



MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITA' E DELLA RICERCA

Programmi di ricerca cofinanziati - Modello E Relazione scientifica conclusiva sui risultati di ricerca ottenuti - ANNO 2007 prot. 2007JEWBX3

1. Area Scientifico Disciplinare principale	<i>08: Ingegneria civile ed Architettura</i>
2. Coordinatore Scientifico del programma di ricerca	<i>CAPRA Alessandro</i>
- Università	<i>Università degli Studi di MODENA e REGGIO EMILIA</i>
- Facoltà	<i>Facoltà di INGEGNERIA</i>
- Dipartimento/Istituto	<i>Dip. INGEGNERIA MECCANICA E CIVILE</i>
3. Titolo del programma di ricerca	<i>Rilievo e analisi multi-temporale in un Sistema di Informazioni Geo-spaziali per il monitoraggio dei movimenti e delle deformazioni di aree soggette a rischio territoriale</i>
4. Settore principale del Programma di Ricerca:	<i>ICAR/06</i>
5. Costo originale del Programma:	<i>677.000 €</i>
6. Quota Cofinanziamento MIUR:	<i>260.000 €</i>
7. Quota Cofinanziamento Ateneo:	<i>120.616 €</i>
8. Finanziamento totale:	<i>380.616 €</i>
9. Durata:	<i>24 mesi</i>

10. Obiettivo della ricerca eseguita

La ricerca eseguita si è focalizzata sulla sperimentazione di tecnologie sia consolidate sia altamente innovative appartenenti al campo della Geomatica e messe al servizio della descrizione, dello studio, dell'analisi, della gestione e pianificazione del territorio e dei fenomeni che lo riguardano. La caratteristica principale e vincente del Gruppo di Ricerca costituito da cinque UR è la multidisciplinarietà, l'integrazione di molteplici approcci, i quali hanno permesso l'approfondimento e l'analisi di fenomeni legati al territorio ma visti da diverse angolazioni e sfaccettature. Questa filosofia ha garantito la completezza nella visione finale che viene qui rappresentata.

Gli obiettivi dettagliatamente sviluppati nella ricerca vengono elencati suddividendoli per categorie di fenomeni a cui le metodologie sono state applicate. Si è dato ampio spazio a:

DISSESTO IDROGEOLOGICO E INSTABILITÀ DI VERSANTE:

-realizzazione di un sistema di monitoraggio in modalità continua basato sull'integrazione tra stazione totale robotizzata, strumentazione GPS (Global Positioning System) e strumentazione geotecnica (estensimetri, piezometri, inclinometri), consultabile da remoto per la gestione delle emergenze.

-Campagne periodiche con strumentazione innovativa quale rilievi laser scanner da aereo (voli LiDAR - Light Detection And Ranging) e radar interferometrico terrestre (GB Sar - Ground Based Synthetic aperture radar).

-Studio dei meccanismi di deformazione della frana con l'intento di definire delle soglie di allertamento in grado di prevenire situazioni di emergenza grazie alla remotizzazione del monitoraggio e alla gestione delle risorse di pronto intervento.

-Costruzione di un Sistema di Informazioni Geo-spaziali (GIS) per la raccolta dell'imponente mole di dati, per la valutazione e gestione del monitoraggio e per la pianificazione dell'area di interesse (caso di studio Frana dei Boschi di Valoria - Appennino Modenese).

-Analisi quantitativa di una serie di DTM ad alta risoluzione ottenuti dai rilievi aerei laser e fotogrammetrici realizzati su versanti in frana e su pareti rocciose soggette a instabilità indotta da attività vulcanica (caso di studio: Isola di Vulcano e Stromboli).

-Implementazione di metodi di analisi quantitative multitemporali per la valutazione di dissesti.

-Analisi di dati laser a forma d'onda completa per il controllo di fenomeni di dissesto e per l'estrazione di carte di uso del suolo.

-Utilizzo del parametro dell'intensità per la classificazione delle nuvole di punti finalizzata alla valutazione del rischio.

RISCHIO IDRAULICO:

-realizzazione di Modelli Digitali delle Superfici (DSM) ottenuti dall'elaborazione di stereocoppie satellitari acquisite appositamente dai moderni satelliti ad alta risoluzione geometrica e radiometrica (Ikonos e GeoEye-1 della GeoEye Inc.).

-Analizzare l'uso dei DSMs così ottenuti in modelli idraulici previsionali per la simulazione di emergenze idrauliche (esondazione fluviale) in territori a carattere fortemente pianeggiante.

-Costruzioni di un Sistema Informativo per aree a rischio territoriale basato sui risultati delle simulazioni idrauliche (in particolare le mappe del rischio idraulico di un territorio collegate ad un determinato evento di esondazione fluviale).

-Modelli matematici relativi a particolari problematiche nel campo della generazione di sistemi informativi geografici (GIS) affidabili e robusti.

-Creazione di strumenti di monitoraggio dell'efficienza ed adeguatezza dell'assetto del sistema infrastrutturale, per garantire o integrare i livelli di sostenibilità ambientale e territoriale delle scelte di pianificazione.

RISCHIO SISMICO:

-Estrazione di informazione qualitativa e quantitativa da dati telerilevati, pertinente all'identificazione e alla prevenzione del rischio sismico.

-Messa a punto e definizione di strategie innovative per l'individuazione di errori di misura o anomalie statistiche nei dati telerilevati o oggetto di campagne di misura, indipendentemente dalla sensoristica utilizzata.

SUBSIDENZA:

-studio dei movimenti verticali del suolo nel territorio di pianura della Regione Emilia Romagna mediante una rete di livellazione geometrica regionale recentemente

aggiornata utilizzando la tecnica di analisi interferometrica radar da satellite PSInSARTM.

A ciò si aggiunge la valutazione delle reali potenzialità di impiego, in ambito tecnico, degli osservatori geodetici co-locati nazionali quali punti di riferimento geodetico per studi a scala regionale e nazionale. Questi osservatori Radioastronomici (Medicina - BO, Noto - SR e Matera) contribuiscono alla realizzazione dei sistemi di riferimento internazionali e sarebbe sicuramente auspicabile un loro robusto collegamento alle reti di stazioni permanenti GNSS esistenti in Italia istituite da enti pubblici e società private. L'integrazione di queste infrastrutture geodetiche rappresenta una reale opportunità per tutti quei servizi legati al monitoraggio ed alla tutela del territorio, che richiedono un'accurata georeferenziazione delle misure.

11. Descrizione della Ricerca eseguita e dei risultati ottenuti

La ricerca svolta si è focalizzata sull'applicazione di molteplici tecnologie e la sperimentazione di metodologie innovative finalizzate a fenomeni legati al territorio. I vari ambiti di ricerca, elencati negli obiettivi in funzione dei campi applicativi, verranno qui dettagliatamente descritti suddividendoli in base alle tecniche investigate.

I RILIEVI LASER E FOTOGRAMMETRICI si sono rivelati estremamente efficaci nello studio delle instabilità di versante. Per quando riguarda questa ricerca le attività si sono focalizzate per quanto segue:

-analisi quantitativa dei DTM ottenuti dai rilievi aerei laser fotogrammetrici realizzati sul versante della Sciarra del Fuoco nel periodo 2006-2007 per valutare le variazioni morfologiche causate dalla eruzione del febbraio 2007 e dei conseguenti fenomeni di deformazione osservati sul pendio.

