

AGGIORNAMENTO DEL DATABASE TOPOGRAFICO E DEI TEMATISMI DI BASE DEL SIT REGIONALE ATTRAVERSO IMMAGINI DA SATELLITE AD ALTA RISOLUZIONE

Eleonora BERTACCHINI (*), Antonio BELLANOVA (**), Alessandro CAPRA (*),
Tina CAROPPO (**)

(*) DIMeC –Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Civile - Università di Modena e Reggio Emilia
Via Vignolese, 905 – 41100 Modena, alessandro.capra@unimore.it

(**) Tecnopolis Csata – str. Prov. per Casamassima Km 3, 70010 Valenzano - Bari

Riassunto esteso

La Regione Puglia, nell'ambito del progetto del Sistema Informativo Territoriale, sta realizzando una base di conoscenza territoriale che prevede tra gli altri prodotti il database topografico (DBT), alla scala 1:5.000, in conformità alle specifiche IntesaGIS. Esso rappresenta uno strumento innovativo a livello regionale e nazionale, composto da una serie di strati tematici (10 in totale), che hanno l'obiettivo di rappresentare il territorio in tutte le sue peculiarità, in maniera propria agli usi nei sistemi informativi territoriali. Poiché il DBT quindi è uno strumento di controllo generale del territorio è indispensabile che sia costantemente in linea con le trasformazioni che caratterizzano la regione, pertanto è indispensabile prevederne il continuo aggiornamento. Con tale obiettivo si è ampliata la collaborazione già in corso tra l'Università di Modena e Reggio Emilia e Tecnopolis, ente attuatore del SIT, volta a valutare quale possa essere fra le metodologie e le fonti di dati utilizzabili, la più opportuna ai fini dell'aggiornamento del DBT e a seguire degli altri prodotti, anche tematici, realizzati. In questo contesto si intende presentare i risultati ottenuti dall'utilizzo di dati da satellite ad alta risoluzione, e nello specifico QuickBird, per gli obiettivi appena esposti. Come area test si è scelta una zona costiera (Dominici et al. 2006) dalla morfologia abbastanza complessa e con copertura superficiale diversificata (zone urbane, boscate, agricole, ecc.). In particolare, la sperimentazione riguarda un'area del Gargano intorno al Comune di Peschici, ripresa dal satellite QuickBird il 28 luglio 2007 subito dopo il drammatico incendio intercorso la scorsa estate. L'immagine si presenta con bassa copertura nuvolosa, ma con un elevato angolo di off-nadir (16.56°). Le condizioni operative per l'ortorettifica sono quindi al limite di quelle consigliate in letteratura, ma appropriate per valutare se è possibile ottenere valori di accuratezza dell'ordine di 1m, compatibili con l'aggiornamento alla scala 1:5000.

Il primo obiettivo è quello di definire una procedura di ortorettifica dell'immagine che, sfruttando la banca dati preesistente, permetta di ottenere accuratezze adeguate alla scala di lavoro. In particolare, come GCP (*Ground Control Point*) sono impiegati i vertici della rete planoaltimetrica di appoggio usata per l'orientamento del rilievo fotogrammetrico del 2006 e come modello digitale del terreno il DTM (*Digital Terrain Model*) creato dallo stesso rilievo. Il modello matematico utilizzato è quello rigoroso di Toutin (Toutin, 2004), mentre le elaborazioni sono state realizzate con il software Orthoengine di Geomatica (v 10.1). Verificando la visibilità dei GCP sull'immagine, ci si è resi conto che dei molti punti disponibili, solamente 9 potevano essere effettivamente impiegati per l'elaborazione. Da alcuni test speditivi è emerso che il numero di GCP non fosse sufficiente, né per ortorettificare l'immagine satellitare, anche in virtù della distribuzione spaziale dei punti stessi, né per valutare l'accuratezza del risultato ottenuto. Si è quindi deciso di raffittire la rete di GCP, scegliendo punti dalla cartografia tecnica numerica (CTN a scala 1:5000), portando a 42 il numero dei punti utilizzabili (Figura 2.sx).

