

Aspetti metodologici di analisi multi temporale, integrata con GPS e stazione totale robotizzata e modelli previsionali per la valutazione di movimenti franosi in località San Giuliano e Colletorto.

Luciano Blois (*), Cristiano Blois (**), Michele Caponi (**)

(*) Università Telematica Guglielmo Marconi - Via Plinio, 44 - 06193 Roma- Italy –
Tel.: +39-06-377251 – Email: Info@Unimarconi.It

(**) Laboratorio Di Ricerca Altamente Qualificato Iride S.R.L. – Via Luigi Catanelli, 26 – 06123 Perugia (Pg) -Italy -
Tel.: +39-5990021 - Email: info@iridelab.it

In questo lavoro, è proposto lo studio dell'evoluzione delle frane di San Giuliano e Colletorto in provincia di Campobasso, attraverso l'utilizzo di un archivio storico di immagini fotogrammetriche e l'installazione di una innovativa rete di monitoraggio in tempo reale costituita da stazioni GPS installate all'interno delle frane e stazioni robotizzate. I fotogrammi storici acquisiti nelle date 1954 (scala 1:34.000), 1977 (1:26.000) , 1991 (1:34.000) and 2003 (1:26.000), sono stati co-registrati nello stesso sistema di riferimento, individuando punti omologhi di controllo nei modelli multi temporali. Sono stati prodotti due DTMs usando un foto restitutore digitale e comparati ottenendo il DEM differenza.

Abstract –

The evolution of the San Giuliano (CB) e Colletorto (CB) landslides, a deep-seated gravitational slope deformation, was investigated using archival photogrammetry, and an innovative real time system monitoring with GPS observations from a several permanent station located inside the landslide and robotic station. Historical aerial photographs of the area taken in 1954(scale 1:34.000), 1977 (1:26.000) , 1991 (1:34.000) and 2003 (1:26,000) were co-registered into the same reference frame using a method based on the detection of homologous control points in multi-temporal models. Two DTMs were produced using a Digital Photogrammetric Workstation and compared.

Introduzione

Lo studio di tecniche integrate per il controllo di eventi di frana è un obiettivo di straordinaria importanza per la protezione civile, al fine di evitare il verificarsi di disastri naturali. Pertanto sono stati effettuati enormi sforzi per investigare le cause e i meccanismi alla base del fenomeno di frana. In questo articolo, è stata studiata l'evoluzione cinematica delle frane in esame attraverso una ricostruzione multi temporale basata sull'elaborazione di immagini fotogrammetriche acquisite da archivi storici. In particolare, sono state acquisite immagini in quattro istanti temporali che vanno dal 1954 al 2003. Dalla ricostruzione dei rispettivi DTM è risultato un evidente spostamento tra il 1954 e il 1977, mentre nelle successive date non è stato riscontrato un movimento significativo, ma prevalentemente opere di sistemazione. Pertanto, nel presente articolo, si riportano i risultati ottenuti (DEM differenza e calcolo del volume della massa in movimento) dal confronto dei due DTM (1954 e 1977). I risultati dell'analisi multi temporale mettono in risalto l'intervallo di tempo in cui il movimento si è attivato ed è progredito, la tipologia del movimento di massa con la sua geometria di superficie ed in profondità. A partire dallo studio multi temporale delle frane, si è passati allo studio, la progettazione e l'installazione di apparecchiature e Sistemi di Monitoraggio integrati in continuo con controllo remoto di aree in frana, tramite strumentazione satellitare GPS e