-Verifica di misure di vettori spostamento ottenuti da dati fotogrammetrici relativamente a particolari costruttivi o naturali, con misure puntuali ottenute da stazione totale che fornisce informazioni di maggiore precisione sulle 3 componenti spaziali di spostamento sebbene in maniera più sparsa. Tali dati sono stati confrontati con patterns orizzontali di deformazione ottenuti usando tecniche di cross-correlation di fotografie aeree.

-Rilievi aerei LIDAR ad alta risoluzione realizzati su alcune aree instabili. Allo scopo di migliorare la risoluzione dei DTM in corrispondenza di aree a pendenza elevata e/o pareti sub-verticali sono stati acquisiti dati attraverso rilievi laser terrestri georeferenziati con rilievi GPS.

-Realizzazione (nel maggio 2009) di un rilievo lidar da elicottero combinato con rilievo fotogrammetrico digitale, al fine di monitorare le variazioni morfologiche dell'Isola di Stromboli. L'acquisizione dei dati è avvenuta tramite un sistema integrato costituito da laser scanner, sistema di posizionamento GPS e una piattaforma inerziale. Lo scanner utilizzato è stato un Riegl LMS-Q560, strumento di ultima generazione che consente la "Full Waveform Analysis".

-Esecuzione di rilievi lidar terrestri (nel maggio 2009) presso l'isola di Vulcano per integrare i dati ottenuti dai rilievi aerei fotogrammetrici sulle aree interessate da pareti rocciose instabili. Utilizzo dei dati per caratterizzare lo stato di fessurazione delle pareti e dimensionare blocchi potenzialmente instabili. Analisi di simulazione caduta blocchi ai fini di valutare l'impatto sulle aree abitate.

In relazione a ciò, i principali risultati ottenuti sono:

-I dati ottenibili tramite rilievi aerei laser scanning permettono di implementare analisi utili alla individuazione e quantificazione dei rischi connessi ai fenomeni di dissesto in aree non accessibili.

-L'analisi dei dati topografici ha evidenziato la presenza di numerosi fenomeni franosi attivi non noti e attualmente non conosciuti né monitorati. Sebbene i volumi coinvolti siano di modesta entità, la collocazione di alcune frane in vicinanza delle aree costiere, rende necessaria la valutazione degli scenari di rischio per mettere a punto sistemi di monitoraggio e di messa in sicurezza con apposite interventi (reti paramassi, barriere e/o l'istituzione di divieti di accesso)

-La classificazione degli oggetti basata sui valori delle intensità costituisce un punto di partenza per l'ottimizzazione degli algoritmi utili alla generazione automatica di cartografia numerica.

-L'integrazione dei dati di intensità con ortofoto ad alta risoluzione, ha permesso di quantificare in modo semi-automatico il numero di edifici presenti nell'area esposta da utilizzare nella valutazione degli scenari di danno (ad esempio, a seguito di simulazioni) e per la costruzione di mappe di hazard.

L'instabilità di versante e più in generale il fenomeno del dissesto idrogeologico sono stati studiati anche mediante un approccio integrato di strumentazione tradizionale (GPS, STAZIONE TOTALE, STRUMENTAZIONE GEOTECNICA) al fine di fornire un insieme di dati raccolti in un GIS che fungesse da valido supporto decisionale in fase di gestione dell'emergenza. Inoltre il monitoraggio continuo permette di attuare e pianificare azioni preventive atte a mitigare e quando possibile ridurre le conseguenze negative di certi fenomeni. La ricerca, a tal proposito, ha prodotto un monitoraggio continuo dell'area (frana dei Boschi di Valoria - Appennino Modenese): al fine di monitorare, controllare, raccogliere dati per studiare e analizzare anche il meccanismo di deformazione della frana, è stato progettato e installato un sistema di monitoraggio in modalità continua. In collaborazione con i geologi è stato scelto un sito geologicamente stabile rispetto al corpo di frana e da cui fosse visibile tutta l'area coinvolta. In questo sito è stata materializzata la postazione Master (Figura 3) con le seguenti caratteristiche e strumentazioni:

1. Stazione Totale automatizzata Leica TCA 2003 con il compito di eseguire 8 cicli di misura giornalieri volti a rilevare 35 prismi posti nel corpo di frana e 6 prismi di riferimento posti in zone esterne e ritenute sufficientemente stabili.

2. Clinometro bidirezionale Leica Nivel 210 installato sul pilastro in cemento armato che funge da base della stazione totale. Questi dati permettono di monitorare continuamente la postazione e di controllare la stabilità della monumentazione in modo da non interpretare variazioni della posizione dei prismi come movimenti nel caso fosse, in realtà, un assediamento della struttura portante.

3. Strumentazione GPS costituita da un ricevitore master (VALO) doppia frequenza (Leica GMX902 con antenna Leica AX1202) in acquisizione continua (una stazione permanente in sito utilizzata anche per l'elaborazione di baselines quando si effettuano monitoraggi periodici su frane situate nelle vicinanze). Il compito di questo ricevitore è di permettere la valutazione dell'effettiva stabilità della zona in cui è installata la postazione fissa tramite l'analisi delle lunghe serie temporali GPS (Figura 4). Inoltre funge da punto di riferimento con coordinate note nell'elaborazione in continuo (più precisamente ad ogni ora) di tre GPS rover singola frequenza situati nel corpo di frana (Leica GMX901) e in acquisizione continua grazie ad un'alimentazione mediante pannelli fotovoltaici e a un meccanismo di trasmissione dati tramite W-LAN (Figura 1).

4. Master PC unit collocata in apposito armadio di protezione dagli agenti atmosferici e contenente un computer per l'archiviazione dei dati e l'installazione del software per gestire le varie strumentazioni collegate. Il sistema W-LAN permette la ricezione dei dati dai GPS rover posti in frana, mentre un modem GPRS permette il controllo del sistema e lo scarico dei dati da remoto.

Il sistema descritto è funzionante e raccoglie in continuo una serie di dati che poi vengono gestiti e scaricati da remoto. Ciò permette una prima valutazione speditiva e grossolana sull'entità del movimento e sull'eventuale pericolosità e rischio connesso. Successivamente si possono fare una serie di analisi specifiche sui dati e sulla serie temporale che permettono alle diverse figure in gioco di rispondere a numerosi quesiti. Un possibile approfondimento è la descrizione del meccanismo di evoluzione e di conseguenza di deformazione del fenomeno franoso. Altra analisi è il controllo dell'effettiva stabilità dei siti indicati come tali. E' stata posta particolare attenzione alla modalità di aggiornamento del sistema, che dovrebbe essere visualizzabile quasi in tempo reale: dati provenienti dalla stazione totale robotizzata e dal GPS, in continua acquisizione in sito, devono essere resi disponibili e visibili agli organi competenti il prima possibile, in modo da permettere un efficace e rapido intervento in caso di eventi di una certa entità.