Come ipotizzabile, da questa sperimentazione si sono ottenute immagini ortorettificate con un'accuratezza minore rispetto a quella descritta in letteratura (Toutin et al. 2002) a causa delle caratteristiche non ottimali del materiale a disposizione (Tabella 1). Sia dal controllo qualitativo (sovrapposizione dell'immagine ortorettificata alla CTN scala 1:5000 - Figura 2.dx -) che dal controllo quantitativo sui GCP si sono ottenuti risultati abbastanza soddisfacenti, ma non ottimali ai fini dell'aggiornamento del database topografico. Si è quindi deciso di procedere, nel prossimo futuro, realizzando una campagna di rilievo GPS (*Global Positioning System*) per determinare univocamente sull'immagine le coordinate dei GCP e per definirne una distribuzione uniforme sul territorio allo scopo di aumentare l'accuratezza dell'immagine ortorettificata e ridurre lo SQM, portandone l'entità a un valore inferiore al metro (Capra et al. 2007). Inoltre, si è pensato di realizzare test di ortorettifica su altre aree della Puglia attraverso immagini ad alta risoluzione, acquisite con un diverso angolo di off-nadir ($< 5^\circ$), per confrontare l'accuratezza dei risultati. Raggiunti i risultati di accuratezza prefissati, la metodologia di lavoro sarà estesa a tutti gli altri prodotti realizzati nell'ambito del progetto SIT, quali DTM, ortofoto, uso del suolo e cartografie tematiche, come la mappa delle aree percorse da incendio. Il tutto, riportato in un apposito protocollo di lavoro, permetterà l'aggiornamento continuo di tutti i contenuti informativi cartografici del progetto SIT.

	SQM orientamento (m) - GCP		SQM immagine ortorettificata (m) - CP	
	X	Y	X	Y
30 GCP e 12 CP	1.05	3.80	1.07	1.38
25 GCP e 17 CP	0.69	1.21	1.65	1.39
20 GCP e 22 CP	0.58	0.71	1.40	1.44

Tabella 1 – SQM (m) relativi all'orientamento dell'immagine e all'accuratezza del risultato finale al variare del numero dei GCP e dei CP, per le direzioni X e Y.