Stazioni Robotiche Automatiche (TPS). L'analisi multi temporale finalizzata alla ricostruzione dell'evoluzione dei due movimenti franosi, antecedentemente all'installazione delle reti di monitoraggio in continuo, è stata effettuata tramite i metodi classici della restituzione aerofotogrammetrica dei fotogrammi georeferenziati Gauss Boaga disponibili presso l'IGM. Le TPS installate effettuano cicli di misura, opportunamente organizzati ed organizzabili in qualsiasi momento da remoto dall'utente, misurando in sequenza prima i PRISMI posizionati sui PUNTI DI RIFERIMENTO, poi i PRISMI posizionati sui PUNTI di MONITORAGGIO. In particolare sono state installate N.2 Stazioni Robotiche, N.6 Stazioni GPS di Monitoraggio di cui N.1 Stazione con funzione di Master, N° 7 Sistemi di Comunicazione W-LAN per il controllo e la gestione dei sensori in campo, N° 5 Sistemi di Comunicazione GSM/GPRS per la remotizzazione delle MU (Master Unit PC) in sito e delle 2 Stazioni Robotiche (in figura 2 è riportato uno schema di installazione della rete di Colletorto). Per la gestione del Sistema di Monitoraggio sono stati installati Programmi Applicativi dedicati alla gestione, controllo e supervisione dei Siti di Monitoraggio GPS di Colletorto e di San Giuliano, nonché al processamento ed elaborazione in automatico dei dati, con successiva archiviazione e visualizzazione. Il programma principale per la gestione dei sensori GPS è rappresentato dal Software LEICA SPIDER, il quale consente di gestire completamente in automatico ciascuna delle Stazioni GPS delle Reti di Monitoraggio progettate con il controllo dei principali parametri di stato e di funzionamento, di procedere e garantire lo scarico continuo in modalità "streaming" dei dati di misura con routine e procedure di sicurezza per la garanzia dell'incolumità del dato, di procedere all'elaborazione in modalità di post processing delle Stazioni di Monitoraggio e di archiviare su Database dedicato sia i dati grezzi delle misure che i risultati delle elaborazioni effettuate. Il programma principale per la gestione delle Stazioni Robotiche è rappresentato dal Software LEICA GEOMOS, piattaforma universale per la gestione dei ricevitori TPS.

Analisi multitemporale

I risultati dell'analisi multi temporale mettono in risalto l'intervallo di tempo in cui il movimento si è attivato ed è progredito, la tipologia del movimento di massa con la sua geometria di superficie ed in profondità. Lo studio è finalizzato alla analisi multi temporale dei due movimenti franosi nati ed evoluti nel tempo, antecedentemente all'installazione delle reti di monitoraggio in real time. I fotogrammi storici individuati sono:

1954 ripresa aerea in bianco/nero a quota 5700 metri – scala foto 1:34.000

1977 ripresa aerea in bianco/nero a quota 4600 metri – scala foto 1:26.000

1991 ripresa aerea in bianco/nero a quota 5700 metri – scala foto 1:34.000

2003 ripresa aerea in bianco/nero a quota 4600 metri – scala foto 1:26.000

I fotogrammi sono stati acquisiti con fotocamere analogiche, che producono diapositive (23 x 23 cm) trasformati successivamente in immagini digitali tramite l'utilizzo di scanner aerofotogrammetrici di proprietà dell' I.G.M. il quale acquisisce immagini a 1200 d.p.i con la precisione di un micron. La precisione è quindi quantificabile mettendo in relazione la dimensione del singolo pixel con la corrispondente misura a terra. Stabilito che a 1200 d.p.i la dimensione del singolo pixel sul fotogramma corrisponde a 21 micron, alle diverse scale corrisponde la misura del pixel sul terreno:

Foto a 2600 di scala....pixel a terra = 55 cm

Foto a 3400 di scala....pixel a terra = 72 cm

I fotogrammi aerei sono stati orientati (modelli stereoscopici) utilizzando un numero significativo di punti di controllo comuni a tutti i fotogrammi e posizionati al di fuori delle aree in frana, al fine di ottenere un riferimento relativo univoco e quindi il confronto metrico e foto interpretativo fra i vari anni.

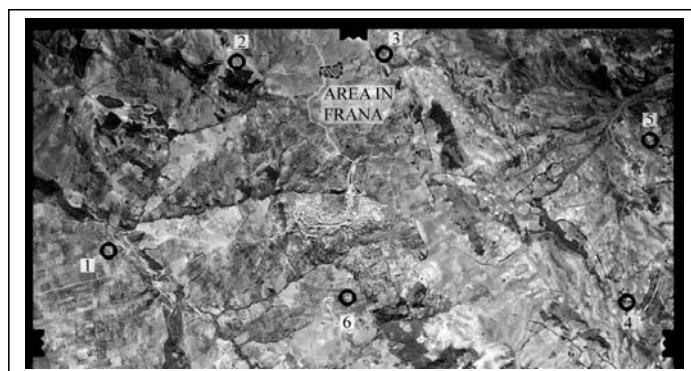


Figura 1 – Distribuzione punti di controllo e ubicazione area in frana (Colletorto)