Il monitoraggio ha prodotto una ingente mole di dati che ha richiesto la realizzazione di un GIS per gestire agevolmente la mole di dati provenienti dalle numerose campagne condotte sulla Frana di Valoria con molteplici strumenti e tecniche. Sono state affrontate, e sono ancora oggetto di studio, due problematiche oggi risolte solo in parte. La prima è inerente la georeferenziazione di tutte le informazioni e la trasformazione tra sistemi di riferimento: da sistema di coordinate locale definito dalla stazione totale, a ETRF2000 (European Terrestrial Reference Frame) del GPS, a UTM* ED50 che è il sistema di riferimento in vigore per la Regione Emilia Romagna e che è utilizzato dalle utenze finali, come Servizi Tecnici di Bacino, Dipartimento di Protezione Civile, ecc. Il secondo problema affrontato, in parte ancora aperto, riguarda il continuo aggiornamento del sistema informativo. Ogni strumento, facendo particolare riferimento a quelli che acquisiscono in continuo, infatti è gestito da un software proprietario che crea database di archiviazione dei dati non sempre immediatamente importabili nel GIS. Lo sforzo maggiore è stato rivolto all'automazione della procedura di importazione e visualizzazione dei dati. Ad oggi il GIS creato è gestibile da un utente esperto, mentre l'intento è quello di perfezionarlo per far sì che possa essere utilizzato da un operatore che deve gestire un'emergenza e che possa "schiaocchiare un bottone" e ottenere le informazioni di cui necessita in "near real time". Si mostrano alcune immagini con informazioni che possono essere estratte dal GIS creato, dal quale si possono fare analisi utili alla descrizione e valutazione del fenomeno franoso oggetto di studio (ad esempio evoluzione dei confini della frana, ubicazione della strumentazione di monitoraggio continuo sia topografica che geotecnica, ecc.; Figure 2, 3, 4).



Figura 1. Frana di Valoria (MO): postazione master del sistema di monitoraggio continuo e materializzazione dei GPS rover in frana.

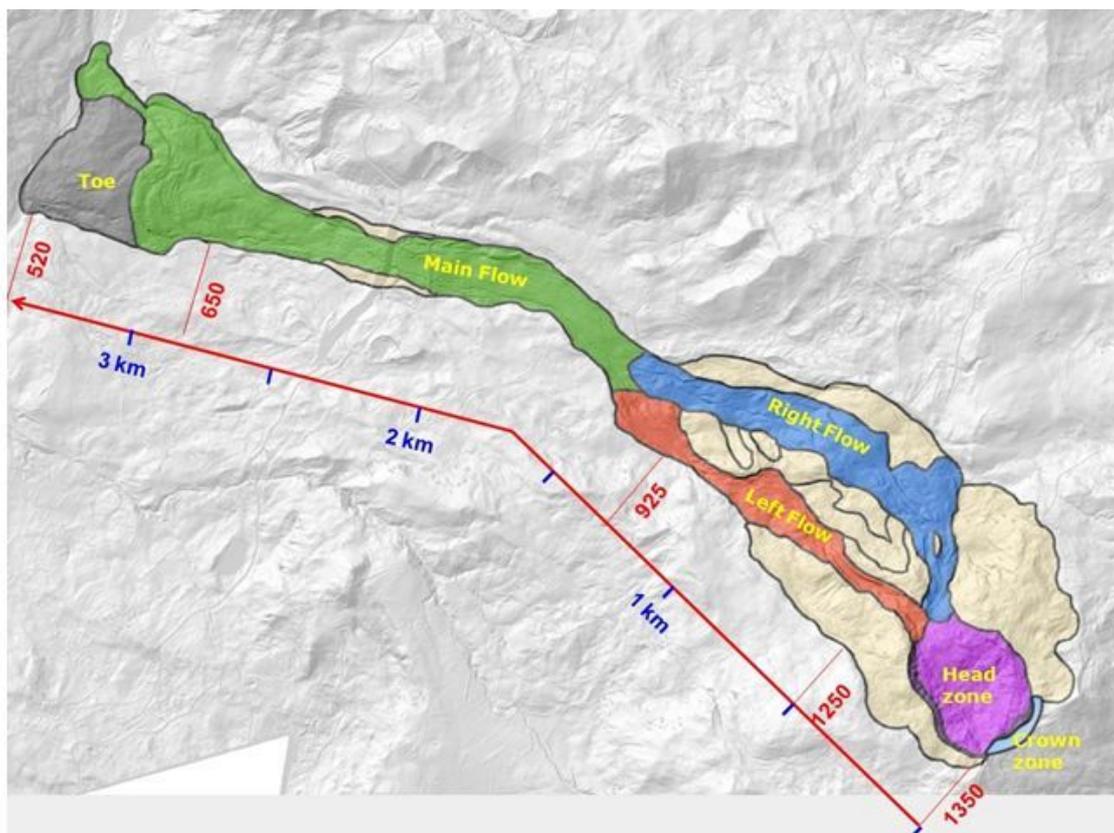


Figura 2. Estrazione informazioni dal GIS frana di Valoria (MO): identificazione dei diversi meccanismi di spostamento e deformazione della frana e visualizzazione su DTM dell'area.

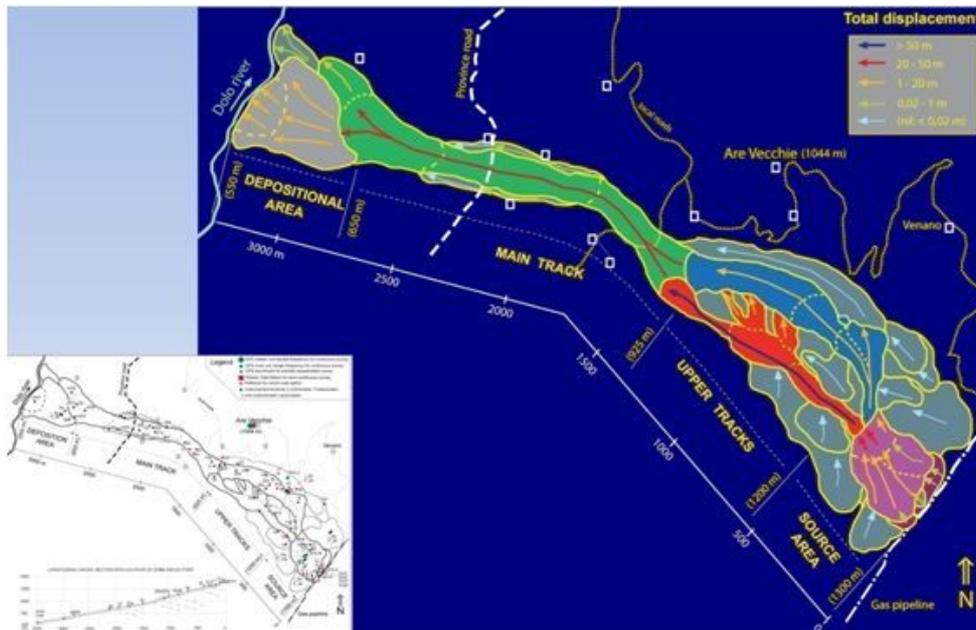


Figura 3. Estrazione informazioni dal GIS frana di Valoria (MO): visualizzazione dei vettori di spostamento del sistema di monitoraggio continuo GPS-TS (spostamenti 2008-2009). Rappresentazione sulle aree di suddivisione della frana in base al comportamento deformativo.

