



DETERMINA DEL DIRIGENTE

Determina Repertorio n. 1390/2019 Prot n. 153728 del 12/09/2019

Data della determina 12/09/2019

Contenuto: Determina di avviso esplorativo per verifica unicità del fornitore ex art. 63 D.Lgs 50/2016

Struttura: Obiettivo Strategico Centrale Acquisti

Dirigente: Dott. Massimo Benedetti

Oggetto: G054_2019 - Determina di indizione di avviso esplorativo per fornitura di prodotti e servizi di telerilevamento tramite interferometria radar da satellite per il monitoraggio di frane, dissesti idrogeologici ed altri fenomeni geologici.

Responsabile del procedimento: Dott. Massimiliano Nocentini

Struttura: Centro di Protezione Civile

Direttore: Prof. Nicola Casagli

Struttura proponente l'atto: Obiettivo Strategico – Centrale Acquisti

Dirigente: Dr. Massimo Benedetti

Allegati Atto:

Allegato N. 1 Schema avviso esplorativo

Tipologia di pubblicazione

Integrale



IL DIRIGENTE

VISTO che il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze svolge attività di monitoraggio, sorveglianza e allertamento, così come di supporto scientifico-tecnologico durante la fase di gestione delle emergenze nell'ambito del Servizio Nazionale della Protezione Civile (Legge n.225/1992) e del sistema di allerta nazionale (Direttiva PCM del 27 Febbraio 2004, Legge 100/ 2012);

CONSIDERATA l'importanza dell'attività svolta dal Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze, anche per le implicazioni riguardanti la pubblica e privata incolumità, risulta fondamentale la scelta della migliore tecnologia per garantire più avanzati e affidabili sistemi di monitoraggio, sviluppo di conoscenze e metodologie specifiche nel campo della previsione e prevenzione dei fenomeni deformativi;

VISTO che il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze sulla base della comparazione tra le specifiche tecniche dei sistemi attualmente disponibili e valutate le proprie esigenze in relazione alle applicazioni di interesse di protezione civile e servizi di monitoraggio continuo delle deformazioni del terreno, ritenendo necessaria l'acquisizione, funzionale allo svolgimento delle proprie attività istituzionali, della tecnologia PS-InSAR SqueeSAR, ha rilevato sul mercato la disponibilità della stessa presso un solo operatore economico, tanto da determinare sull'affidamento caratteristiche di esclusività, unicità e infungibilità;

RITENUTO necessario procedere alla pubblicazione di un Avviso esplorativo per verificare se vi siano altri operatori economici che possano offrire i prodotti e servizi dettagliati nell'allegato tecnico al suddetto Avviso (allegato n. 1);

RITENUTO PERTANTO OPPORTUNO pubblicare specifico Avviso esplorativo volta a confermare l'esistenza dei presupposti previsti dall'art. 63, comma 2, d.lgs. 50/2016 che consenta il ricorso alla procedura negoziata senza pubblicazione del bando ovvero individuare l'esistenza di soluzioni alternative; tale avviso verrà pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Unione Europea (G.U.U.E.) e sul profilo web, sezione Bandi di gara, della Stazione Appaltante;

Il sottoscritto in qualità di Dirigente preposto della Centrale Acquisti, Responsabile del Procedimento ai sensi e per gli effetti dell'art. 5 della L. 241/90, individuato nell'ambito del procedimento in oggetto, per le motivazioni espresse nella parte narrativa del presente atto, che qui si intendono integralmente richiamate,

DETERMINA

di approvare lo schema di Avviso esplorativo (in allegato) e procedere alla pubblicazione dello stesso sul profilo web sezione Bandi di gara della Stazione Appaltante nonché alla pubblicazione di specifico Avviso sulla Gazzetta Ufficiale Unione Europea (G.U.U.E.).

f.to Il Dirigente
Dott. Massimo Benedetti



Allegato n. 1

AVVISO ESPLORATIVO

Rif. Centrale acquisti G054_2019

Avviso pubblico esplorativo finalizzato all'affidamento della fornitura di prodotti e servizi di telerilevamento tramite interferometria radar da satellite per il monitoraggio di frane, dissesti idrogeologici ed altri fenomeni geologici.

L'Università degli Studi Firenze intende procedere ad un'indagine di mercato volta a confermare l'esistenza dei presupposti che consentono ai sensi dell'art. 63, comma 1, d.lgs. 50/2016 il ricorso alla procedura negoziata senza pubblicazione del bando per l'affidamento di Accordo Quadro, ovvero volta ad individuare l'esistenza di soluzioni alternative.

Il presente avviso è finalizzato esclusivamente ad una consultazione preliminare di mercato in modo non vincolante per l'Università, svolta in ossequio ai principi di trasparenza e massima partecipazione, al fine di non falsare la concorrenza, ai sensi delle Linee guida Anac n. 8 "Ricorso a procedura negoziate senza previa pubblicazione di un bando nel caso di forniture e servizi ritenuti infungibili".