Rete di monitoraggio in Real Time

A partire dall'analisi multi temporale delle frane, si è passati allo studio, la progettazione e l'installazione di apparecchiature e Sistemi di Monitoraggio integrati in continuo con controllo remoto. Le due "sottoreti" di sensori GPS e Stazioni Robotiche, opportunamente configurate, registrano in continuo l'acquisizione di dati GPS e la misura con Stazioni Robotiche di punti dislocati nelle aree di interesse, la loro elaborazione e la successiva trasmissione ad un Centro Unico di Gestione e Controllo (CRED). Per ciascuna rete è stata installata una stazione GPS Reference. Per la stazione di riferimento è stato previsto l'installazione del sensore GRX1200PRO GG e della antenna Choke-Ring, che rappresenta lo stato dell'arte per Stazioni di Riferimento GPS Permanenti. Le specifiche esigenze di realizzare un sistema monitoraggio in continuo portano naturalmente a scegliere un'architettura di sistema con trasmissione diretta e continua dei dati. Tutti i punti di misura saranno pertanto dotati di apparati W-LAN che consentiranno di comunicare direttamente con MU (Master Unit) in sito. In particolare è stato installato un Acces Point nelle stazioni MU e dei client per ogni stazione di monitoraggio ROVER. Le Stazioni di monitoraggio sono rappresentate da Sensori GPS a Doppia Frequenza che rappresentano lo stato dell'arte per ciò che riguarda i ricevitori per Stazioni GPS di Monitoraggio ad elevate prestazioni in ambito di applicazioni per il monitoraggio. Le tecnologie installate garantiscono la possibilità di disporre delle misure di Monitoraggio completamente in Automatico ed in continuo, con una sequenza predefinita configurabile dall'Utente o modificabile da remoto in funzione delle esigenze. Le Stazioni Totali Robotizzate consentono di effettuare le misure utilizzando dei Prismi Speciali per il Monitoraggio con la più elevata precisione, in continuo o a Cicli con cadenza programmata. Le Stazioni Totali Robotizzate effettuano Cicli di misura, opportunamente organizzati ed organizzabili in qualsiasi momento da remoto dall'utente, misurando in sequenza prima i PRISMI posizionati sui PUNTI DI RIFERIMENTO, poi i PRISMI posizionati sui PUNTI di MONITORAGGIO (circa 60 punti dislocati all'interno dell'area in frana). Per la gestione delle misure GPS è stato installato il Software LEICA SPIDER che, opportunamente configurato, consente di gestire completamente in automatico ciascuna delle Stazioni GPS delle Reti di Monitoraggio progettate con il controllo dei principali parametri di stato e di funzionamento, di procedere e garantire allo scarico continuo in modalità "streaming" dei dati di misura con routine e procedure di sicurezza per la garanzia dell'incolumità del dato, di procedere all'elaborazione in modalità di post processing delle Stazioni

di Monitoraggio e di archiviare su Database dedicato sia i dati grezzi delle misure che i risultati delle elaborazioni effettuate.

Le principali caratteristiche e funzionalità di "LEICA SPIDER" sono:

- ! Controllo dei ricevitori GPS
- ! Ricezione da ciascun ricevitore dei dati grezzi
- ! Monitoraggio dei ricevitori GPS e possibilità di intervento sui singoli parametri di acquisizione delle singole stazioni GPS
- ! Verifica e controllo di qualità dei dati ricevuti
- ! Segnalazione di eventuali errori dei dati ricevuti
- ! Gestione dei dati grezzi e generazione prodotti in formato RINEX
- ! Calcolo delle Baseline
- ! Registrazione dello stato e degli eventi di ciascun ricevitore GPS
- ! Segnalazione di allarmi su eventi occorsi con invio di messaggi (e-mail, etc)
- ! Visualizzazione Planimetrica della posizione delle Stazioni GPS

Il programma principale per la gestione delle Stazioni Robotiche è rappresentato dal Software LEICA GEOMOS, piattaforma universale per la gestione dei ricevitori TPS. Il Sistema software di analisi e post-elaborazione "a valle" dei sistemi di gestione Spider & GeoMoS è stato installato su PC dedicato presso il Centro di Controllo Operativo (CRED) consente l'archiviazione dei dati provenienti da ogni sito di monitoraggio e da ogni tipologia di sensore installato, la successiva post-elaborazione con conseguente generazione di un UNICO DATABASE RELAZIONALE delle misure. Il software "Leica Analysis Automatico" è stato progettato per funzionare in modalità completamente automatica, caratteristica che lo rende particolarmente adatto per tutte le applicazioni di MONITORAGGIO IN CONTINUO di aree locali soggette a deformazione. Principale caratteristica è la visualizzazione e l'analisi dei nuovi cicli di misura rispetto ad un ciclo di riferimento, con la possibilità di graficizzare nella medesima schermata le informazioni relative a uno o più punti contemporaneamente. Consente inoltre la visualizzazione su mappa della posizione planimetrica dei punti di monitoraggio con indicazione del vettore planimetrico di spostamento e del suo trend storico.