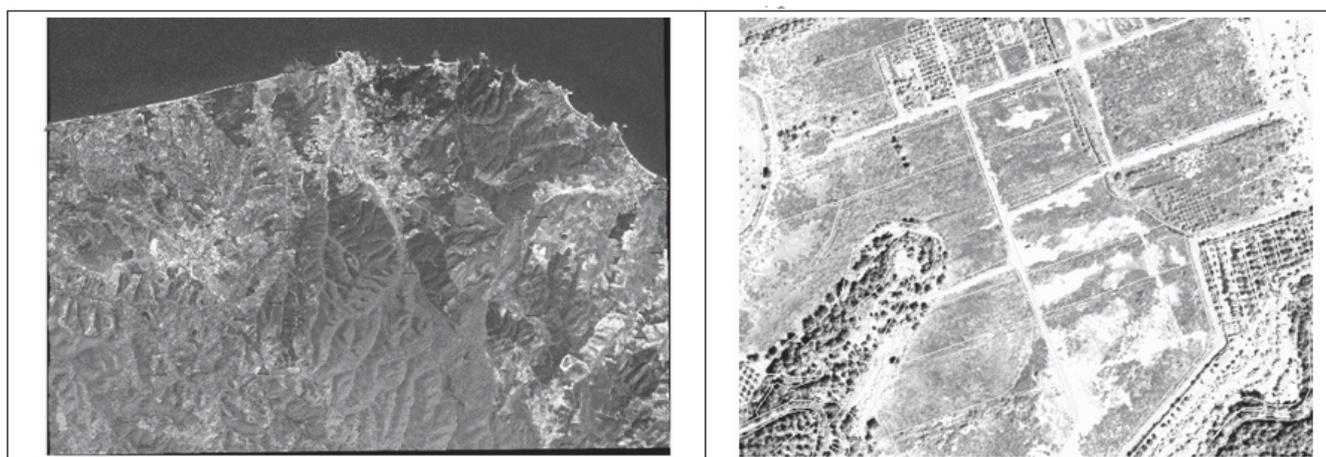


Figura 2 – sx. Distribuzione dei punti dx. Sovrapposizione dell'immagine ortorettificata con la cartografia vettoriale alla scala 1:5000

Bibliografia

- Capra A, Bertacchini E, Dubbini M, Immordino F, (2007). "Ortorettifica di immagini satellitari IKONOS della costa del Molise attraverso il modello DLT". Atti del convegno 2007.
- Dominici D, Feltrami G M, De Girolamo P. (2006). "Ortorettifica di Immagini satellitari ad alta risoluzione finalizzata al monitoraggio costiero a scala regionale", *Studi Costieri*, 11: 145-146.
- Toutin T, (2004). "Review article: Geometric Processing of remote sensing images: models, algorithms and methods". *International Journal of Remote Sensing*, 25 (10), pp. 1893-1924.
- Toutin T, Chérnier R, Carbonneau Y, 2002. "3D models for high resolution images: examples with QuickBird, IKONOS and Eros". *International Archives of ISPRS Symposium*. 43 (4), pp. 457-551

IL RILIEVO LASER SCANNER 3D DELLA TORRE CAMPANARIA DELLA PIEVE DI SANTA MARIA IN CASTELLO, DETTA “LA SAGRA”

Eleonora BERTACCHINI, Alessandro CAPRA, Cristina CASTAGNETTA, Marco DUBBINI

DIMEC –Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Civile– Università di Modena e Reggio Emilia, Via Vignolese 905,
41100 Modena, 059205(6295, 6188, 6298, 6297), (eleonora.bertacchini, capra.alessandro, cristina.castagnetti,
marco.dubbini)@unimore.it

Riassunto esteso

L'oggetto della ricerca è la realizzazione di un rilievo laser scanner 3D finalizzato al controllo della stabilità della struttura nel tempo e alla determinazione dell'inclinazione della torre campanaria (Fig.1). Le indagini servono altresì a rendere efficace e duraturo nel tempo un intervento di restauro indirizzato ad un oggetto di grande rilevanza storica e architettonica. La chiesa, risalente all'età longobarda, e la torre campanaria dell'undicesimo secolo, infatti, sono di particolare interesse storico in quanto esemplari di architettura romanica della pianura modenese. Inoltre, i due edifici sono inseriti all'interno della cinta muraria della città di Carpi e sono incorniciati da complessi storici di particolare pregio, quali per esempio il Palazzo dei Pio e il Palazzo della Pieve.



Fig. 1 –Torre della Sagra

riferimento locale, per mezzo di una poligonale chiusa di inquadramento e misure ridondanti.

Nel corso degli anni e in particolare nell'ultimo intervento di restauro del sito monumentale, risalente agli anni settanta-ottanta, l'attenzione è sempre stata rivolta all'antica pieve e prioritariamente alla conservazione e al recupero degli affreschi raffigurati negli interni. Perciò è poco il materiale che si ha a disposizione per il restauro dell'imponente torre. È stato effettuato quindi un rilievo con strumentazione laser scanner (Scanstation2, Leica Geosystem) delle facciate esterne e degli interni, corrispondenti a 8 vani, al fine di costituire un unico modello tridimensionale georeferenziato (Fig. 2 e 3).

