogliere tutte le informazioni localizzabili

geograficamente e renderle fruibili in modo integrato sia all'interno della Pubblica Amministrazione, per pianificare al meglio gli interventi per lo sviluppo del territorio, sia alle imprese, professionisti e cittadini come strumento di marketing territoriale. Con accordo di programma, nell'ambito della Misura 5.05 del Complemento di Programmazione del POR Sicilia 2000/06, si è posto in essere l'obiettivo della realizzazione in Sicilia di una rete di sistemi informativi territoriali denominata Sistema informativo territoriale regionale (S.I.T.R.), i cui nodi sono: il Dipartimento regionale dell'Urbanistica (Area "B"), le Province Regionali, le città capoluoghi di provincia e le città medie con popolazione superiore ai 30.000 abitanti (censimento 1991). In particolare, il progetto denominato SI-VVI (Sistema Informativo di Valutazione di Impatto Ambientale, Valutazione Ambientale Strategica e Valutazione di Incidenza) curato dal dipartimento Territorio e Ambiente con i fondi del POR Sicilia 2000-2006 (misure 1.01 azione a.2 "Struttura operativa dell'Autorità Ambientale") assicurerà la massima trasparenza delle attività svolte nell'ambito della Valutazione Ambientale, come richiesto dalle normative di settore sia europea che italiana, per migliorare le procedure di valutazione dei progetti che vengono presentati anche tramite una maggiore sinergia con gli altri rami dell'Amministrazione Regionale.

Il Dipartimenti Territorio e Ambiente e la Protezione Civile hanno di recente siglato un accordo interdipartimentale con cinque linee di intervento per attuare la pianificazione nel settore del rischio idrogeologico e realizzare interventi infrastrutturali prioritari previsti nei PAI (Piani Assetto Idrogeologico) e, nello stesso tempo, razionalizzare la spesa comunitaria nell'ambito dell'Asse 2 del programma operativo regionale FESR 2007/2013. I dati confluiranno nel SISTR (Sistema Informativo Territoriale Regionale) della Regione siciliana e porteranno all'elaborazione di una proposta di legge regionale sulla difesa del suolo e dei rischi geoambientali.

Il progetto di ricerca tiene anche in considerazione le linee guida per la codifica dei dati territoriali INSPIRE (D 2.7, <http://www.ec-gis.org/inspire>), il catalogo dei metadati sui dati geografici (www.inspire-geoportal.eu) e La Carta di Venezia. In particolare, la Carta di Venezia del 2003 ribadisce i principi e i contenuti di tutte le risoluzioni e dichiarazioni internazionali a partire dalla Dichiarazione della Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente adottata a Stoccolma il 16 giugno 1972, dalla Carta di Rio del 1992 e dalle successive Conferenze sino alla Conferenza di Johannesburg del 2002. La Carta di Venezia indica la necessità che ogni iniziativa in materia ambientale, sia pubblica che privata deve avere per scopo la creazione di nuovi livelli di cooperazione tra gli Stati e fra i popoli, favorendo la conclusione di accordi internazionali che tengano conto degli effettivi interessi e delle legittime aspettative delle comunità sociali e degli individui al fine di garantire e tutelare l'integrità del sistema globale dell'ambiente in raccordo con le esigenze di uno sviluppo sostenibile. Il rispetto del principio di "precauzione" dovrà essere attuato mediante un efficace sistema di monitoraggio delle attività pericolose e a rischio per l'ambiente. Dovrà essere privilegiata la creazione di una banca dati e di un atlante satellitare quale rete interdisciplinare per monitorare lo stato di salute del territorio. Tali ricerche possono pertanto rappresentare un volano di sviluppo per nuove strategie didattiche e di ricerca in Europa e nel mondo implementando *partnerships* con enti nazionali ed internazionali.