La Stazione Appaltante si riserva inoltre di sospendere modificare o annullare la presente procedura e/o di non dare seguito alla successiva procedura di affidamento.

OGGETTO DELL'APPALTO: DESCRIZIONE E IMPORTO

Il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze, che è struttura operativa del Servizio Nazionale della Protezione Civile, ai sensi dell'art.13 del D.Lgs. 1/2018 "Codice della Protezione Civile" ed è riconosciuto Centro di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile ai sensi dell'art. 21 del medesimo D.Lgs. con Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 2616 del 19 giugno 2018, svolge attività di monitoraggio, sorveglianza e allertamento, così come di supporto scientifico-tecnologico durante la fase di gestione delle emergenze nell'ambito del Servizio Nazionale della Protezione Civile (Legge n.225/1992) e del sistema di allerta nazionale (Direttiva PCM del 27 Febbraio 2004, Legge 100/ 2012). Il Centro per la Protezione Civile si occupa inoltre di attività di predisposizione di piani in materia di protezione civile e di sviluppo di banche dati e di ogni altra attività utile per la previsione e prevenzione dei rischi naturali e antropici.

Considerata l'importanza di questo tipo di attività, anche per le implicazioni riguardanti la pubblica e privata incolumità, risulta fondamentale la scelta della migliore tecnologia per garantire più avanzati e affidabili sistemi di monitoraggio, sviluppo di conoscenze e metodologie specifiche nel campo della previsione e prevenzione dei fenomeni deformativi.

Dall'analisi delle pubblicazioni scientifiche e delle esperienze direttamente condotte dal nostro centro di ricerca per finalità di Protezione Civile e di studio e monitoraggio telerilevato del territorio anche in continuo su vaste aree, emerge che la tecnica di elaborazione SqueeSAR presenta caratteristiche peculiari che la rendono unica nel suo genere e particolarmente adatta per applicazioni di protezione civile, anche in fase di emergenza, e per attività di monitoraggio per conto di enti di competenza regionale o locale adibiti alla gestione del territorio e alla difesa del suolo.

SqueeSAR infatti rappresenta la tecnica InSAR più all'avanguardia per la misura degli spostamenti superficiali, in grado di estrarre informazione di movimento in aree dove altre tecniche non sono ancora in grado di farlo, e con la più alta densità di punti di misura dei movimenti del terreno.

Sulla base della comparazione tra le specifiche tecniche dei sistemi attualmente disponibili e valutate le esigenze del Centro per la Protezione Civile in relazione alle applicazioni di interesse di protezione civile e servizi di monitoraggio continuo delle deformazioni del terreno, l'Ateneo ha individuato la tecnologia PS-InSAR SqueeSAR come unica idonea a soddisfare le esigenze



connesse alle attività svolte della propria struttura di Protezione Civile.

L'indicazione dettagliata dei prodotti e dei servizi richiesti è consultabile nell'allegato n. 1 al presente avviso.

IMPORTO: L'importo complessivo stimato per la durata di efficacia dell'Accordo Quadro ammonta a **€ 800.000,00** oltre IVA.

PROCEDURA

Per l'affidamento del contratto oggetto della presente indagine di mercato, qualora sia assente concorrenza, sarà avviata una procedura negoziata senza previa pubblicazione di un bando di gara, ai sensi dell'art. 63 D.lgs. 50/2016, finalizzata alla sottoscrizione di Accordo Quadro.

CRITERIO DI AGGIUDICAZIONE

L'appalto verrà aggiudicato con il criterio del minor prezzo, ai sensi di quanto stabilito dall'art. 95 del D.Lgs 50/2016.

TERMINE DI ESECUZIONE

La durata dell'Accordo Quadro è stabilito in 4 (quattro) anni, decorrenti dalla data del verbale di attivazione.

SOGGETTI AMMESSI E REQUISITI DI PARTECIPAZIONE.

Sono ammessi a partecipare alle procedure di affidamento gli operatori economici nelle forme di cui all'art. 45 del D.lgs. n. 50/2016 e s.m.i., in possesso dei requisiti generali di moralità di cui all'art. 80 del D.Lgs 50/2016.

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Responsabile del Procedimento di Gara: Dott. Massimiliano Nocentini, Direttore tecnico del Centro per la Protezione Civile (tel 055 2757781 – email [massimiliano.nocentini\(AT\)unifi.it](mailto:massimiliano.nocentini(AT)unifi.it)).

TERMINE E MODALITA' DI PRESENTAZIONE CANDIDATURA

Il termine entro cui inoltrare la candidatura riguardante l'effettiva possibilità di fornire i prodotti e i servizi oggetto del presente Avviso è fissato per il giorno 30/09/2019, ore 18:00.