Tutte le scansioni eseguite (8 scansioni esterne e 30 scansioni interne) sono state assemblate utilizzando sia target retroriflettenti comuni preventivamente posizionati, sia le coordinate di altri target determinate in un unico sistema di

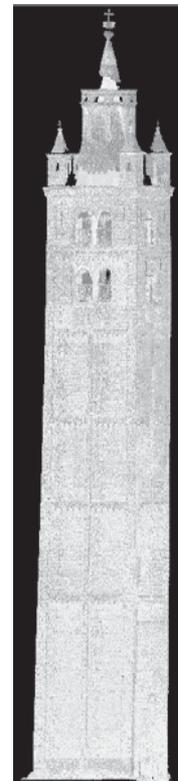


Fig. 2 – Scansione

I dati topografici sono stati acquisiti utilizzando una Stazione Totale Topcon GPT6001A. I dati sono stati compensati utilizzando il software STAR*Net. A partire dal rilievo sono state anche

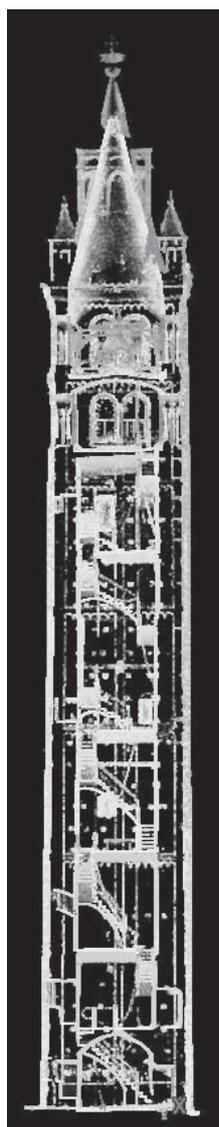


Fig. 2 – Veduta
scansione

realizzate ortofoto delle facciate della torre utilizzando per le prese una camera fotogrammetrica Rolleiflex P6006, con lo scopo principale di rappresentare la parte superiore della torre, essendo questa la parte con i minori dati laser a disposizione. Le prese sono state eseguite per mezzo di un cestello mobile.

La seconda fase dello studio, che avverrà nei primi mesi del 2009 consisterà nell'istituire una serie di strutture (pilastrini in cemento armato con centramento forzato in sommità) capaci di supportare misure di altissima precisione per la determinazione delle inclinazioni della torre nel tempo. Si vuole quindi mettere in atto un monitoraggio periodico per la determinazione delle deflessioni di due linee verticali significative.

Questo in relazione ai movimenti verticali del suolo legati al fenomeno della subsidenza che interessa l'intera Pianura Padana. In previsione infatti vi è anche la realizzazione di una rete di livellazione geometrica di alta precisione al fine di controllare i movimenti verticali della base della torre e della limitrofa Chiesa della Sagra.

Bibliografia

Bertacchini E., Capra A., Castagnetti C., Dubbini M., (2008), "Il Monitoraggio della Torre civica di Modena detta della "Ghirlandina"", *Atti Convegno Nazionale SIFET08*.

Balzani M., Scopino R., Uccelli F., "Il rilievo 3D per l'integrazione dei sistemi informativi di documentazione storica e di restauro della Cattedrale di Pisa e della Piazza dei Miracoli", (2008) *Il Cantiere della Conoscenza – Metodologie e strumenti per la conservazione ed il restauro*. Editore "Arte Tipografica Editrice" –Napoli- 343-364

ISBN 978-88-89776-84-1

MONITORAGGIO CONTINUO DELLA FRANA DEI BOSCHI DI VALORIA (APPENNINO MODENESE, ITALIA) TRAMITE INTEGRAZIONE GPS, STAZIONE TOTALE AUTOMATIZZATA E SENSORE INCLINOMETRICO

Eleonora BERTACCHINI (*), Alessandro CAPRA (*), Cristina CASTAGNETTA (*),
Marco DUBBINI (*), Alessandro CORSINI (**), Francesco RONCHETTI (**)