Cartografie tematiche e data integration

La complessità del patrimonio naturale legate alle infrastrutture verdi ed ai litorali delle coste richiede sempre più implementazioni di tecnologie integrate a supporto delle attività di pianificazione territoriale. In particolare, alcune zone ricadenti nel territorio del parco dell'Etna sono infatti soggette a strategie di pianificazione di emergenza di rischio vulcanico per invasione di colate laviche, nella sua univocità rispetto all'intero territorio nazionale. Bisogna comunque riconoscere la possibilità che *Novel Mobile Mapping System* (MMS), possano essere implementati ad hoc per essere attrezzati su veicoli particolari, della classe dei sistemi robotizzati con controllo a distanza, al fine di percorrere carreggiate estemporanee, seguendo le colate o varie zone a rischio. La scelta del parco dell'Etna ha rappresentato un *test-field* di interesse in materia di gestione del patrimonio naturale, legate anche alle evidenti esigenze di *updating* delle risorse cartografiche in 3D

ed dei *geodatabase* delle Amministrazioni Locali. La tecnologia laser terrestre ha comunque offerto nella sperimentazione, prodotti nuovi rispetto alle tradizionali attività di rilievo di siti ad alto pregio naturalistico ed ambientale. Nelle procedure di rilievo i tempi di posizionamento dello *scanner* nelle varie posizioni per l'acquisizione completa dell'oggetto di test, i tempi di settaggio dello strumento e l'analisi *in situ* dei dati acquisiti sono risultate essere relativamente brevi, grazie anche alle velocità di acquisizione dello strumento (molte migliaia di punti al secondo), consentendo di fornire informazioni metriche in *real time* e con un alto standard di precisione, da utilizzare anche per analisi diacroniche e sincroniche su modellazioni 3D. L'attività di ricerca, svolta utilizzando anche tecniche di rilevazione con l'apparato iperspettrale MIVIS¹ (*Multispectral Infrared/Visible Imaging Spectrometer*) su differenti *test sites*, ha consentito di utilizzare in tempi relativamente brevi una quantità di dati oggettivi sui parametri ambientali di interesse (tra cui analisi dell'inquinamento delle acque, *brownfiels*, classificazione delle infrastrutture blu, ecc. La potenzialità del dato MIVIS è legata all'elevata risoluzione geometrica e spaziale (pixel di 3x3 metri) registrata in contemporanea da 102 canali questo permette di svolgere numerose analisi spettrali. L'unica classe oggetto di interesse nel caso della classificazione delle infrastrutture blu è stata la classe acqua. Essa è stata isolata creando un piano informativo binario, rappresentando quindi due sole informazioni: "acqua", con il valore di 1, al quale è stato associato il colore rosso e "altre classi" con il valore di 0, al quale è stato associato il colore bianco. In seguito tale piano binario è stato georiferito e coregistrato sulle ortofoto, nonché sulla CTR. In questo modo si è evitato di produrre ulteriori pixel misti sui bordi delle infrastrutture blu dovuti alla distorsione dell'immagine, in quanto essi, a questo punto, erano già stati riconosciuti. La distribuzione delle temperature superficiale dell'acqua risulta di estremo interesse sia nella definizione del livello di eutrofizzazione delle acque sia nella modellistica di circolazione dei corpi idrici osservati. In particolare alcuni test sono stati eseguiti analizzando le informazioni derivate dall'utilizzo del canale 93 corrispondente a 8.2-8.6 micron. Elaborazioni di mappe di temperatura superficiale dei corpi idrici ed analisi diacroniche delle medesime sono state rilevate grazie all'analisi della distribuzione spaziale dei valori di radianza ottenuta attraverso la visualizzazione del canale 93 nella banda dell'infrarosso termico. I valori riportati nelle mappe termiche visualizzano i valori di temperatura superficiali delle acque, su più livelli di colore registrati dal sensore ad una quota di 1500 metri. Ad ogni livello di grigio dell'immagine corrisponde un valore preciso di temperatura radiante con intervalli di massima sensibilità. I valori riportati tengono in considerazione errori dovuti essenzialmente all'assorbimento atmosferico e alla variabilità del coefficiente di emissività delle superfici rilevate. La combinazione di tecniche di telerilevamento con quelle di *proximal sensing* ha consentito di offrire nuove soluzioni nella individuazione e classificazione delle infrastrutture blu e nella pianificazione di area vasta per *brownfiels* e per indagini *proximal and remote sensing* (Lo Tauro, A. 2009). Si sta conducendo uno studio integrato sulle specie protette lungo il network delle infrastrutture blu allo scopo di validare un modello che, nei casi consentiti dall'attuale normativa, possa sostituire l'uso dei tradizionali sistemi di monitoraggio della qualità ecologica e delle aree degradate. Per tale motivo sono state effettuate campagne di misura condotte su *test sites* con l'ausilio di tecnologie GPS - *Real Time Kinematic* - e applicazioni VRS per il posizionamento in tempo reale. Lo studio ha avuto come oggetto l'area di Randazzo e Maniace, siti interessanti per la presenza d'importanti monumenti naturali oltre che antropici, combinando misure statiche e rilievi da veicolo in movimento. Un'analisi multitemporale potrebbe fornire preziose informazioni storiche sull'evoluzione del fenomeno anche in funzione dei tipi di colture o dell'uso del suolo. Il repertorio fotografico così acquisito consente nuove procedure per l'archiviazione e la georeferenziazione di serie di immagini e di fotogrammi, utili anche per l'integrazione del *datadase* per analisi sincroniche e diacroniche del territorio e del paesaggio culturale, includendo in questa categoria anche i monumenti verdi, i siti di

