

VALUTAZIONE DEI DANNI PROVOCATI DA EVENTI SISMICI MEDIANTE IMMAGINI TELERILEVATE

Valerio BAIOCCHI (*), Raffaella BRIGANTE (**), Fabio RADICIONI (**)

* DITS – Area di Geodesia e Geomatica, “Sapienza”, Università di Roma, Roma, Italia
valerio.baiocchi@uniroma1.it

**Università degli Studi di Perugia - Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Perugia, Italia
topos@unipg.it

Riassunto

La disponibilità di immagini satellitari stereo ad alta risoluzione consente di effettuare nuove applicazioni, tra cui l'estrazione di modelli digitali del terreno, la restituzione stereoscopica, nonché la possibilità di valutare cambiamenti e trasformazioni di aree a seguito di eventi catastrofici quali ad esempio quelli sismici. In quest'ultimo caso ovviamente, come in tutti gli studi di monitoraggio, si ha la necessità di effettuare dei confronti rispetto a delle situazioni antecedenti l'evento.

La tecnica fotogrammetrica può fortunatamente contare su numeroso materiale d'archivio, come ortofoto o fotogrammi aerei, consultabile e disponibile a prezzi relativamente bassi.

In questo lavoro viene illustrata una sperimentazione tesa a verificare le reali possibilità di utilizzo di immagini satellitari Ikonos per la valutazione dei cambiamenti causati da un evento sismico accaduto nel settembre del '97 nell'Italia centrale e che ha causato numerosi danni in diversi centri abitati della zona. Come confronto è stato utilizzato del materiale fotogrammetrico (ortofoto e fotogrammi aerei) della stessa zona realizzato negli anni antecedenti al sisma. Dal confronto, planimetrico e altimetrico, è stato possibile evidenziare delle variazioni nel tessuto urbano, come presenza di nuove costruzioni, cambiamenti della sede stradale, aree con diverso uso del suolo, ecc.

Abstract

The recent actual availability of stereopairs from high resolution satellite platform for civil users, disclose new possible fields of application as the automatic extraction of digital models of the surface (DSM), the stereoscopic restitution, as well as the possibility to appraise changes and transformations of areas following catastrophic events as, for instance, those seismic. In this last case obviously, as for all the monitoring studies, it's necessary to compare present situation to the pre seismic one.

The pre seismic situation can be advantageously extracted by classic photogrammetric techniques based on aerial frames, that are available in archives managed by photogrammetric companies and local government agencies.

In this paper is illustrated a first experimentation to verify the real possibilities of use high resolution satellite imagery acquired by the Ikonos platform, to evaluate the DSM variation caused by a seismic event happened in September of the '97 in Umbria (central Italy) and that caused numerous damages in different towns of the area. The DSM obtained will be compared with another model extracted (with the same techniques) from aerial imagery acquired before the event.

Introduzione

L'area in oggetto è caratterizzata da dorsali montuose piuttosto elevate sul versante orientale, ma anche da ambiti collinari e dalle piane fluviali del Topino e dell'affluente Menotre, con quote variabili tra i 300 e i 1200 m sul livello medio del mare. Sono presenti piccoli agglomerati urbani, costituiti per lo più da edifici a due - tre piani e qualche zona industriale con ampi capannoni. Il 26

settembre del 1997 è iniziata una crisi sismica, durata fino ai primi mesi del 1998, che ha colpito diversi comuni, a partire da quelli di Colfiorito e Cesi, con varie repliche di notevole intensità, in particolare quella del 14 ottobre 1997 che ha colpito il territorio di Sellano e Preci. Le aree investite dagli eventi sismici interessano gran parte del territorio regionale umbro, con danni soprattutto nelle zone della catena appenninica, nei comuni di Colfiorino, Tesina, Sostino, La Franca.