(*) DIMeC –Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Civile– Università di Modena e Reggio Emilia, Via Vignolese 905,
41100 Modena, (eleonora.bertacchini, capra.alessandro, cristina.castagnetti, marco.dubbini)@unimore.it

(**) DST –Dipartimento di Scienze della Terra– Università degli studi di Modena e Reggio Emilia, Largo S. Eufemia 19,
41100 Modena, (alessandro.corsini, francesco.ronchetti)@unimore.it

Riassunto esteso



Figura 1 –Frana di Valoria

La frana dei Boschi di Valoria, situata negli Appennini della regione Emilia Romagna (Figura 1), è costituita da un sistema complesso di movimenti rototraslativi, riattivatisi parzialmente o completamente diverse volte negli ultimi 60 anni (Ronchetti et al., 2007). Nel caso specifico non vi è un rischio immediato per la popolazione perché l'area di frana non coinvolge centri abitati.

Nonostante ciò la presenza di un fiume proprio a valle del fenomeno di conseguenza il rischio di esondazione dell'area e l'interruzione della viabilità con il progredire del movimento, rendono indispensabile lo studio accurato del fenomeno di dissesto idrogeologico tramite l'integrazione di misure di spostamenti superficiali ottenuti mediante rilievi con tecnica satellitare (GPS, *Global Positioning System*) e tradizionale (stazione totale robotizzata). La scelta di monitorare in modo completo e continuo con diverse tipologie di strumentazione, nasce dopo anni di studi su questo gigantesco complesso franoso del quale, però, ancora non si conosce il meccanismo di funzionamento e deformazione. Il sistema di monitoraggio è costituito da 45 prismi, di cui 40 posizionati nel corpo di frana e 5 in luoghi ritenuti stabili rispetto all'entità del fenomeno, utilizzati come riferimenti esterni e costantemente rivolti verso la stazione totale robotizzata (*TCA 2003 Leica*) posta anch'essa in zona esterna all'area di frana. A costituire la stazione *master*, si trova un ricevitore GPS doppia frequenza (*GMX 902 Leica*) rispetto al quale vengono elaborate le posizioni di 4 punti GPS dotati di ricevitori monofrequenza (*GMX 901 Leica*) e collocati in frana. A completamento della postazione *master* è stato installato un sensore inclinometrico (*Nivel210 Leica*) sul palo di sostegno della TCA, con la finalità di valutare l'effettiva stabilità del sito. Il sistema, pienamente operativo da Agosto 2008 (priorità è stata data all'installazione della TCA, Aprile 2008), è in acquisizione continua con gestione da remoto per lo scarico ed elaborazione dati. La messa in continuo del sistema è frutto di valutazioni dovute ad una sperimentazione precedente di tipo periodico (Novembre 2007 – Marzo 2008) eseguita presso il medesimo sito (Capra et al., 2008). Il sistema fino ad ora ha permesso di valutare su alcuni punti spostamenti fino a decine di metri al giorno nelle fasi più acute di riattivazione della frana e ciò ha reso ancora più urgente la progettazione di un sistema di allertamento e controllo remoto per tenere costantemente monitorato il fenomeno.

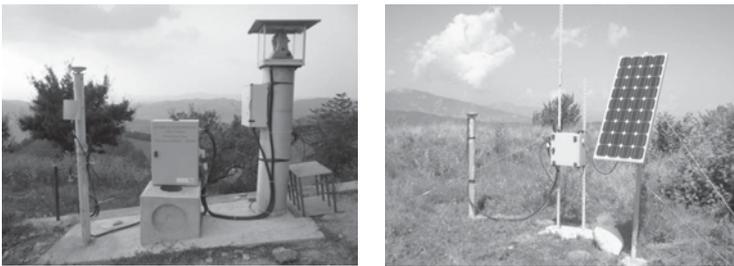


Figura 2 – Sistema integrato di monitoraggio: postazione master (sinistra); postazione rover (destra)

Il sistema è ancora in fase di collaudo e quindi necessita ancora della supervisione di un operatore che interpreti il dato per pianificare gli interventi e l'allertamento della popolazione. Una volta messo a punto, però, sarà in grado di gestire pre-allarmi e allarmi in maniera automatica, avvertendo le autorità competenti in caso di evento significativo nelle zone a

rischio. Gli spostamenti più significativi sono stati riscontrati nel 2007, in corrispondenza del periodo autunnale, per mezzo di monitoraggio periodico.