La candidatura, assieme a tutti i riferimenti di contatto dell'impresa, dovrà pervenire entro la data sopra indicata, a mezzo pec, firmata digitalmente, all'indirizzo ufficio.contratti@pec.unifi.it

Questa amministrazione procederà ad esaminare le eventuali candidature pervenute, riservandosi la facoltà di procedere con approfondimenti in merito alle effettive possibilità dell'impresa di erogare le prestazioni di cui all'allegato n. 1 e, conseguentemente, di non accogliere quelle ritenute non idonee o non corrispondenti a quanto necessario.

Il presente avviso è pubblicato sul sito web dell'Università degli Studi Firenze <https://www.unifi.it> sezione Bandi di gara. Ulteriore avviso è pubblicato sulla Gazzetta Europea



tramite portale informativo sugli appalti pubblici europei (SIMAP).

L'Università degli Studi di Firenze, ai sensi del regolamento (UE) del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 aprile 2016 e del Codice in materia di dati personali D.L. n.196/2003, informa l'Impresa che tratterà i dati, contenuti negli atti inerenti la pratica oggetto del presente contratto, esclusivamente per lo svolgimento delle attività e per l'assolvimento degli obblighi previsti dalle leggi e dai regolamenti aziendali in materia. Il titolare del trattamento dei Suoi dati personali è l'Università degli Studi di Firenze, con sede in Firenze, Piazza San Marco, 4 telefono 055 27571 e-mail: urp@unifi.it pec: ateneo@pec.unifi.it

Il Responsabile della protezione dei dati (RPD) è il Dott. Massimo Benedetti, Dirigente dell'Area Affari generali e legali, Firenze, via G. la Pira, 4 telefono. 055 2757667 e-mail: privacy@adm.unifi.it

DOCUMENTAZIONE ALLEGATA:

Relazione tecnica.

Il Dirigente
dott. Massimo Benedetti

Allegato

RELAZIONE TECNICA

Advanced PS-InSAR - Tecniche avanzate *Persistent Scatterers* *Interferometric Synthetic Aperture Radar*

Il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze, che è struttura operativa del Servizio Nazionale della Protezione Civile, ai sensi dell'art.13 del D.Lgs. 1/2018 "Codice della Protezione Civile" ed è riconosciuto Centro di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile ai sensi dell'art. 21 del medesimo D.Lgs., con Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 2616 del 19 giugno 2018, svolge attività di monitoraggio, sorveglianza e allertamento, così come di supporto scientifico-tecnologico durante la fase di gestione delle emergenze nell'ambito del Servizio Nazionale della Protezione Civile (Legge n.225/1992) e del sistema di allerta nazionale (Direttiva PCM del 27 Febbraio 2004, Legge 100/ 2012). Il Centro per la Protezione Civile si occupa inoltre di attività di predisposizione di piani in materia di protezione civile e di sviluppo di banche dati e di ogni altra attività utile per la previsione e prevenzione dei rischi naturali e antropici.

Considerata l'importanza di questo tipo di attività, anche per le implicazioni riguardanti la pubblica e privata incolumità, risulta fondamentale la scelta della migliore tecnologia per garantire più avanzati e affidabili sistemi di monitoraggio, sviluppo di conoscenze e metodologie specifiche nel campo della previsione e prevenzione dei fenomeni deformativi.

Gli ultimi 15 anni hanno visto l'affermarsi della tecnica dell'interferometria radar da satellite (*Persistent Scatterers Interferometric Synthetic Aperture Radar; PS-InSAR*) per il monitoraggio di frane, dissesti idrogeologici ed altri fenomeni geologici, a cui il gruppo di ricerca del Centro per la Protezione Civile di Ateneo istituito presso l'Università degli Studi di Firenze ha dato un fondamentale contributo nella fase di sviluppo fin dagli anni '90.

Il Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di Firenze ha raggiunto infatti ad oggi una lunga e comprovata esperienza nel monitoraggio e sorveglianza delle deformazioni del terreno per il rischio idrogeologico tramite tecniche di telerilevamento, in particolare mediante interferometria radar da piattaforma satellitare.

Attualmente, le tecnologie satellitari più robuste e mature, l'aumentata capacità di elaborazione di immagini radar satellitari e le maggiori capacità computazionali rendono possibile la realizzazione di elaborazioni interferometriche dei dati radar satellitari caratterizzate da possibilità di processing su aree vaste, da un *update* continuo con aggiornamento dei dati dopo ogni nuova acquisizione satellitare, e da un *processing* automatico (*unsupervised*) che permette di rilevare eventuali cambi di trend nelle serie di spostamento dei punti di misura.