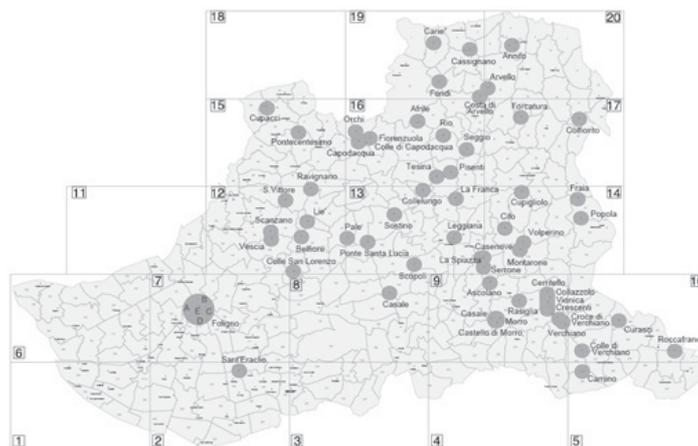


Figura 1 – Comuni maggiormente colpiti dal sisma

Per ognuno dei Comuni interessati, dopo aver effettuato rilievi particolareggiati, sono stati redatti programmi integrati di recupero, prevedendo il rifacimento degli edifici distrutti e la ristrutturazione di quelli danneggiati.

Con questo lavoro si vuole cercare di individuare le modificazioni avvenute nel territorio comunale, urbano ed extra urbano, a seguito degli eventi sismici del 1997, sfruttando la tecnica fotogrammetrica, in particolare mettendo a confronto delle immagini satellitari riprese nel 2006 dal satellite Ikonos, rappresentanti la situazione post sisma, e delle immagini aeree d'archivio del 1977 della stessa zona. Oltre ad un confronto planimetrico si vuole indagare l'altimetria, relazionando due DEM ottenuti con le suddette immagini.

Materiale e metodologie utilizzate

La situazione attuale è stata ricavata mediante delle immagini stereo Ikonos pancromatiche, cioè con risoluzione geometrica pari ad 1 m, ad 11 bit, del tipo Standard Geometrically correct, aventi geometria pseudo epipolare, con le quali è stata generata un'ortofoto ed è stato estratto un DEM mediante il modello rigoroso, implementato nel software PCI Geomatica OrtoEngine. I punti di appoggio, necessari per la creazione del modello fotogrammetrico, sono stati misurati mediante rilievo GPS in modalità NRTK e in modalità statico rapido. Il DEM ottenuto è stato validato mediante confronti con i punti di controllo, con punti quotati della Carta Tecnica Regionale e con tracciati cinematici rilevati durante le campagne di misura dei punti di appoggio, ottenendo una precisione dell'ordine dei 2-4 m in altimetria; per l'ortofoto, invece, la precisione planimetrica è risultata complessivamente inferiore alla dimensione del pixel, quindi inferiore al metro.

La situazione antecedente al sisma, invece è stata ricavata con delle immagini aeree d'archivio del 1977 in bianco e nero alla scala 1:33000, e a colori alla scala 1:13000, riprese dalla camera aerea Wild RC10, di cui si dispone di certificato di calibrazione, scansionate con Scanner fotogrammetrico Vexcel UltraScan 5000 a 1200 dpi. Tramite il software Socet Set della ditta Bae System è stato creato il modello fotogrammetrico, un modello digitale del terreno e delle ortofoto rappresentativi dell'area di studio così com'era trenta anni fa.

Come ulteriore materiale di confronto si è consultata un'ortofoto a colori della stessa zona del 1999, periodo in cui i danni causati dagli eventi sismici suddetti sono maggiormente visibili, in quanto gli edifici distrutti all'epoca non erano ancora stati ricostruiti.

Il confronto in planimetria è stato effettuato mediante il software Socet Set, eseguendo un *change detection* tra le ortofoto del 2006 e del 1977, mentre in altimetria si è operato in ambiente GIS effettuando “sottrazioni” tra DEM, confronti tra DEM e rilievi cinematici e sezioni verticali in determinate posizioni. E' importante comunque considerare che il confronto è avvenuto tra immagini molto diverse fra loro in termini di risoluzione geometrica, radiometrica e di intervallo temporale. Si è dovuto infatti eseguire una serie di elaborazioni delle due immagini (*matching* degli istogrammi di grigio, etc.) in modo tale da renderle radiometricamente quanto più simili possibile. Il *change detection* si basa, secondo quanto riportato nella documentazione del software, su un algoritmo di sottrazione pixel per pixel; i cambiamenti più elevati saranno evidenziati con una colorazione molto chiara o molto scura, mentre ciò che è rimasto invariato avrà una colorazione grigio uniforme.