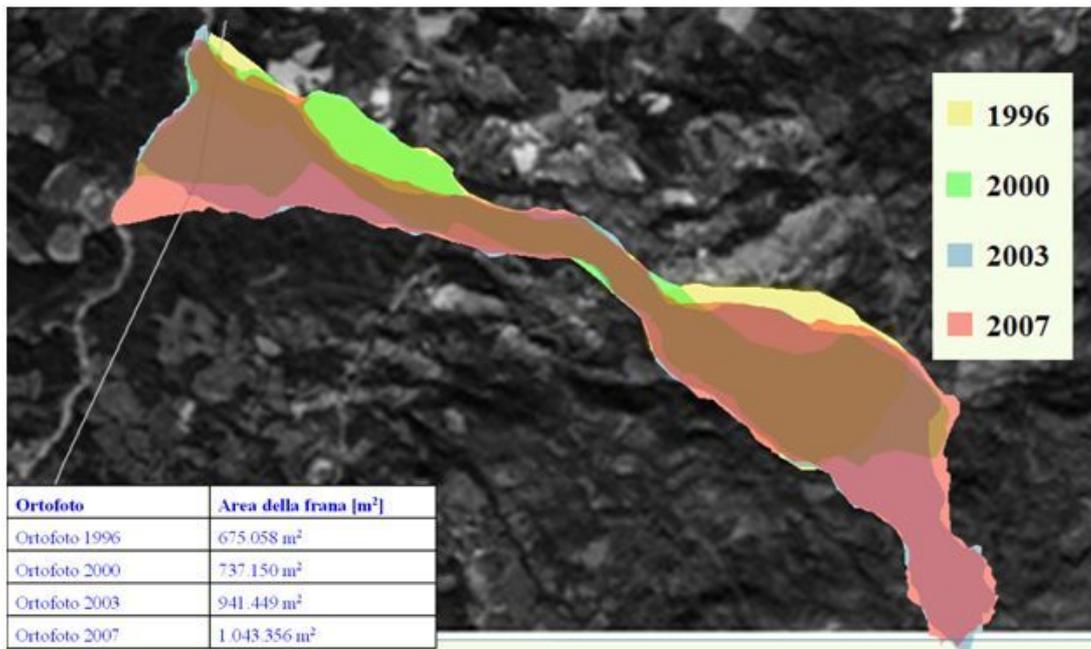


Figura 4. Estrazione informazioni dal GIS frana di Valoria (MO): evoluzione dei confini dell'area coinvolta nel fenomeno franoso nel tempo. Sovrapposizione valutazione mediante ortofoto.

Fra le tecniche sperimentate per studiare in modo innovativo le varie problematiche legate all'analisi e gestione del territorio, si inserisce anche il TELERILEVAMENTO in quanto strumento potenzialmente molto efficace in termini sia di prevenzione sia di gestione del rischio. Nell'ambito della ricerca, infatti, sono state anche utilizzate più stereocoppie (Ikonos e GeoEye-1) relative a diverse porzioni di territorio di pianura (in provincia di Ferrara), e si sono valutati i DSMs ottenuti relativamente agli aspetti: software utilizzato (commerciale o scientifico), modello di orientamento (parametrico o non parametrico), numero di GCPs (Ground Control Points) e loro distribuzione, algoritmo di estrazione del modello della superficie. L'analisi dell'intero processo di creazione dei DSM ha evidenziato in genere il raggiungimento di una buona accuratezza per quanto riguarda l'orientamento delle stereocoppie, con residui inferiori al pixel immagine già con 16 GCPs ben distribuiti sull'area indagata (il numero dei GCPs è stato fatto variare da un minimo di 8 fino ad un massimo di 40). Risultati simili sono stati ottenuti utilizzando sia i modelli rigorosi sia i modelli generalizzati o non parametrici. Durante le fasi di matching (individuazione automatica dei punti omologhi) si sono invece riscontrate importanti difficoltà a causa dell'omogeneità del terreno (in gran parte costituito da campi agricoli) che ha comportato in vaste aree un uniforme livello radiometrico. Dopo numerose prove, basate anche sull'uso delle stereocoppie multispettrali (soprattutto nell'infrarosso vicino NIR), si è optato per l'implementazione di differenti procedure di editing/riempimento (filling) dei "No Data". Tutti i DSMs ottenuti sono stati validati grazie ad un'importante campagna di rilievo diretto sul territorio realizzata con laser scanner terrestre e con GPS. I risultati del confronto con punti e DSM noti hanno evidenziato scarti accettabili nelle zone correttamente riconosciute durante la fase di correlazione di immagine, mentre le procedure di filling implementate risultano tra loro comparabili evidenziando però scarti maggiori (di circa 1m) rispetto alle aree riconosciute nel matching.

Complessivamente i risultati ottenuti sono stati comunque ritenuti interessanti per un impiego del DSM nell'ambito della modellazione idraulica, seppur implementato assieme a dati derivanti da altre tecniche di rilievo per aree, porzioni o oggetti del territorio che dovessero richiedere una maggiore precisione (es: rilevati stradali ed arginali). Infatti, nel breve periodo, grazie all'interesse manifestato per questa ricerca dagli Enti locali di Bonifica del territorio, i DSMs ottenuti dall'elaborazione delle stereo coppie satellitari verranno utilizzati per la realizzazione di modelli territoriali in prove di simulazione idraulica, ipotizzando l'esondazione del fiume Reno (adiacente all'area ripresa nella scena satellitare) in diversi punti di breccia o di sormonto, valutando, di volta in volta, l'estensione, l'altezza e la velocità degli allagamenti. Tali risultati implementati in ambiente GIS potranno essere utilizzati per la realizzazione di apposite mappe del rischio del territorio. Sempre legata al telerilevamento si è approfondita una seconda linea di ricerca mirata all'identificazione di nuove logiche nella gestione e interpretazione dei dati e delle serie temporali. L'ambito applicativo è stato per coerenza con la tematica generale quello del rischio idraulico e rischio sismico. Nell'ambito del rischio sismico (identificazione di lineamenti strutturali attivi e di fenomeni fisici connessi con la fase di preparazione di eventi sismici, ricostruzione del modello della crosta e del mantello terrestre in termini di densità e di velocità delle onde sismiche, studio di fenomeni di amplificazione di sito a vasta scala) e del rischio idrogeologico (caratterizzazione geometrica di corpi in frana ed analisi di movimenti di massa a dinamica temporale lenta, caratterizzazione del sistema di circolazione idrica sotterranea in aree in frana). L'approccio sinergico ai dati telerilevati è stato affrontato tramite la fusione di tecniche classiche di ANALISI STATISTICA dei dati e concetti tipici della LOGICA FUZZY.

La ricerca, in tal senso, si è articolata secondo le seguenti fasi operative:

-studio della sensoristica per telerilevamento a microonde disponibile, e delle relative missioni satellitari che forniscono dati grezzi o pre-processati.

-Acquisizione di dati reali dai sensori individuati nell'ambito della ricerca, modellazione statistica, studio ed applicazione di metodologie innovative per l'analisi di qualità dei dati. In questa fase sono stati analizzati dati provenienti dalla nuova generazione di sensoristica per telerilevamento, costituita dai sensori VHR come il sistema multi sensore Aster della NASA, lanciato nel 1999, ed il sensore multispettrale Ikonos, un satellite commerciale per l'osservazione della Terra che fornisce immagini a risoluzione spinta (1-4 m).

-Analisi di approcci ed algoritmi basati sulla logica fuzzy, applicata a problematiche tipiche del trattamento dei dati. Sono state analizzate immagini Ikonos ed Aster applicando alla classificazione i principi fondamentali della logica fuzzy, che assegnano ad ogni pixel un particolare grado di appartenenza alla classe, permettendo l'estrazione di informazioni di contesto spaziale, cioè relazioni tra oggetti nelle vicinanze, e temporale, cioè relazioni tra i valori di un parametro ambientale (desertificazione, umidità, ecc.) in diversi segmenti temporali.

-Focalizzazione delle trasformazioni degli statuti disciplinari della pianificazione territoriale indotte dall'applicazione dei GIS.