L'interferometria radar da satellite negli ultimi quindici - vent'anni è stata impiegata con ottimi risultati in diversi settori per la misura e la mappatura degli spostamenti superficiali del terreno e dei manufatti:

- rischi naturali: le principali applicazioni riguardano lo studio di deformazioni del suolo indotte da frane (*e.g.*, Solari et al., 2018; Raspini et al., 2013, 2015, 2018; Meisina et al., 2013; Intrieri et al., 2018; Di Traglia 2018a; Ciampalini et al., 2015;

Bianchini et al., 2017, 2018; Bardi et al., 2014), movimenti tettonici (e.g., Lagios et al., 2013), attività vulcanica (Sakkas et al., 2014; Di Traglia 2018b), consolidazione naturale di terreni (Raspini et al., 2014)

- monitoraggio grandi opere (in particolare attività di *tunnelling*, Bayer et al., 2017) e analisi delle deformazioni alla scala del singolo edificio (Ciampalini et al., 2014; Bianchini et al., 2015)
- monitoraggio attività mineraria (in particolare *open pit mine*, Paradella et al., 2015);
- monitoraggio attività di emungimento: analisi di subsidenza legata ad estrazione di fluidi dal sottosuolo od attività mineraria (Righini et al., 2011).

Oggi esistono diverse tecniche di elaborazione interferometrica multi - temporale implementate per processare immagini SAR (Radar ad Apertura Sintetica), al fine di monitorare deformazioni millimetriche del suolo (Crosetto et al., 2015).

Di seguito vengono elencati i principali algoritmi di *processing*:

PSInSAR - Permanent Scatterers Interferometry (Ferretti et al. 2000, 2001; Colesanti et al., 2003) - La tecnica PSInSAR è la prima tecnica di elaborazione interferometrica multi - temporale, sviluppata e brevettata nel 1999 dal Politecnico di Milano e concessa in licenza esclusiva a *omissis*. La tecnica PSInSAR lavora con bersagli radar, detti *PS (Permanent o Persistent Scatterers)*, che sono praticamente immuni agli effetti di decorrelazione geometrica e temporale, presentando un'elevata coerenza interferometrica in virtù di un'elevata stabilità nel tempo della risposta elettromagnetica. I PS sono materializzati in elementi già presenti al suolo, quali manufatti (edifici, monumenti, strade, linee ferroviarie, tralicci) oppure elementi naturali (affioramenti rocciosi). Questa tecnica usa una singola immagine *master* per generare una serie di interferogrammi differenziali, senza limitazioni temporali o di *baseline* spaziali. I *pixel* candidati PS sono quelli che mostrano una determinata qualità/stabilità in termini di fase e sono selezionati in base alle loro proprietà di *backscattering*, in particolare la dispersione dell'ampiezza e alta coerenza. Il modello applicato nell'algoritmo è un modello di deformazione lineare nel tempo. Con tale approccio è possibile analizzare tutti gli interferogrammi definiti a partire dallo *stack* di immagini a disposizione (sono necessarie almeno 15-20 immagini SAR). Utilizzando le serie storiche delle acquisizioni, è possibile sia stimare e rimuovere l'entità del disturbo dovuto all'atmosfera terrestre, sia misurare i possibili movimenti superficiali del terreno sui singoli pixel con precisione sub-millimetrica.

SBAS - Small Baseline Subset (Berardino et al. 2002; Lanari et al. 2004) - La tecnica SBAS, sviluppata *omissis*, utilizza la combinazione di un numero elevato di interferogrammi differenziali ottenuti da coppie di immagini separate da ridotta *baseline* spaziale e temporale, su cui è operata una media che permette di migliorare la qualità del segnale di fase mitigando il rumore e garantendo la possibilità di ottenere il maggior numero possibile di pixel coerenti. I pixel dei bersagli radar vengono selezionati in base alla loro coerenza. Vengono effettuate operazioni di filtro spaziale per rimuovere parzialmente gli effetti di decorrelazione negli interferogrammi, pur riducendone la risoluzione. Tale approccio consente quindi di effettuare analisi anche in zone non densamente urbanizzate consentendo di selezionare quelli che vengono definiti scatteratori distribuiti, ma caratterizzati da risoluzione spaziale ridotta se

confrontata con i PS. Questo aspetto è stato parzialmente risolto tramite un'estensione dell'algoritmo (Lanari et al., 2004) che può operare a due scale spaziali, ovvero a media risoluzione (interferogrammi *multi-look*) e anche a piena risoluzione (interferogrammi *single-look*).