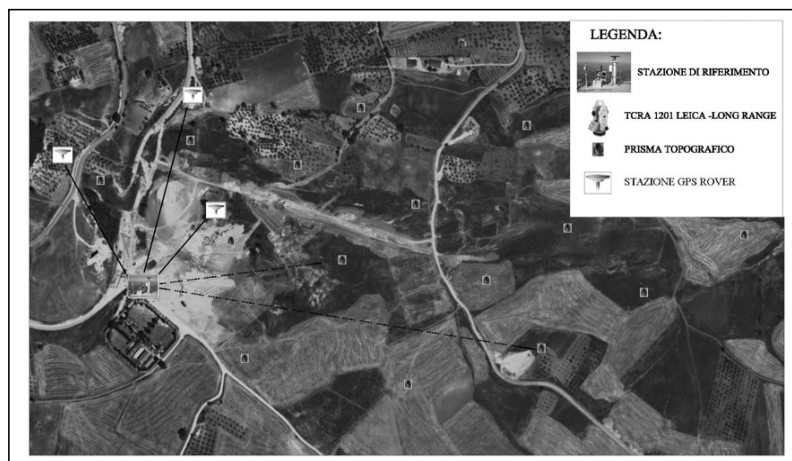


Figura 2 – Schema di installazione frana (Colletorto)

Risultati

Attraverso l'analisi multi temporale, è stato possibile individuare l'evoluzione della frana attraverso la generazione dei DTMs nei vari istanti temporali e la loro comparazione. Il confronto tra i DTM è stato possibile grazie all'individuazione di un numero significativo di punti di controllo comuni a tutti i fotogrammi. Di seguito si riportano i risultati ottenuti per la frana di Colletorto. In particolare, dalla generazione dei DEM differenza è stato evidenziato un significativo movimento confrontando il DTM del 1954 con quello del 1977, mentre nei successivi intervalli temporali non sono emersi movimenti significativi. In figura 3 si riportano le immagini orto rettificate (1954 e 1977) e i relativi rilievi aerofotogrammetrici. E' presente uno slittamento a valle della strada rilevabile dalla semplice fotointerpretazione e modifica altimetrica evidenziata dalla restituzione fotogrammetrica (vedi modifica isoipse). Dalla sovrapposizione dei DTM (figura 4) generati dai dati numerici ricavati dai rilievi fotogrammetrici è stato possibile calcolare il volume della massa in movimento, che è risultato pari a 18.098,50 mc.

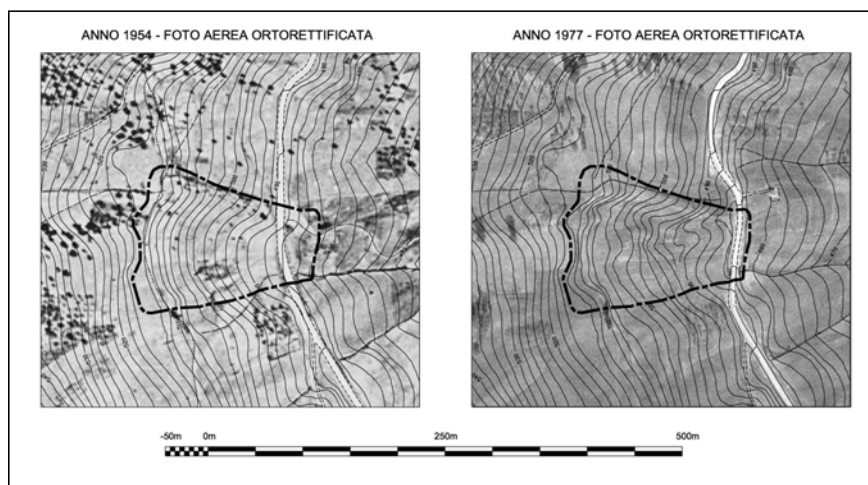


Figura 3 – Ortofoto e Rilievo Aerofotogrammetrico area in frana (Colletorto)