-Utilizzo di tecniche statistiche avanzate dei fattori di varianza, per la definizione di corretti modelli stocastici necessari ad ottenere stime non distorte dei parametri, a partire da serie di osservazioni di natura generica (sensoristica per telerilevamento, dati GPS, rilievi geodetici, immagini laser scanner, ecc.). Ci si è concentrati sulla problematica della rilevazione e correzione di errori grossolani nelle osservazioni ("blunders"), e sulla conseguente verifica della reliability globale interna di una rete geodetica. Rispetto alle soluzioni tradizionali al problema (test di Fisher), si è perseguita una strategia innovativa adottando soluzioni miste, che utilizzano sia strumenti statistici di tipo classico, ma anche le innovative potenzialità della stima fuzzy. A monte della modellazione statistica dei dati, un risultato importante si è raggiunto con un'accurata modellazione della distribuzione di alcune statistiche definite a valle di una classica compensazione a minimi quadrati. In particolare, si sono individuate importanti caratteristiche statistiche tra le differenze tra le forme quadratiche dei residui ai minimi quadrati e le forme quadratiche delle stime a minimi quadrati dei blunders (dimostrando che hanno una distribuzione chi-quadrato centrale). Successivamente, si è implementato un algoritmo misto (fuzzy-statistico) per la localizzazione e la stima di tutti i possibili errori grossolani in una serie generica di dati acquisiti da sensori, anche nel caso di osservazioni correlate. Si è trovato, lavorando su serie reali di dati, che l'approccio adottato riesce ad individuare la presenza di blunders e ad eliminarli dal dato indipendentemente dal numero di errori grossolani, e senza iterazioni (come invece è tipico della classica compensazione a minimi quadrati) ma in un sol colpo, con evidente risparmio computazionale e la possibilità di implementare in tempo reale strategie di correzione e pulitura dati per applicazioni sul campo (es. rilievi geodetici, acquisizione dati da laser scanner, ecc.).

Nell'ottica di quanto anticipato nella sezione obiettivi relativamente agli osservatori geodetici e alla loro importanza in quanto punti notevoli realizzati sul territorio, si inserisce uno studio dettagliato su questi osservatori con integrazione dei dati provenienti da tecniche innovative quali l'Interferometria SAR. Per quanto detto in precedenza è stata assunta l'area di pianura della regione Emilia Romagna come caso di studio e sono stati studiati alcuni aspetti critici, presenti sia nella livellazione geometrica, sia nel SAR interferometrico, ossia la scelta dei punti di riferimento da ritenere fissi per la stima delle velocità di movimento del suolo. Questi punti pongono alcuni problemi pratici, in quanto la loro scelta è essenziale per una corretta stima delle velocità osservate, ma in genere la verifica della loro stabilità non deriva da reali misure, ma solo da considerazioni generali sul contesto geologico strutturale nel quale si trovano. Per tale motivo è stato studiato il collegamento geodetico tra i punti di riferimento degli strumenti di geodesia spaziale presenti presso l'Osservatorio IRA-INAF di Medicina (BO) ed il punto origine delle quote della rete di livellazione geometrica della rete regionale posta in un'area pedecollinare posta in provincia di Bologna. L'Osservatorio di Radioastronomia di Medicina vede co-locati i due strumenti di geodesia spaziale: un'antenna Very Long Baseline Interferometry (VLBI) da 32 m di diametro ed un sistema Global Positioning System (GPS) in acquisizione continua (Stazione IGS MEDI-ASI). Le indagini svolte presso l'Osservatorio di Medicina (Figura 5) sono state suddivise in due fasi:

-studio della connessione tra la rete regionale ARPA per il controllo dei movimenti verticali del suolo ed i punti di riferimento degli strumenti di geodesia spaziale VLBI e GPS co-locati presso l'Osservatorio di radioastronomia di Medicina (BO). Calcolo della serie temporale GPS per la stazione IGS MEDI-ASI.

-Confronto tra velocità di movimento verticale, stimate tramite le tecniche di geodesia spaziale e quelle derivanti dall'interferometria SAR assistita dalla livellazione geometrica nei pressi dell'Osservatorio di Medicina e valutazione di un possibile impiego dell'Osservatorio stesso come punto origine per lo studio dei movimenti del suolo.

Il modello geometrico-statistico utilizzato per la stima del vettore eccentricità GPS-VLBI è stato di tipo indiretto. Attraverso queste misure il vettore eccentricità GPS-VLBI è stato stimato a partire dalle posizioni dei pilastri di stazionamento a terra (sistemi di auto-centramento strumentale). Tali pilastri di misura rappresentano gli elementi di legame ideali tra le tecniche di geodesia spaziale e le tecniche classiche di rilevamento topografico utilizzate in ambito tecnico.

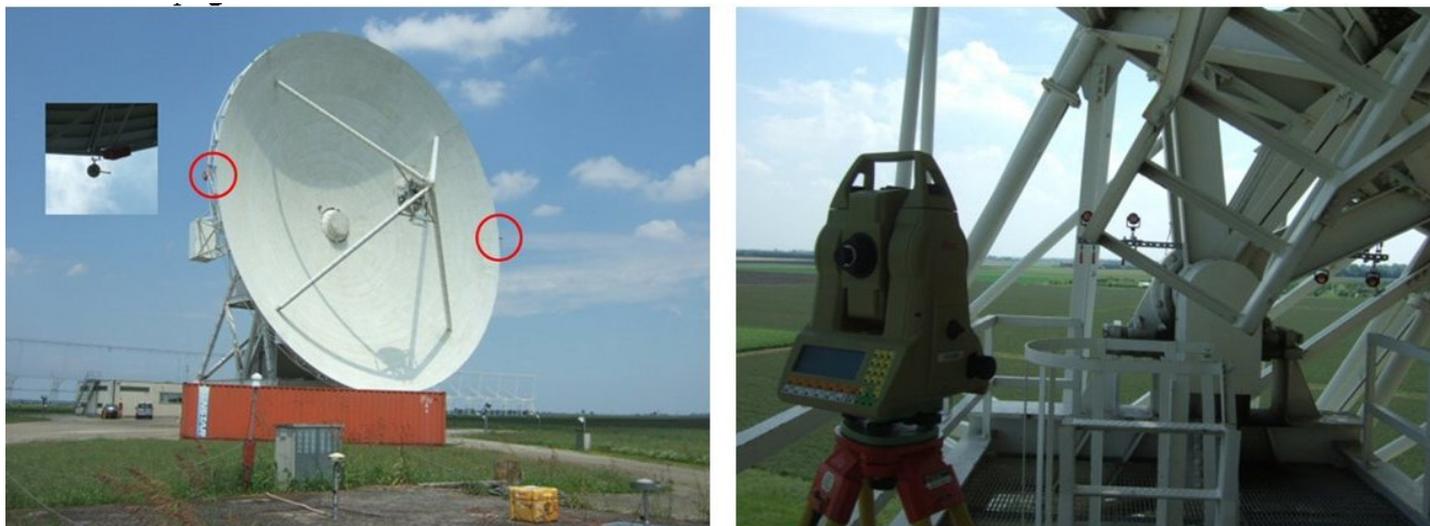


Figura 5. A sinistra antenna VLBI e GNSS - Osservatorio di Medicina (BO); a destra dettaglio delle misure topografiche eseguite sulla monumentazione.

Nel mese di giugno 2009 è stata effettuata una specifica campagna di misure topografiche di alta precisione congiuntamente ad un rilievo GNSS in modalità statica e rapido statica. Successivamente nel giugno del 2010 è stato approntato un ulteriore esperimento per la verifica degli eventuali effetti al sito presenti nel calcolo delle

posizioni giornaliere assunte dalla stazione permanente IGS MEDI-ASI.