SqueeSAR (Ferretti et al. 2011) – L'algoritmo SqueeSAR è un'evoluzione della tecnica PSInSAR™, sviluppata e brevettata da *omissis* e sfrutta sia i bersagli puntiformi PS (Persistent Scatterers), sia i bersagli cosiddetti “scatterer spazialmente distribuiti” DS (*Distributed scatterers*). Le aree utilizzate come DS sono aree composte da punti che non hanno la coerenza necessaria a diventare dei punti PS, ma sono comunque distinguibili dal rumore di fondo e i loro segnali radar riflessi sono meno forti, ma statisticamente coerenti. Tramite operazioni di analisi statistica e di unione di vari punti aventi stesso comportamento elettromagnetico, è possibile quindi ottenere ugualmente aree DS da cui estrarre informazioni. I DS corrispondono tipicamente a zone parzialmente vegetate come pascoli, campi, zone detritiche, suoli nudi, aree desertiche etc. L'algoritmo SqueeSAR è stato sviluppato per elaborare i segnali riflessi da queste aree omogenee a bassa riflettività, ma incorpora anche PSInSAR, quindi non perde nessuna informazione. La tecnica SqueeSAR infatti permette di selezionare contemporaneamente punti PS e DS, incrementando enormemente il numero di riflettori soprattutto in aree rurali e poco abitate. L'aumento di dati a disposizione riduce il rumore di fondo del segnale e, al contempo, migliora l'analisi delle serie storiche, diminuendo il valore della deviazione standard ed aumentando la coerenza.

StaMPS - Stanford Method for Persistent Scatterers (Hooper et al. 2004, 2007; Hooper, 2008) - La tecnica StaMPS proposta da *omissis* (2004, 2007), è un approccio di tipo PS (*Persistent Scatterers*) che usa una immagine *master* per produrre lo *stack* di interferogrammi e utilizza la correlazione spaziale delle fasi interferometriche per trovare bersagli puntiformi con firma elettromagnetica stabile nel tempo. Il metodo è particolarmente efficace per trovare bersagli naturali a bassa ampiezza e quindi utile per applicazioni in aree non urbane. Inoltre non richiede un modello di deformazione *a priori*. La tecnica StaMPS ha dato origine al *software* StaMPS dedicato per questa tipologia di elaborazione.

IPTA - Interferometric Point Target Analysis (Werner et al. 2003, Strozzi et al. 2006) - La tecnica IPTA è stata sviluppata presso *omissis*. Questo approccio è di tipo PS (*Persistent Scatterers*), utilizzando una singola immagine *master* per generare lo *stack* di interferogrammi, e adotta un modello di deformazione lineare nel tempo. La tecnica IPTA permette di trovare bersagli radar in aree a bassa coerenza e può utilizzare coppie di immagini con larghe *baseline* spaziali per l'interpretazione di fase. Un *software* specifico, chiamato IPTA GAMMA SAR, è stato implementato e dedicato per l'elaborazione interferometrica multi-temporale dei dati SAR grezzi.

PSP - Persistent Scatterer Pairs (Costantini et al. 2000, 2002) - La tecnica PSP, sviluppata da *omissis* e successivamente *omissis*, è una tecnica di elaborazione di tipo PS che utilizza una procedura algoritmica proprietaria per l'individuazione e l'analisi dei riflettori radar su lunghe serie di immagini SAR. L'idea centrale e la peculiarità del metodo PSP è quella di sfruttare solo le proprietà del segnale relative a coppie di punti vicini, sia per identificare sia per analizzare i bersagli PS. Due punti vicini, infatti, sono affetti allo stesso modo da artefatti atmosferici ed orbitali, ed in generale da tutti i contributi correlati spazialmente. In questo

modo, i disturbi atmosferici sono eliminati sfruttando la loro correlazione spaziale, sfruttando la loro correlazione spaziale.

CPT - Coherent Pixels Technique (Mora et al. 2003; Blanco et al. 2007) – La tecnica CPT, sviluppata presso *omissis*, è un approccio di tipo SB (Small baseline) che utilizza interferogrammi ottenuti a partire da dati satellitari acquisiti da orbite sufficientemente vicine (piccole *baseline* spaziali) e con tempi di rivisitazione non elevati (piccole *baseline* temporali). La metodologia CPT consente una stima delle componenti lineare e non-lineare della deformazione del suolo ed è in grado di estrarre l'evoluzione dello spostamento nel tempo su vaste aree da uno *stack* di interferogrammi differenziali. La tecnica CPT usa nell'algoritmo il criterio della coerenza nel selezionare i bersagli radar e un modello di deformazione lineare.

SPN - Stable Point Network (Arnaud et al. 2003, Duro et al. 2005) – La tecnica SPN è stata sviluppata da *omissis* nell'ambito di un progetto di ricerca con il CNES (Agenzia spaziale francese) e l'ESA (Agenzia spaziale europea). Dal 2016 la società *omissis* è stata incorporata da *omissis* che ha assunto la denominazione di *omissis*. La metodologia SPN è un approccio di tipo SB (Small Baseline) e si concentra come punti radar su *pixel* caratterizzati da un comportamento elettromagnetico stabile e di alta qualità nell'ampiezza e nella coerenza interferometrica e spettrale. Per ogni punto selezionato, viene estratta l'evoluzione temporale dello spostamento utilizzando un modello lineare di deformazione. Grazie alla sua capacità di analizzare interferogrammi a risoluzione ridotta, con funzionamento *multi-look*, l'algoritmo SPN è particolarmente adatto per le indagini nelle aree non urbane.