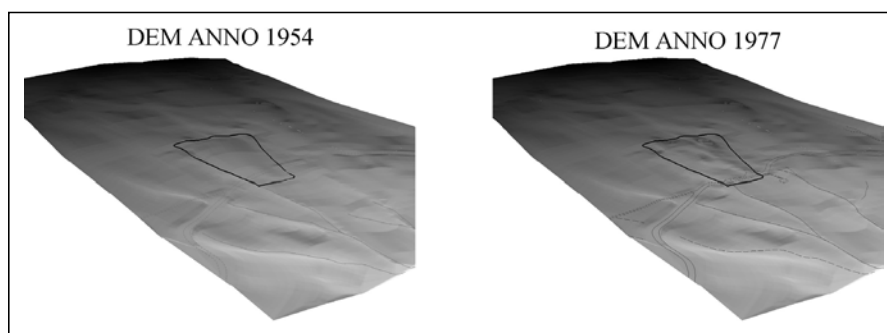


Figura 4 – DTMs area in frana (Colletorto)

In figura 5 è rappresentato il DEM differenza ottenuto dalla comparazione dei DTM come descritto sopra.

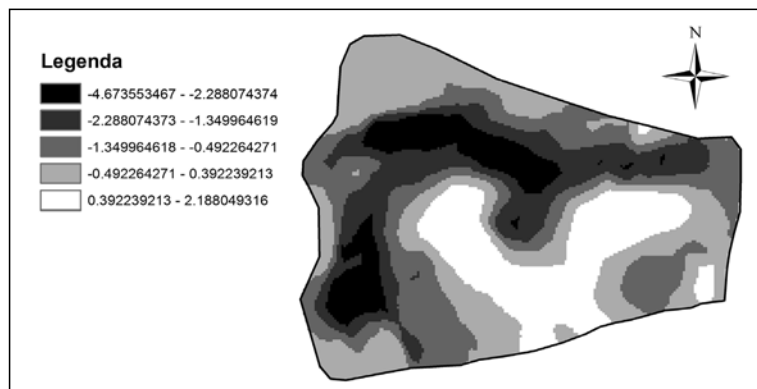


Figura 5 – DEM differenza (1954-1977) in frana (Colletorto)

Sulla base delle misure discrete effettuate attraverso la rete di monitoraggio, sarà possibile individuare in automatico dei vettori di spostamento dei singoli punti misurati e le eventuali anomalie.

Conclusione

E' stato proposto un metodo basato sulla ricostruzione e caratterizzazione di un evento di frana attraverso una analisi multi temporale ottenuta dalla elaborazione di fotogrammi storici relativi a differenti istanti temporali. L'analisi multi temporale ha permesso di ottenere la massa volumica e l'area coinvolta dal fenomeno di frana. A partire dai risultati ottenuti, è stata studiata e progettata una rete di monitoraggio geodetica in grado di fornire in real time i vettori di spostamento dei punti controllati. In particolare, la rete geodetica di Colletorto è costituita da una stazione Reference GPS e da 3 stazioni ROVER in streaming continuo.

Riferimenti bibliografici

E. Brückl, F.K. Brunner , K. Kraus (2006), Kinematics of a deep seated landslide derived from photogrammetric" ELSEVIER, Engineering Geology 88 (2006) 149–159

Arianna Pesci (1), Paolo Baldi (2), Alessandro Bedin (3), Giuseppe Casula (1), Nicola Cenni (2), Massimo Fabris (3), Fabiana Loddo (1), Paolo Mora (4) and Massimo Bacchetti (2), "Digital elevation models for landslide evolution monitoring: application on two areas located in the Reno River Valley (Italy)," ANNALS OF GEOPHYSICS, VOL. 47, N. 4, August 2004

Giordano Teza , Arianna Pesci b, Rinaldo Genevois a, Antonio Galgaro "Characterization of landslide ground surface kinematics from terrestrial laser scanning and strain field computation. Res., ELSEVIER, Geomorphology 97 (2008) 424–437

Cristina Squarzonil, Antonio Galgaro1, Rinaldo Genevois1, Francesco Paoli1, Roberto Francesel, Luigi Veronese 2, Paolo Campedel 2, "A multidisciplinary approach to landslide modelling: the case of Campodenno, north-eastern Alps, Italy", Giornale di Geologia Applicata 3 (2006) 257-262, doi: 10.1474/GGA.2006-03.0-33.0126