

GEO SURVEYOR



**Sistema di visione applicato
al monitoraggio di aree e strutture di grandi dimensioni
misure tridimensionali dense
analisi delle deformazioni
rilevamento di movimenti in tempo reale**

Generalità

GEO surveyor è un nuovo tipo di dispositivo di misura tridimensionale e di rilevamento ottico di tipo fotogrammetrico a corto raggio applicato al monitoraggio ambientale e infrastrutturale, che fornisce informazioni non disponibili con altre tecnologie tradizionali applicate ai medesimi settori.

Il dispositivo è in grado di monitorare aree estese per centinaia di metri e di fornire in tempo reale informazioni dense con una risoluzione spaziale dell'ordine di alcuni millimetri.

Il dispositivo utilizza sensori ottici ad altissima definizione, videocamere CCD da 29Mpixel, campionate in modo continuo alla cadenza di 4 immagini al secondo, per rilevare automaticamente e documentare eventi con un dettaglio spaziale e temporale finora inimmaginabili.

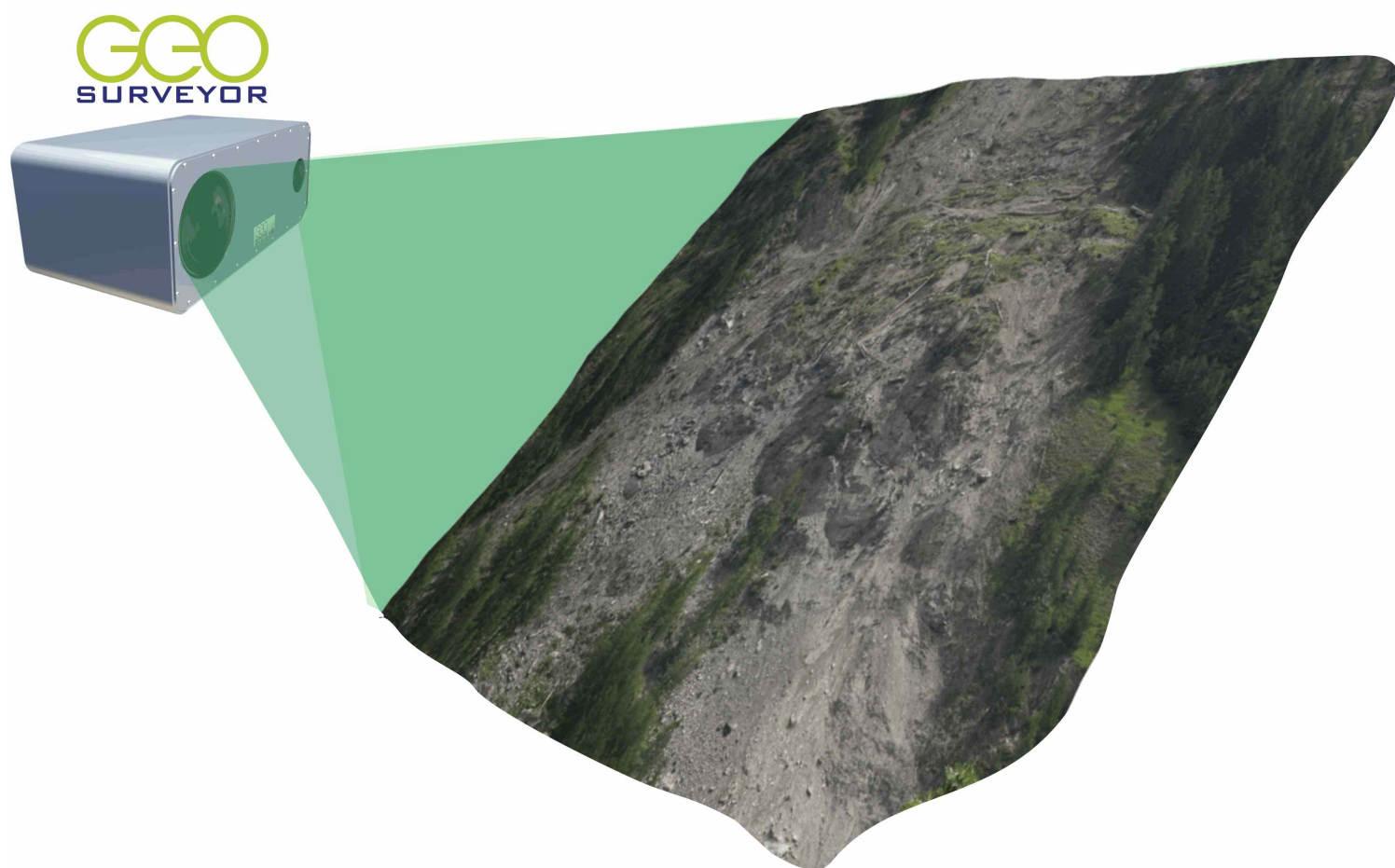
Le immagini sono elaborate al fine di ricostruire in 3D, rilevare e riconoscere i movimenti che avvengono nell'area controllata.

I movimenti sono rilevati a scale temporali differenti, in funzione delle diverse esigenze applicative.