STUN - Spatio-Temporal Unwrapping Network (Kampes, 2006) – La tecnica STUN è stata proposta da *omissis* (2006) ed è un approccio di elaborazione di tipo PS che utilizza una singola immagine *master* per produrre lo *stack* interferometrico dei dati. In particolare, la tecnica STUN seleziona i pixel sulla base della dispersione dell'ampiezza e sul rapporto "segnale/rumore *clutter*" e combina diversi tipi di modelli di deformazione nella procedura algoritmica.

Tecnica	Sviluppo	Bibliografia
PSInSAR	<i>omissis</i> , Italia, Francia, Canada	Ferretti et al., 2000, 2001;
SBAS	<i>omissis</i> Italia	Berardino et al. 2002; Lanari et al. 2004;
SqueeSAR	<i>omissis</i> , Italia, Francia, Canada	Ferretti et al, 2011
StaMPS	<i>omissis</i> , USA	Hooper et al. 2004, 2007
IPTA	<i>omissis</i> , Svizzera	Werner et al.2003
PSP	<i>omissis</i> , Italia	Costantini et al. 2000,



		2002
CPT	<i>omissis</i> , Spagna	Mora et al., 2003; Blanco et al. 2007.
SPN	<i>omissis</i> , Italia, Francia, Canada	Arnaud et al. 2003; Duro et al. 2005
STUN	<i>omissis</i>), Germania	Kampes et al. 2006

Prospetto schematico dei diversi approcci di elaborazione di immagini radar satellitari.

Dall'analisi delle pubblicazioni scientifiche e delle esperienze direttamente condotte dal nostro centro di ricerca per finalità di Protezione Civile e di studio e monitoraggio telerilevato del territorio anche in continuo su vaste aree, emerge che la tecnica di elaborazione SqueeSAR presenta caratteristiche peculiari che la rendono unica nel suo genere e particolarmente adatta per applicazioni di protezione civile, anche in fase di emergenza, e per attività di monitoraggio per conto di enti di competenza regionale o locale adibiti alla gestione del territorio e alla difesa del suolo.

SqueeSAR infatti rappresenta la tecnica InSAR più all'avanguardia per la misura degli spostamenti superficiali, in grado di estrarre informazione di movimento in aree dove altre tecniche non sono ancora in grado di farlo, e con la più alta densità di punti di misura dei movimenti del terreno.

In particolare, l'approccio SqueeSAR è di tipo PS e si distingue dalle altre metodologie (i.e. di tipo SB) perché permette di effettuare elaborazioni di serie di interferogrammi senza limitazioni temporali o di *baseline* spaziale.

L'uso congiunto di bersagli puntiformi (PS) e distribuiti (*Distributed Scatterers* - DS) e il conseguente aumento di dati a disposizione riducono il rumore di fondo del segnale radar. Inoltre, i ridotti valori di deviazione standard sulle serie storiche permettono una più alta coerenza, una migliore precisione della misura, e una qualità superiore delle serie temporali di spostamento.

Con l'algoritmo SqueeSAR si ottiene un'elevata densità spaziale di punti di misura (fino a 400 PS/km²) sia in zone urbane, sia soprattutto in zone extra-urbane. Quest'ultime corrispondono a aree rurali e parzialmente vegetate, che sono quelle potenzialmente più interessate e suscettibili ai processi di erosione del suolo e fenomeni di dissesto idrogeologico, oggetto dell'attività di ricerca da parte del Centro per la Protezione Civile.

La tecnica SqueeSAR permette pertanto una maggiore comprensione dei fenomeni di spostamento superficiale del terreno su qualsiasi area di interesse, grazie ad una più alta risoluzione spaziale e un aumento della copertura dei punti di misura, specialmente significativo nel caso di aree a bassa riflettività, tipicamente frane, aree rocciose e detritiche.

In particolare, la tecnica SqueeSAR rappresenta la soluzione più utile ed efficace per il monitoraggio non solo delle aree urbane ma anche di quelle extra-urbane, dove la densità delle misure PS può talvolta risultare non soddisfacente. L'innovazione consiste nell'aver individuato la nuova famiglia di bersagli areali monitorabili da satellite, i cosiddetti DS corrispondenti a aree detritiche, campi non coltivati, aree semi-naturali, che si vanno ad aggiungere ai PS.

La tecnica SqueeSAR è inoltre oggi implementata dalla società *omissis* nell'ambito di servizi di monitoraggio in continuo (*PS continuous streaming*) che prevedono la realizzazione di elaborazioni interferometriche delle immagini radar satellitari caratterizzate da *processing* su aree vaste con aggiornamento continuo dei dati dopo ogni nuova acquisizione satellitare, e da procedure automatiche (*unsupervised*) con algoritmi di estrazione dei cambi di *trend* nelle serie temporali di spostamento dei bersagli radar. In particolare, tramite queste elaborazioni, è possibile ottenere punti di misura che mostrano “anomalie” di movimento, quali variazioni repentine della velocità o accelerazioni del movimento del terreno, utili ai fini dell'aggiornamento dinamico e continuo del quadro conoscitivo del territorio regionale per il rischio idrogeologico e geomorfologico e segnalazione tempestiva di situazioni di criticità sul territorio.