Sono state poi effettuate misure ripetute di livellazione geometrica di alta precisione al fine di verificare l'eventuale presenza di movimenti locali indotti nelle monumentazioni. Tali misure hanno evidenziato movimenti verticali stagionali estremamente piccoli, anche in presenza di una notevole diversità nella profondità delle fondazioni dei manufatti stessi. Si ipotizza pertanto che i significativi segnali stagionali osservabili dalle elaborazioni delle lunghe serie temporali GPS della stazione MEDI-ASI rispetto a 12 stazioni permanenti appartenenti alla rete IGS o EUREF, non siano direttamente connessi alla risposta meccanica superficiale della struttura dei terreni argilloso-limosi secondo un usuale comportamento di rigonfiamento e contrazione dovuto all'imbibizione invernale e al disseccamento estivo della cosiddetta "active zone". Successivamente è stato eseguito il confronto tra le velocità ottenute tramite le tecniche di geodesia spaziale e quelle stimate presso l'osservatorio di Medicina tramite metodologia interferometrica SAR assistita dalla livellazione geometrica. A partire dalla sostanziale conferma indiretta, ottenuta in questo studio, circa l'affidabilità del punto considerato come origine delle quote per le livellazioni geometriche a scala regionale, si è poi proceduto nella ricerca contribuendo alla omogeneizzazione dei dati di velocità PS-InSAR acquisiti per lo studio della fascia costiera romagnola e veneta. In particolare l'unità di ricerca PRIN ha collaborato con altri gruppi di ricerca (ARPA e CNR) nello studio degli spostamenti verticali registrati nel periodo 1992 - 2000 su di una fascia costiera di 20-30 km di larghezza e 250 km di lunghezza lungo la zona costiera che va dal fiume Tagliamento, fino alla città di Rimini.

12. Problemi riscontrati nel corso della ricerca

I principali problemi si sono riscontrati nei seguenti ambiti:

-generazione di DSM a partire da stereocoppie satellitari ad alta risoluzione in relazione alla difficoltà degli algoritmi automatici di matching (sia nei software commerciali che in quelli scientifici) di individuare correttamente i punti omologhi nel caso di territori molto uniformi dal punto di vista della risposta radiometrica: situazione purtroppo molto frequente per territori di pianura ad uso agricolo, soprattutto in determinati periodi dell'anno. Questi problemi sono stati affrontati, con relativo successo, implementando appositi algoritmi di filling dei dati.

-Analisi degli osservatori geodetici: per la sperimentazione inerente le precisioni raggiungibili con il sistema fotogrammetrico realizzato nell'ambito del progetto era stata attribuita, dal Time Allocation Committee di IRA-INAF, una finestra osservativa presso l'osservatorio di Noto nel luglio 2009. Questo radiotelescopio ha infatti la medesima struttura e dimensione dell'antenna di Medicina, ma è dotato di un sistema di regolazione della posizione dei pannelli dello specchio primario attraverso degli attuatori servo-comandati (superficie attiva). Questa particolare caratteristica può permettere la realizzazione di test significativi circa lo studio della risoluzione strumentale del sistema fotogrammetrico in condizioni reali di misura. Purtroppo a causa di un grave guasto tecnico all'unità di controllo per la movimentazione dell'antenna VLBI di Noto, tali misure sono state rinviate e tuttora l'antenna non è ancora stata riparata da INAF.

-Analisi di serie temporali in relazione alla difficile "pulitura" dei dati. Si è trovata una soluzione efficiente grazie a algoritmi di determinazione della qualità dei dati implementati. Inoltre, la problematica della rilevazione e correzione di errori grossolani nelle osservazioni ("blunders"), e la conseguente verifica della reliability globale interna di una rete geodetica è stata affrontata con una strategia innovativa adottando soluzioni miste, che utilizzano sia strumenti statistici di tipo classico (test di Fisher), ma anche le innovative potenzialità della stima fuzzy.

-Costruzione di un Sistema Informativo Geografico per il monitoraggio integrato e continuo di versanti instabili. A questo proposito il problema principale affrontato è stata la necessità di un continuo aggiornamento del GIS. Ogni strumento di misura operativo in sito, facendo particolare riferimento a quelli che acquisiscono in continuo, infatti è gestito da un software proprietario che crea database di archiviazione dei dati non sempre immediatamente importabili nel GIS. Lo sforzo maggiore è stato rivolto all'automazione della procedura di importazione e visualizzazione dei dati.

13. Risorse umane complessivamente ed effettivamente impegnate (da consuntivo)

	(mesi uomo)
TOTALE	162
da personale universitario	162
altro personale	151
Personale a contratto a carico del PRIN 2007	55

14. Modalità di svolgimento (dati complessivi)

Partecipazioni a convegni:

	Già svolti (numero)	Da svolgere (numero)	Descrizione
in Italia	10	0	-Conferenza Nazionale ASITA - L'Aquila 2008 -Conferenza Nazionale ASITA - Bari 2009 -Conferenza Nazionale ASITA - Brescia 9-12 novembre 2010 -Convegno Nazionale SIFET - Sorrento 2008 -"Frane come, quando, perchè: la diagnosi dei processi per la gestione del rischio", Bari 2010
all'estero	12	0	Si riportano i principali Convegni: -Use of Remote Sensing Techniques for Monitoring Volcanoes and Seismogenic Areas, 2008. USEReST 2008. Napoli, 11-14 Novembre 2008 -2008 EGU General Assembly -2009 EGU General Assembly -IEEE Gold Remote Sensing Conference; 29-30 april 2010 - Livorno-Italy -30th EARSeL (European Association of Remote Sensing Laboratories) Symposium, 31th May - 3rd June - Paris 2010 -EARSeL Workshop "3D Remote Sensing"; Ghent, 22-24 Sept. 2010 -FIG Working Week, Eilat 2009 -Symposium on Geo-information for Disaster Management (Gi4DM), Torino 2010
TOTALE	22	0	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Articoli pertinenti pubblicati:

	Numero	Descrizione
su riviste italiane con referee	0	
su riviste straniere con referee	11	<p>Si riportano solo i contributi ritenuti più significativi:</p> <p>-Ravagnani F., Pellegrinelli A., Franchini M.; "Estimation of Urban Impervious Fraction from Satellite Images and its Impact on Peak Discharge Entering a Storm Sewer System"; <i>Water Resour Manage</i> (2009) 23: 1893-1915; DOI: 10.1007/s11269-008-9359-0.</p> <p>-SARTI P., ABBONDANZA C., VITTUARI L. (2009). Gravity-dependent signal path variation in a large VLBI telescope modelled with combination of surveying methods. <i>JOURNAL OF GEODESY</i>, vol. 83; p. 1115 - 1126, ISSN: 0949-7714.</p> <p>-SARTI C., VITTUARI L., ABBONDANZA C. (2009). Laser scanner and terrestrial surveying applied to gravitational deformation monitoring of large VLBI telescopes' primary reflector. <i>JOURNAL OF SURVEYING ENGINEERING-ASCE</i>, vol. Volume 135, Issue 4; p. 136 - 148, ISSN: 0733-9453.</p> <p>-ABBONDANZA C., ALTAMIMI Z., SARTI P., NEGUSINI M., VITTUARI L. (2009). Local effects of redundant terrestrial and GPS-based tie vectors in ITRF-like combinations. <i>JOURNAL OF GEODESY</i>, vol. 83; p. 1031 - 1040, ISSN: 0949-7714.</p> <p>-Baldi P, Coltelli M, Fabris M, Marsella M.A., Tommasi P (2008). High Precision Photogrammetry For Monitoring The Evolution Of Sciara Del Fuoco After The2002-2003 Stromboli Eruption. <i>Bulletin Of Volcanology</i>, Vol. 70:6; P. 703-715, Issn: 0258-8900 0258-8900, Doi: 10.1007/S00445-007-0162-1 .</p> <p>-Marsella M., C. Proietti, A. Sonnessa, M. Coltelli, P. Tommasi, E. Bernardo (2009), The Evolution Of The Sciara Del Fuoco Subaerial Slope During The 2007 Stromboli Eruption: Relation Between Deformation Processes And Effusive Activity, <i>Journal Of Volcanology And Geothermal Research</i>, 182 (3-4), 201-213.</p> <p>-Marsella M.A., A. Sonnessa, C. Proietti, E. Bernardo, M. Coltelli, P. Tommasi (2009). The Evolution Of The Sciara Del Fuoco Subaerial Slope During The 2007 Stromboli Eruption: Relation Between Deformation Processes And Effusive Activity. <i>Journal Of Volcanology And Geothermal Research</i>, Vol. 182; P. 201-213, Issn: 0377-0273 0377-0273 Doi: 10.1016/J.jvolgeoes.2009.02.002.</p> <p>-CROCETTO N., TARANTINO E (2009). A Class-Oriented Strategy for feature Extraction from Multidate ASTER Imagery. <i>REMOTE SENSING</i>, vol. I, n° 4; p. 1171-1189, ISSN: 2072-4292 .</p> <p>-CROCETTO N., GUARNIERI A, PIROTTI F, VETTORE A (2009). Digression on a Particular Abel Integral. <i>JOURNAL OF INTERDISCIPLINARY MATHEMATICS</i>, vol. 12, No. 6; p. 863-874, ISSN: 0972-0502.</p> <p>-TUCCI G, BONORA V, CROCETTO N., NOBILE A (2009). New Technologies for Surveying Building Ruins. <i>INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING</i>, ISSN: 0256-1840.</p> <p>-CROCETTO N., PINGUE F, PONTE S, PUGLIANO G, SEPE V (2008). Ionospheric Error Analysis in GPS Measurements. <i>ANNALS OF GEOPHYSICS</i>, vol. 51, No. 4; p. 585-595, ISSN: 1593-5213.</p>
su altre riviste italiane	3	<p>Si riportano solo i contributi ritenuti più significativi:</p> <p>-CROCETTO N., GUADALUPI L, PREZIOSO G (2009). Funzioni iperboliche della latitudine isometrica in termini delle funzioni circolari della latitudine geodetica. <i>ANNALI DELLA FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE</i>, vol. LXX, ISSN: 1825-1331.</p> <p>-CROCETTO N., GUADALUPI L, PREZIOSO G (2009). Uno sviluppo accurato della latitudine conforme in termini della latitudine geodetica. <i>ANNALI DELLA FACOLTÀ DI SCIENZE E TECNOLOGIE</i>, vol. LXX, ISSN: 1825-1331.</p> <p>-LOSCO S.; 2010; Pianificazione Urbanistica e Dimensione Ambientale; Rivista: <i>The European Journal of Planning</i>; pp.: 1-8; ISBN: 1723-0993/2010-1; In monografia di S. Annunziata e D. de Leo: "Città e crisi globale: Clima, sviluppo e convivenza". XIII Conferenza Nazionale Società Italiana degli Urbanisti, Roma, 25-27 febbraio 2010.</p>
su altre riviste straniere	0	
comunicazioni a convegni/congressi internazionali	16	<p>Si riportano solo i contributi ritenuti più significativi:</p> <p>-Fratarcangeli F., Furini A., Nascetti A., Pellegrinelli A.; "Accuracy evaluation of DEM extracted from high resolution satellite stereopairs of flat areas subjected to river floods"; <i>IEEE Gold Remote Sensing Conference</i>; 29-30 april 2010 - Livorno - Italy;</p> <p>-Fratarcangeli F., Furini A., Nascetti A., Pellegrinelli A.; "DEM Extraction from high resolution satellite stereo pairs to investigate the hydraulic hazard of area subjected to rivers flood"; <i>30th EARSEL (European Association of Remote Sensing Laboratories) Symposium</i>, 31th May - 3rd June - Paris 2010;</p> <p>-Fratarcangeli F., Furini A., Nascetti A., Pellegrinelli A.; "Accuracy evaluation of DSMs extracted from a GeoEye-1 stereo pair over flat rural areas for hydraulic hazard analysis"; <i>EARSEL Workshop Proceedings</i>; Ghent 22-24 Sept. 2010.</p> <p>-Bitelli G., Bonsignore F., Carbognin L., Ferretti A., Strozzi T., Teatini P., Tosi L., Vittuari L. (2010). Radar interferometry-based mapping of the present land subsidence along the low-lying northern Adriatic coast of Italy. A cura di D. CARREON-FREYRE, M. CERCA, D.L. GALLOWAY. <i>Land Subsidence, Associated Hazards and the Role of Natural Resources Development</i>. (pp. 279 - 286). ISBN: 978-1-907161-12-4. ISSN 0144-7815, peer-reviewed. WALLINGFORD: IAHS Press.</p> <p>-Bissoli R., Bitelli G., Bonsignore F., Rapino A., Vittuari L. (2010). Land subsidence in Emilia-Romagna Region, northern Italy: recent results. IA cura di D. CARREON-FREYRE, M. CERCA, D.L. GALLOWAY. <i>Land Subsidence, Associated Hazards and the Role of Natural Resources Development</i>. (pp. 307 - 311). ISBN: 978-1-907161-12-4. ISSN 0144-7815, peer reviewed. WALLINGFORD: IAHS Press.</p> <p>-F. BONSIGNORE, G. BITELLI, A. CHAHOUD, P. MACINI, E. MESINI, P. SEVERI, B. VILLANI, L. VITTUARI. (2010). Recent Extensometric Data for the Monitoring of Subsidence in Bologna (Italy). A cura di D. CARREON-FREYRE, M. CERCA, D.L. GALLOWAY. <i>Land Subsidence, Associated Hazards and the Role of Natural Resources Development</i>. (pp. 333 - 338). ISBN: 978-1-907161-12-4. ISSN 0144-7815, contributo peer reviewed. WALLINGFORD: IAHS Press.</p> <p>-Bertacchini E., Capitani A., Capra A., Castagnetti C., Corsini A., Dubbini M. and Ronchetti F. (2009). "Integrated surveying system for landslide monitoring, Valoria Landslide (Appennines of Modena, Italy)", <i>Proceedings of FIG Working Week 2009 (ISBN 978-87-90907-73-0)</i>.</p> <p>-Capra A., Corsini A., Bertacchini E., Borgatti L., Castagnetti C., Cervi F., Dubbini M., Ronchetti F. "Monitoring active earth-slides failure dynamics by means of an integrated GPS-automatic total station approach", <i>EGU General Assembly</i>, Wien 2008.</p> <p>-Corsini A., Cervi F., Daehne A., Ronchetti F., Bertacchini E., Capitani A., Capra A., Castagnetti C., Dubbini M., Bonanno C., Piantelli E., Borgatti L., Borghi A., Leuratti E., Manzi V. "Continuous monitoring of a large active earth flow using an integrated GPS-automatic total station approach", <i>EGU General Assembly</i>, Wien 2009.</p> <p>-Idda B., C. Nardinocchi, And M. Marsella - Use Of Als Data For Digital Terrain Extraction And Roughness Parametrization In Floodplain Areas <i>Geophysical Research Abstracts</i>, Vol. 11, Egu2009-13164, 2009 Egu General</p>