Risultati

Il confronto planimetrico ha messo chiaramente in luce i cambiamenti avvenuti sia a causa del sisma, sia a causa di una forte espansione urbanistica della zona in oggetto. Infatti, come mostrato nelle figure 2 e 3, sono ben visibili gli edifici di nuova costruzione, le variazioni dei tracciati stradali e i nuovi usi del suolo, in particolare nelle zone extra urbane.



Figura 2 - partendo da sinistra: 1977, 2006, change detection: presenza di nuovi edifici

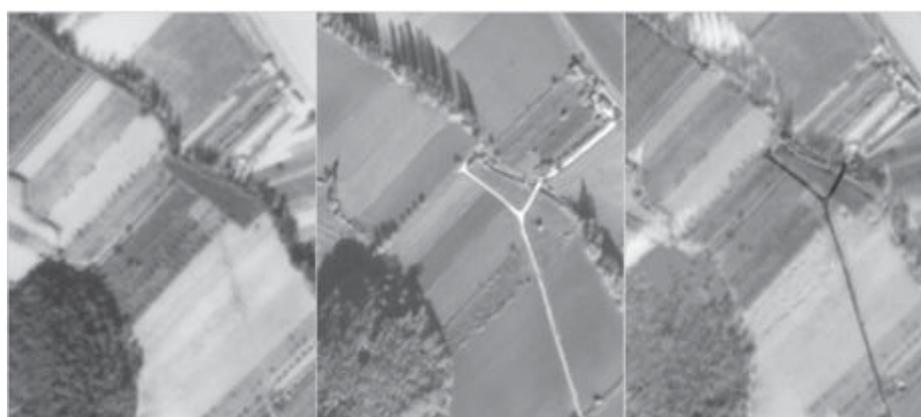


Figura 3 - partendo da sinistra: 1977, 2006, change detection: nuova strada in nero sulla destra

Allo stesso modo sono facilmente individuabili gli edifici presenti nel 1977 e distrutti dal sisma del 1996.



Figura 4 - partendo da sinistra: 1977, 2006, change detection: edificio distrutto nel riquadro

La documentazione fornita dal Comune di Foligno ha confermato i risultati ottenuti.

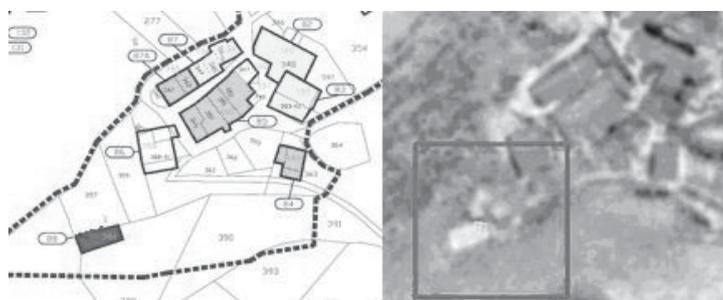


Figura 5 - Edificio distrutto in rosso sul rilievo e in bianco sul change detection

Laddove il *change detection* non rileva significativi cambiamenti, può essere di ausilio la differenza tra i DSM, tenendo comunque presente che le variazioni di quota riscontrate potrebbero essere causate anche da altri fattori e non esclusivamente dal sisma, in quanto il periodo di tempo intercorso tra le due prese (aerea e satellitare) risulta essere troppo ampio.

Come esempio vengono riportati i risultati ottenuti per un'area urbanizzata del Comune di Colfiorito sulla quale il *change detection* non rivelava particolari cambiamenti, e la cui situazione è riassunta in figura 6.