--

In conclusione, sulla base della comparazione tra le specifiche tecniche dei sistemi attualmente disponibili e valutate le esigenze del Centro per la Protezione Civile in relazione alle applicazioni di interesse di protezione civile e servizi di monitoraggio continuo delle deformazioni del terreno, la tecnologia PS-InSAR SqueeSAR offerta da *omissis* presenta evidenti caratteristiche di **esclusività, unicità e infungibilità**.

Bibliografia

- Arnaud A., Adam N., Hanssen R., Inglada J., Duro J., Closa J., Eineder M. (2003) ASAR ERS interferometric phase continuity. Proceedings of IGARSS 2003, Toulouse, France.
- Bayer, B., Simoni, A., Schmidt, D., & Bertello, L. (2017). Using advanced InSAR techniques to monitor landslide deformations induced by tunneling in the Northern Apennines, Italy. *Engineering Geology*.
- Berardino P., Fornaro G., Lanari R., Sansosti E. (2002) A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. *IEEE TGRS* 40 (11), 2375–2383.
- Bianchini, S., Pratesi, F., Nolesini, T., & Casagli, N. (2015). Building Deformation Assessment by Means of Persistent Scatterer Interferometry Analysis on a Landslide-Affected Area: The Volterra (Italy) Case Study. *Remote Sensing*, 7(4), 4678-4701.
- Bianchini, S., Raspini, F., Ciampalini, A., Lagomarsino, D., Bianchi, M., Bellotti, F. and Casagli, N., 2017. Mapping landslide phenomena in landlocked developing countries by means of satellite remote sensing data: the case of Dilijan (Armenia) area. *Geomatics, Natural Hazards & Risk*, 8(2).
- Bianchini S., Raspini F., Solari L., Del Soldato M., Ciampalini A., Rosi A., Casagli N. (2018) From Picture to Movie: Twenty Years of Ground Deformation Recording Over Tuscany Region (Italy) With Satellite InSAR. *Frontiers in Earth Science*, 6, p.177.
- Blanco-Sanchez P., Mallorquì J.J., Duque S., Monells D. (2007) The coherent pixels technique (CPT): An advanced DInSAR technique for nonlinear deformation monitoring. *Pure Applied Geophysics*, 165 (6), 1167 -1193.



- Ciampalini, A., Bardi, F., Bianchini, S., Frodella, W., Del Ventisette, C., Moretti, S., & Casagli, N. (2014). Analysis of building deformation in landslide area using multisensor PSInSAR™ technique. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33, 166-180.
- Colesanti, C., Ferretti, A., Prati, C., & Rocca, F. (2003). Monitoring landslides and tectonic motions with the Permanent Scatterers Technique. *Engineering Geology*, 68(1), 3-14.
- Costantini M., Malvarosa F., Minati F., Pietranera L., Milillo G. (2002) A threedimensional phase unwrapping algorithm for processing of multitemporal SAR interferometric measurements. In: *Proceedings of IGARSS 2002, Toronto*
- Costantini M., Iodice A., Magnapane L. & Pietranera L. (2000) Monitoring terrain movements by means of sparse SAR differential interferometric measurements. *Proc. IGARSS 2000, Honolulu, Hawaii, USA*. 3225-3227.
- Crosetto M., Monserrat O., Cuevas-Gonzalez M.C., Devanthèry N., Crippa B. (2015) Persistent Scatterer Interferometry: A review. *Remote Sensing*, doi:10.1016/j.isprsjprs.2015.10.011.
- Di Traglia F., Nolesini T., Ciampalini A., Solari L., Frodella, W. (2018a) Tracking morphological changes and slope instability using spaceborne and ground-based SAR data. *Geomorphology*, 300, pp.95-112.
- Di Traglia F., Teresa N., Solari L., Ciampalini A., Frodella W., Steri D., Allotta B., Rindi A., Marini L., Monni E., Galardi E., Casagli N., (2018b) Lava delta deformation as a proxy for submarine slope instability. *EARTH AND PLANETARY SCIENCE LETTERS*, 488, pp.46-58.
- Duro J., Closa J., Biescas E., Crosetto M., Arnaud A. (2005). High resolution differential interferometry using time series of ERS and ENVISAT SAR data. *Proceedings of the 6th. Geomatic week conference, Barcelona, Spain*.
- Ferretti, A., Prati, C., & Rocca, F. (2000). Nonlinear subsidence rate estimation using permanent scatterers in differential SAR interferometry. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE transactions on*, 38(5), 2202-2212.
- Ferretti A., Prati C., Rocca F. (2001) Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE TGRS* 39 (1), 8–20.
- Ferretti A., Fumagalli A., Novali F., Prati C., Rocca F., Rucci A. (2011) A new algorithm for processing interferometric data-stacks: SqueeSAR. *IEEE TGRS* 49 (9), 3460–3470.
- Hooper A., Zebker H., Segall P., Kampes B. (2004) A new method for measuring deformation on volcanoes and other natural terrains using InSAR persistent scatterers. *Geophys. Res. Lett.* 31 (23).
- Hooper A., Zebker H.A. (2007) Phase unwrapping in three dimensions with application to InSAR time series. *JOSA A* 24 (9), 2737–2747.
- Hooper A. (2008) A multi-temporal InSAR method incorporating both persistent scatterer and small baseline approaches. *Geophys. Res. Lett.* 35 (16).
- Intrieri E., Raspini F., Fumagalli A., Lu P., Del Conte S., Farina P., Allievi J., Ferretti A.,