		<p>Assembly 2009].</p> <p>-Idda B., C. Nardinocchi, And M. Marsella; 2009; Use Of Als Data For Digital Terrain Extraction And Roughness Parametrization In Floodplain Areas; Rivista: Geophysical Research Abstracts; Volume: Vol. 11; Pp.: Egu 2009-13164; 009 Egu General Assembly .</p> <p>-Nardinocchi, C. B. Idda, And M. Marsella; 2009; Als Surveys To Monitor An Active Volcanic Area: The Case Of Stromboli Island (Italy); Rivista: Geophysical Research Abstracts; Volume: Vol. 11; Pp.: Egu2009-13177; 009 Egu General Assembly.</p> <p>-Pablo J. Gonzalez, P. Baldi, A. Bonforte, M. Fabris, J. Fernandez, M. Marsella, G. Puglisi, A. Sonnessa, And A. Spata; 2009; Horizontal Deformation Patterns Of An Instable Lava Terrace At Sciara Del Fuoco, Stromboli Volcano (2003-2005) Using Aerial Image Cross-Correlation; Rivista: Geophysical Research Abstracts; Volume: Vol. 11; Pp.: Egu2009-10853; 009 Egu General Assembly.</p> <p>-Proietti C, Coltelli M, Marsella M.A., Sonnessa A, Bernardo E (2008). Photogrammetric And Lidar Surveys On The Sciara Del Fuoco To Monitor The 2007 Stromboli Eruption. In: Use Of Remote Sensing Techniques For Monitoring Volcanoes And Seismogenic Areas. Napoli, 11-14 Novembre 2008, Isbn/Issn: 978-1-4244-2546-4 Doi:10.1109/Userest.2008.4740348.</p> <p>-CROCETTO N., TARANTINO E (2009). An object-oriented spatial information extraction from IKONOS multispectral data to detect agricultural transformations. In: Proceedings of the 2nd EOGC Congress, 2009. Chengdu, China, May 25-29, 2009, CHENGDU, p. 71-80.</p> <p>-LOSCO S.; 2010; Urban planning and environmental dimension: the sustainable quarter; Rivista: Proceedings of the IAHS World Congress on Housing, Design, technology, refurbishment and management; Volume: XXVII; pp.: 1-9; October 26-29, 2010, Santander, Spain.</p>
comunicazioni a convegni/congressi nazionali	11	<p>Si riportano solo i contributi ritenuti più significativi:</p> <p>-Botti G., Furini A., Gabaldo M., Pellegrinelli A; "Valutazione dell'accuratezza di DEM estratti da una stereocoppia GeoEye"; atti del Convegno ASITA - Brescia 9-12 novembre 2010.</p> <p>-A. Lugli, L. Vittuari, A. Zanutta. (2009). Sperimentazioni in ambiente GIS circa l'impiego di tecniche interferometriche SAR da satellite per la generazione di DEM. Convegno Nazionale SIFET - Atti del Convegno. Dalle misure al modello digitale. Mantova. 24-26/06/2009. (pp. 24 - 26). ISBN: 88-901939-7-2.</p> <p>-Bertacchini E., Capra A., Castagnetti C., Corsini A., Dubbini M., Ronchetti F. (2008). "Monitoraggio continuo di frane attive tramite integrazione GPS e stazione totale automatizzata", SIFET 2008.</p> <p>-Bertacchini E., Capra A., Castagnetti C., Dubbini M., Corsini A., Ronchetti F. (2008). "Monitoraggio continuo della frana dei Boschi di Valoria (Appennino Modenese, Italia) tramite integrazione GPS, stazione totale automatizzata e sensore inclinometrico", ASITA2008</p> <p>-Bertacchini E., Boni E., Capitani A., Capra A., Castagnetti C., Corsini A., Dubbini M., Permezzani E. (2009). "Stazione totale per il monitoraggio Leica TM30: test di verifica secondo norme DIN-18723 e test di funzionamento per il monitoraggio frane", ASITA2009</p> <p>-Bertacchini E., Capra A., Castagnetti C., Casula G., Dubbini M., Pesci A., Corsini A., Ronchetti F., Daehnè A., Farina P., Mayer L. (2009). "Integrazione di tecnologie differenti per il monitoraggio della Frana dei Boschi di Valoria (Modena): laser scanner long-range, stazione totale automatizzata ad altissima precisione e radar terrestre", ASITA2009.</p> <p>-PERFETTI N, CROCETTO N., PELLEGRINELLI A, RUSSO P (2009). Reliability interna di serie temporali GNSS in presenza di rumore colorato. Atti della 13ma Conferenza Nazionale ASITA. p. 1809-1814, BARI, ISBN/ISSN: 978-88-903132-2-6.</p> <p>-PELLEGRINELLI A, BENCIVELLI S, LOVO S, CROCETTO N., PERFETTI N, RICCHIERI F, RUSSO P (2009). La Stazione Maerografica Integrata di Porto Garibaldi. Atti della 13ma Conferenza Nazionale ASITA. p. 1565-1570, BARI, ISBN/ISSN: 978-88-903132-2-6-1.</p> <p>-BONORA V, CROCETTO N., NOBILE A, TUCCI G (2009). Misurare l'irregolare: applicazioni della geomatica alla tutela e al recupero di un habitat rupestre a Gravina di Puglia. Atti della 13ma Conferenza Nazionale ASITA. p. 1571-1576, BARI, ISBN/ISSN: 978-88-903132-2-6-1.</p> <p>-LOSCO S.; 2010; La città lineare Casertana nella conurbazione pseudo-metropolitana partenopea; Rivista: Atti della XVII Conferenza Internazionale Vivere e Camminare: La metropoli lineare. Brescia, Italy; pp.: 1-6; Università degli Studi di Brescia e di Padova.</p> <p>-LOSCO S.; 2009; Tradizione e innovazioni possibili nella pianificazione paesistica; Rivista: Atti della XII Conferenza Nazionale Società Italiana degli Urbanisti, 2009, Bari, Italy; pp.: 1-12; ISBN: 978-88-80827-94-8; In monografia di M.R. Lamacchia e A. Migliaccio: "Il progetto dell'urbanistica per il paesaggio", Adda Editore, 2009, Bari, Italy.</p>
rapporti interni	2	<p>Tesi di laurea magistrale in Ingegneria Ambiente e Territorio - Indirizzo Protezione Civile dal titolo:</p> <p>-Utilizzo della tecnica a scansione laser per l'analisi quantitativa di scenari di rischio: il caso di caduta blocchi da pareti rocciose del Monte Lentia (Isola di Vulcano);</p> <p>-Il monitoraggio di fenomeni franosi in aree vulcaniche: il caso del cono La Fossa (isola di Vulcano).</p>
brevetti depositati	0	
TOTALE	43	

Per ogni campo di testo max 8.000 caratteri spazi inclusi

Data 22/12/2010 14:38

Firma

Si autorizza alla elaborazione e diffusione delle informazioni riguardanti i programmi di ricerca presentati ai sensi del D. Lgs. n. 196/2003 del 30.6.2003 sulla "Tutela dei dati personali". La copia debitamente firmata deve essere depositata presso l'Ufficio competente dell'Ateneo.