¹ Si ringrazia la dott.ssa Fabrizia Buongiorno dell'INGV (*Centre for Research on Remote Sensing, Rome*) ed il Dott. Lorenzo Tommasoni - Regione Friuli Venezia Giulia (*Geographic Information System and Cartographic System*) - per aver fornito dati RS.

importanza Comunitaria (SIT) ed habitat di particolare interesse naturalistico come la aree ZPS (Direttiva Habitat 92/43), le zone di produzione a Denominazione di Origine Protetta (D.O.P) ed Indicazione Geografica Protetta (I.G.P.), parchi agricoli e prodotti tipici secondo il regolamento CEE 2081/92. I risultati ottenuti indicano la possibilità di estendere l'applicazione del modello a siti analoghi dal punto di vista orografico e naturalistico a quello oggetto della validazione e di analisi per le aree protette ed i parchi per l'implementazione di un *network* di itinerari turistici europei.

Georeferenziazione on site e la rete VRS Sicilia

Lo studio ed il monitoraggio dei *brownfields* e delle infrastrutture blu trova nelle applicazioni VRS un valido strumento in grado di integrare, ed in molti casi sostituire le tradizionali e complesse misure geodetiche, effettuate spesso con lunghe e dispendiose campagne di rilevamento.

In progetto è stato strutturato nelle seguenti fasi:

- verifica della corretta impostazione ed esecuzione della georeferenziazione *on site* dei beni sia georiferiti da cartografia (digitalizzazione), sia con Sistema GPS (tramite georeferenziazione - VRS o tradizionale) con strumentazione Statica o Palmare DGPS quando necessario o opportuno;
- verifica della corretta esecuzione del rilevamento di punti di controllo effettuato con GPS integrato da livellazione geometrica e collegamento alle stazioni permanenti in aree soggette a subsidenza;
- analisi critica dei modelli 3D ottenuti con software di modellazione mediante l'uso sia di *Nurbs*, sia di *mesh* a maglia o a triangoli per verificarne gli esiti in rapporto ad una rappresentazione finalizzata anche all'implementazione in un sistema informativo.

La rete VRS Sicilia (<http://www.cgtsrl.it>) rende possibile una comunicazione bi-direzionale tra il ricevitore mobile ed un centro di controllo connesso con la rete di stazioni di riferimento.

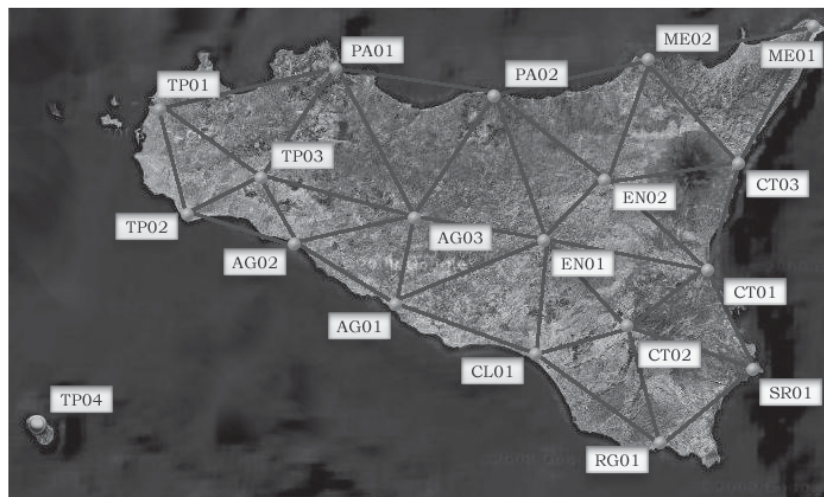


Fig. 1 – Schema della rete VRS Sicilia (<http://www.cgtsrl.it>)