- Casagli N., (2018) The Maoxian landslide as seen from space: detecting precursors of failure with Sentinel-1 data. *Landslides*, 15(1), pp.123-133.
- Kampes B.M. (2006) The stun algorithm. In *Radar Interferometry: Persistent Scatterer Technique*; Springer: New York, NY, USA, 43–69.
- Lagios, E., Sakkas, V., Novali, F., Bellotti, F., Ferretti, A., Vlachou, K., & Dietrich, V. (2013). SqueeSAR™ and GPS ground deformation monitoring of Santorini Volcano (1992–2012): Tectonic implications. *Tectonophysics*, 594, 38-59.
- Lanari R., Mora O., Manunta M., Mallorquí J.J., Berardino P., Sansosti E. (2004). A small-baseline approach for investigating deformations on full-resolution differential SAR interferograms. *IEEE TGRS* 42 (7), 1377–1386.
- Mora O., Mallorqui, J.J., Broquetas, A. (2003) Linear and nonlinear terrain deformation maps from a reduced set of interferometric SAR images. *IEEE TGRS* 41 (10), 2243–2253
- Paradella, W.R.; Ferretti, A.; Mura, J.C.; Colombo, D.; Gama, F.F.; Tamburini, A.; Santos, A.R.; Novali, F.; Galo, M.; Camargo, P.O.; Silva, A.Q.; Silva, G.G.; Silva, A.; Gomes, L.L. (2015). Mapping surface deformation in open pit iron mines of Carajás Province (Amazon Region) using an integrated SAR analysis. *Engineering Geology*, 193, 61-78.
- Raspini F., Bianchini, S., Ciampalini, A., Del Soldato, M., Solari, L., Novali, F., Del Conte, S., Rucci, A., Ferretti, A., Casagli, N. (2018) Continuous, semi-automatic monitoring of ground deformation using Sentinel-1 satellites. *Scientific Reports*, 8, p.7253.
- Raspini, F., Ciampalini, A., Del Conte, S., Lombardi, L., Nocentini, M., Gigli, G., Ferretti, A., & Casagli, C. (2015). Exploitation of amplitude and phase of satellite SAR images for landslide mapping: the case of Montescaglioso (South Italy). *Remote Sensing*.
- Raspini, F., Loupasakis, C., Rozos, D., Adam, N., & Moretti, S. (2014). Ground subsidence phenomena in the Delta municipality region (Northern Greece): Geotechnical modeling and validation with Persistent Scatterer Interferometry. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28, 78-89.
- Raspini, F., Moretti, S., & Casagli, N. (2013). Landslide mapping using SqueeSAR data: Giampilieri (Italy) case study. In *Landslide Science and Practice* (pp. 147-154). Springer Berlin Heidelberg.
- Righini, G., Raspini, F., Moretti, S., & Cigna, F. (2011). Unsustainable use of groundwater resources in agricultural and urban areas: a persistent scatterer study of land subsidence at the basin scale. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 144(544), 81-92.
- Sakkas, V., Novali, F., Lagios, E., Bellotti, F., Vassilopoulou, S., Damiata, B. N., & Allievi, J. (2014). Ground deformation study of KOS island (SE Greece) based on Squee-SAR™ interferometric technique. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International* (pp. 4319-4322).
- Solari L., Raspini F., Del Soldato M., Bianchini S., Ciampalini A., Ferrigno F., Tucci S., Casagli N. (2018). Satellite radar data for back-analyzing a landslide event: the Ponzano (Central Italy) case study. *Landslides*, 15(4), pp.773-782.
- Werner C., Wegmüller U., Strozzi T., Wiesmann A. (2003) Interferometric point target



analysis for deformation mapping. In: Proceedings of IGARSS 2003, Toulouse, France.

f.to Il Presidente del Centro
Prof. Nicola Casagli