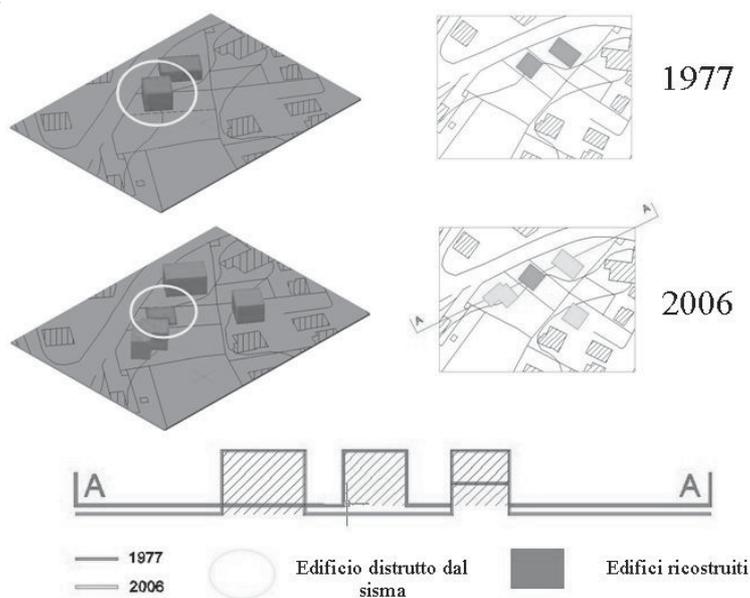


Figura 6 – Edificio cerchiato distrutto dal sisma

Nella stessa area il confronto di DSM evidenzia variazioni volumetriche positive e negative (comprese tra 5 e 10 m sia per la precisione dei DSM che per l'altezza degli edifici), dove con positive saranno evidenziate le volumetrie esistenti prima del sisma e non più esistenti nel 2006.



Figura 7 - La stessa area sulle immagini aeree del 1977, sull'immagine satellitare del 2006 e con le variazioni tra i DSM (in rosso positive, in blu negative)

Nella figura a destra si possono notare in rosso zone che rappresentano effettivamente l'edificio distrutto dall'evento e in blu edifici costruiti successivamente e non presenti prima del sisma. Un altro esempio è riportato nella figura 8:

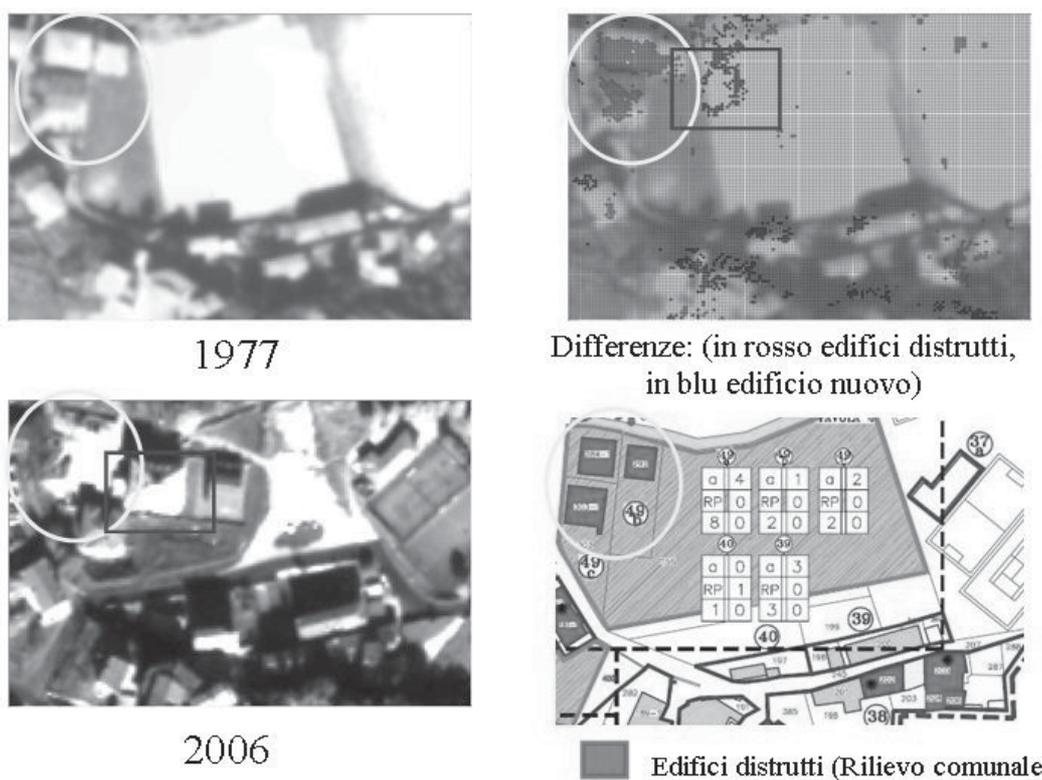


Figura 8 - Tre edifici presenti nel 1977, distrutti dal sisma ed evidenziati nell'ovale con variazioni tra i DSM negative; in blu nuovo edificio

Conclusioni

La sperimentazione in oggetto ha mostrato che gli algoritmi di *change detection* individuano molte delle variazioni avvenute nei centri edificati, tenendo conto che la ripresa post-terremoto, effettuata circa 10 anni dopo l'evento, non è sufficientemente rappresentativa delle conseguenze immediate del sisma; molti edifici sono infatti stati ricostruiti. Il lavoro ha comunque consentito di mettere in luce le variazioni del tessuto urbano e stradale, soprattutto in planimetria, tramite un semplice confronto di due ortofoto della stessa zona riferite ad epoche differenti. Sicuramente risultati

migliori sarebbero stati ottenuti avendo a disposizione delle immagini riprese in un intervallo temporale ristretto a cavallo del sisma, in modo tale da avere una documentazione fotogrammetrica della reale situazione pre e post-terremoto. Le stesse considerazioni possono essere fatte per l'altimetria. Il confronto di DSM ha permesso comunque di evidenziare variazioni non facilmente rilevabili con i soli algoritmi di *change detection*. A tal proposito resta da investigare l'influenza dei differenti algoritmi di estrazione di DSM utilizzati con le foto aeree e satellitari.

E' comunque importante sottolineare che è stato possibile confrontare dati iniziali molto diversi fra loro, elaborati separatamente con software diversi, ottenendo importanti informazioni sulle modifiche avvenute nel corso degli anni e soprattutto a seguito del sisma. Le immagini satellitari diventano quindi un utilissimo strumento oltre che per la generazione di ortofoto di ampie zone, con la possibilità di aggiornare la cartografia esistente o di crearne una nuova, anche per l'individuazione dei cambiamenti dell'edificato, riuscendo come in questo caso ad identificare edifici non più presenti.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Comune di Foligno per aver fornito i programmi di recupero di tutti i comuni interessati dal sisma del 1996 e la Regione dell'Umbria per aver messo a disposizione i fotogrammi d'archivio del 1977.

Riferimenti bibliografici

- Baiocchi, V., Crespi, M., De Vendictis, L. & Giannone, F. 2004. A new rigorous model for the orthorectification of synchronous and asynchronous high resolution imagery, *In Proceedings of the 24th EARSeL Symposium*, Dubrovnik (Croatia): 461-468.
- Jacobsen, K., 2002. Mapping with IKONOS images. *In Proceedings of the 22th EARSeL Symposium*, Prague,: 98-104.
- Fraser, C.S., Baltsavias, E. & Gruen, A. 2002. Processing of Ikonos imagery for submetre 3D positioning and building extraction. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 56, February: 177– 194.
- Toutin, T., Chénier, R. & Carbonneau, Y., 2002. 3D models for high resolution images: examples with Quickbird, Ikonos and EROS. *Proceedings of ISPRS Commission IV Symposium, Joint International Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, July 8-12-2002*: 547-551.
- Toutin, T., 2004. Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods (review paper). *International Journal of Remote Sensing*, 25 (10): 1893-1924.
- Zhang L., 2005. Automatic Digital Surface Model (DSM) Generation from Linear Array Images. *PhD Dissertation, Institute of Geodesy and Photogrammetry*. ETH Zurich, ISBN 3-906467-55-4