Tale rete è stata possibile grazie alla materializzazione di stazioni fisse GPS “tipo” eseguendo un’analisi delle tematiche legate all’apparato tecnico, elettronico ed informatico. La selezione dei siti è stata effettuata sulla base degli obiettivi di progetto rispondenti ad una buona alimentazione elettrica della rete, presenza di una buona copertura telefonica GMS/GPRS ed una buona accessibilità. Le fasi di indagini preliminari, che ha evidenziato l’idoneità dei siti, ha portato alla redazione di un progetto definitivo delle stazioni, anche a seguito di un’attenta verifica della

bibliografia a disposizione tra cui le tecniche TRIMBLE (<http://www.trimble.com>) e dell'UNAVCO (<http://www.unavco.org>).

Con questi criteri di scelta sono stati individuati diversi siti (fig.1).

Il centro di controllo è stato collocato presso la sede della CGT srl di Palermo. La fase esecutiva di realizzazione ha avuto inizio con la realizzazione, in alcuni casi, di opportune opere di sottofondazione per garantire un ottimale collegamento a terra per la posa in opera di pali in alluminio zincato, opportunamente livellati, su cui posizionare le antenne GPS, protette da cupole di protezione dagli agenti atmosferici e quant'altro. Successivamente alla saldatura del supporto antenna all'armatura è stato predisposto il cavidotto per l'antenna collegata, attraverso un cavo antenna coibentato, al ricevitore GPS ed opportuna programmazione della rete interna.

“Il ricevitore infine è stato collegato direttamente al router ADSL e programmato tramite l'attribuzione di un IP statico per essere interpellato tramite collegamento remoto. Al momento attuale tutte le 18 stazioni sono dotate di antenne GPS Zephyr Geodetic e ricevitori NetRS. La peculiarità di questi ricevitori è che oltre ad essere principalmente dei ricevitori GPS, in grado di tracciare ed abilitate a tracciare la L2C, sono anche dotati di una porta di rete 10/100 ed hanno al loro interno un web server Apache: il tutto in grado di permettere di potere essere configurati e interpellati sia via Internet che via GPRS. Ovviamente, essendo interpellabili tramite Internet, la loro architettura li dota anche di caratteristiche di sicurezza quali un sistema di crittatura SSL che supporta il protocollo HTTPS, filtraggio dell'IP, autenticazione del Client per il flusso dei dati e porte ethernet per HTTP, HTTPS ed FTP. Ad oggi, tutte le stazioni sono inserite in rete e gestite da un unico centro di controllo (<http://88.57.240.76>) che ne monitorizza in continuo il corretto funzionamento, registra i dati grezzi - nel formato RINEX standard - per l'utenza che necessita dei dati per la post elaborazione e fornisce i dati in tempo reale all'utenza in campo tramite protocollo NTRIP” (Alestra, L., 2007).

E' in corso di programmazione una estesa sperimentazione basata sulla filosofia GNSS, attraverso l'installazione di nuovi NetRS già in grado di tracciare L1, L2, L2C ed L5 GPS nonché L1 ed L2 GLONASS. E' auspicabile giungere in breve tempo alla definizione di nuovi standard per la fornitura di servizi idonei ai rilevamenti VRS, MRS ed in particolare per le applicazioni dei rilevamenti RTK anche in funzione dei successivi tracciamenti dei satelliti Galileo, attraverso nuove antenne GPS Zephyr Geodetic II - con aggiornamenti *firmares*, alla ricerca di nuovi sistemi di georeferenziazione per carte del rischio. Grazie alla modernizzazione della tecnologia GNSS, nuovi ricevitori (es. Trimble R8 GNSS III) sono già in grado di tracciare i satelliti sperimentali GIOVE-A e GIOVE-B della costellazione GALILEO. Per garantire il corretto utilizzo delle informazioni provenienti dalle molteplici costellazioni tracciate, sono già stati sviluppati nuovi protocolli di comunicazione dati, come ad esempio il CMRx. Grazie ad una struttura del formato correzioni ottimizzata, questi protocolli sono in grado di trasferire agli utenti GNSS Rover tutti i benefici ottenibili dal segmento spaziale disponibile ed in fase di implementazione.