Nel periodo primaverile del 2008 la frana sembra essersi stabilizzata, probabilmente in virtù dell'inverno poco nevoso e della scarsità di piogge. Dai risultati del monitoraggio continuo estivo è emerso un fenomeno inatteso che ha messo in dubbio l'ubicazione della postazione *master*: secondo i passati studi geologici dell'area franosa, il sito potrebbe essere ritenuto con ragionevole certezza geologicamente stabile, ma fenomeni di ritiro estivo del terreno dovuto alla scarsa piovosità primaverile, congiuntamente all'assestamento della postazione e in particolare del basamento in cemento armato (di recente costruzione rispetto a resto dell'area) hanno provocato movimenti del

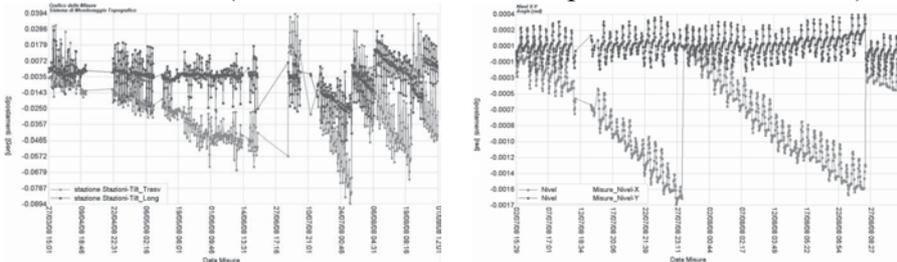


Figura 3 – Movimento riscontrato nell'area geologicamente stabile dalla TCA (sinistra) e dall'inclinometro (destra)

sito confermati sia dalla TCA sia dal sensore inclinometrico (Figura 3). Si può notare da entrambi i grafici come in breve tempo (circa 2-3 mesi) sia stato necessario rimettere in bolla più volte gli strumenti per permetterne il corretto funzionamento e

la misura (limite: TCA, 0.08Gon; Nivel, 0.0012rad). Una valutazione più precisa sull'eventuale andamento ciclico stagionale degli spostamenti e la conferma della teoria ipotizzata in prima istanza si avrà dall'analisi delle serie temporali della master GPS. È in atto l'elaborazione di sessioni giornaliere della stazione rispetto alla stazione permanente EUREF MOPS, a circa 50 km. Attualmente non si può ancora concludere nulla perché la master GPS è operativa solamente dal 28 Luglio 2008. L'immediato futuro vedrà lo studio approfondito del dato GPS, tramite il quale si potrà dare spiegazione al fenomeno e calcolare le velocità del moto, se si riterrà significativo ai fini delle misure. Con questo parametro sarà possibile depurare tutte le misure effettuate dalla componente di movimento della master, che non deve erroneamente essere interpretata come movimento del punto in frana.

Bibliografia

- Capra A., Corsini A., Bertacchini E., Borgatti L., Castagnetti C., Cervi F., Dubbini M., Ronchetti F. (2008), "Monitoring active earth slides failure dynamics by means of an integrated GPS-automatic total station approach", *Convegno EGU General Assembly*.
- Ronchetti F., Borgatti L., Cervi F., Lucente C.C., Veneziano M., Corsini, A. (2007), "The Valoria landslide reactivation in 2005-2006 (Northern Apennines, Italy)", *Landslides (Springer)*, 4(2): 189-195.