Alcune conclusioni

L'attività di ricerca e sperimentazione condotta per la realizzazione di rilievi mediante utilizzo della rete VRS Sicilia, *Data Integration* ed analisi *Remote Sensing* ha ottenuto come risultati significativi nel campo dell'*updating* delle risorse cartografiche in 3D ed dei *geodatabase* delle Amministrazioni Locali alla ricerca di nuovi sistemi di georeferenziazione per carte del rischio, per il riordino del sistema di sicurezza territoriale e difesa del suolo. Inoltre, per valutare l'accuratezza geometrica prodotta dalla trasmissione differenziale sarà necessario operare ulteriori campagne di rilievo *in situ* in tutto il territorio oggetto di studio.

La rete, rappresenterà quindi, l'infrastruttura di base per potere verificare una estesa sperimentazione basata sulla filosofia GNSS, in modo da poter fornire in tutto il territorio servizi di posizionamento innovativi ed efficaci, a differenti livelli, dal più semplice post-processamento, al tempo reale.

Ringraziamenti

Si ringrazia la CGT s.r.l., ed in particolare M. Gagliano, per aver messo a disposizione strumentazione e personale per la corretta esecuzione di rilievi mediante l'utilizzo della rete VRS e varie tecnologie afferenti al settore della geomantica.

Riferimenti bibliografici

- Chiarandini A., Tommasoni L., Ghiaini M., (2005). La rete di stazioni permanenti GPS della regione Friuli Venezia Giulia. In: *Atti 9ª Conferenza Nazionale ASITA*, Catania, Italia.
- Giuffrida, A. Lo Tauro, A. (2006), Gestione degli scenari di rischio e la tutela dei beni culturali: il Piano Etna, *Sessione Sessione Poster 2. 5 Applicazioni ambientali della Cartografia* in *Atti della X Conferenza ASITA*, CD-ROM
- Giuffrida A. Lo Tauro A. (2006), Technologies and community mechanism for civil protection assistance and cultural heritage conservation. *CORP 2006 & Geomultimedia06, Sustainable Solution for the Information society – 11th International Conference on Urban Planning and Spatial Development for the Information Society*, Vienna Feb. 13-16 2006, pp. 249-253
- Lo Tauro, A (2007), The integration of Remote Sensing and GIS to facilitate Environmental and Cultural Resources Management. Trieste: Ph.D Thesis, Faculty of Informatics and Mathematics, University of Trieste,
- Lo Tauro, A (2009), *Georeferencing of Cultural Heritage and Risk Chart: research of novel applications*, EVA 2009 FLORENCE Conference, April 29-30, pp. 151-156
- Manzoni, G. and MONITOR GEONETLAB team, (2008). "GALILEO in Civil Engineering in CEI perspectives: a Pilot Project of MONITOR", Geophysical Research Abstracts, Vol. 10, EGU 2008-A-04723, 2008 SRef-ID: 1607 7962/gra/EGU2008-A-04723 EGU General Assembly 2008
- Ray J., Dong D., Altamini Z., 2004. IGS Reference Frames: Status and Future Improvements. In: *Position paper for "Other Reference Frame Issues" session at the IGS 2004 Workshop in Berne*, Berne, Switzerland.
- Surace, L. (1998), "La georeferenziazione delle informazioni territoriali", *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini dell'Istituto Geografico Militare*, 58: 181-234
- Ventura-Traveset J., Flament D. (eds) (2006), *EGNOS. The European Geostationary Navigation Overlay System – A cornerstone of Galileo*, Noordwijk (The Netherlands).
- Villa, B. (2008) Corso di Topografia, Corso di laurea in Architettura, <http://www.architettura.unipa.it/villa/>,
- Zipf, A. (2008), "Open Standards, Free Geodata and 3D", *GIM International*, pp. 67

Web-sites

- <http://www.asita.it>
<http://www.esa.int>
<http://www.cgtsrl.it>
<http://www.pregio.it/modules.php?name=News&file=print&sid=389>