Tipicamente sono rilevati movimenti rapidi quali possono essere le cadute di oggetti, le vibrazioni, e le oscillazioni, su scale temporali dell'ordine del secondo, così come le variazioni lente quali gli scivolamenti del terreno e le deformazioni strutturali, su scale temporali di giorni o mesi.

Tutti gli eventi sono dettagliatamente documentati con immagini e filmati di immediata fruibilità da parte degli operatori preposti al controllo.

Il dispositivo fornisce, in remoto, alla centrale operativa e agli smartphone registrati, tutti gli allarmi in modo immediato e l'accesso agli archivi di dati, corredati di mappe tematiche 2D e 3D, immagini e filmati.



Tecnologia

Il sistema di rilevamento automatico **GEO-Surveyor** si basa sul principio della fotogrammetria terrestre a corto raggio (Close Range Photogrammetry) in cui più telecamere ad alta risoluzione osservano con continuità un sito terrestre in cui avvengono movimenti a diverse scale temporali. Tali eventi sono caratterizzati sia spazialmente sia temporalmente attraverso la comparazione di immagini riprese da punti di vista e a tempi diversi (analisi stereometrica e flussometrica). La corrispondenza tra le immagini diverse consente di utilizzare il sistema di ripresa ottica come rilevatore tridimensionale in grado di misurare sia la superficie 3D sia le sue variazioni nel tempo.

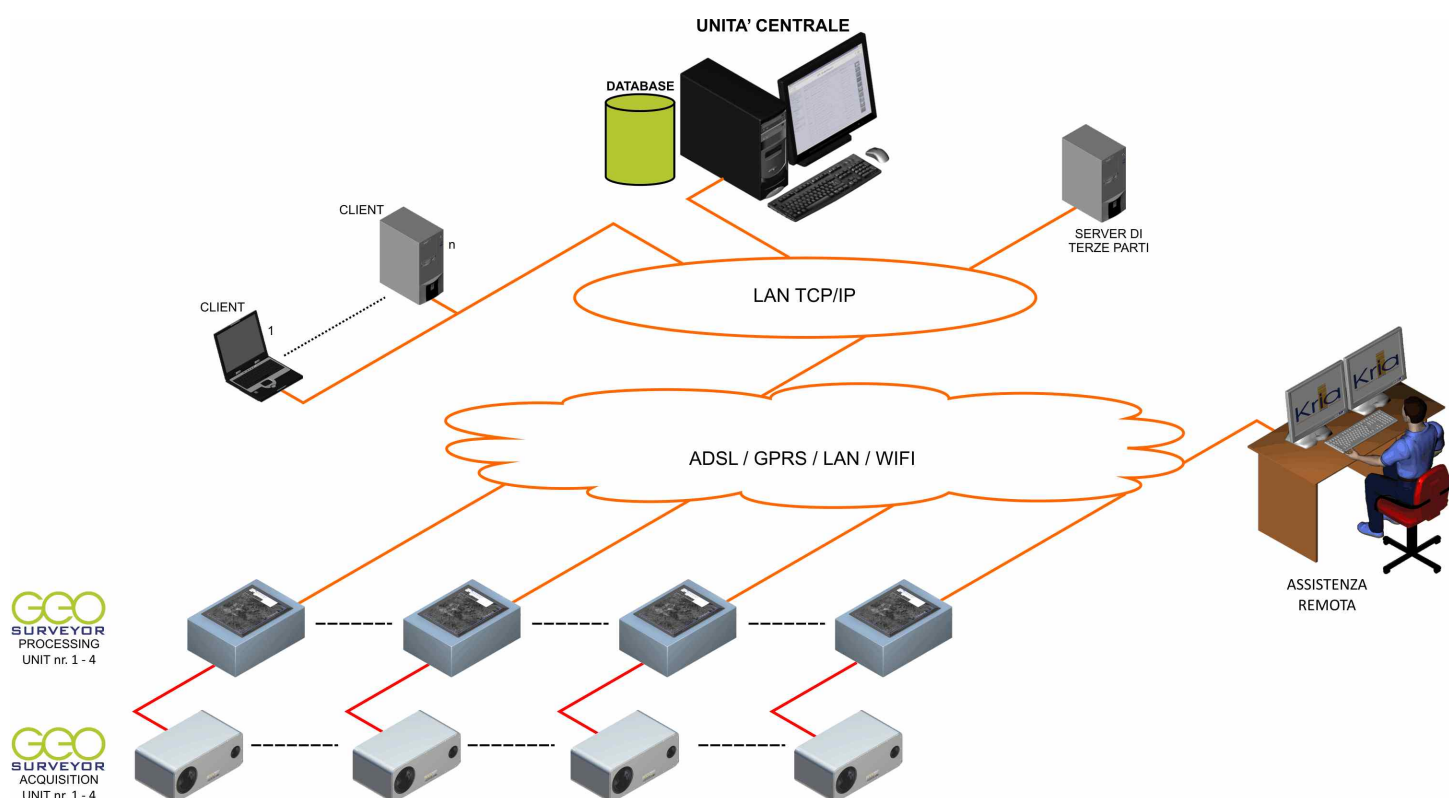
I dati di uscita possono essere resi disponibili in modo da evidenziare diversi eventi, dai moti rapidi e localizzati ai moti lenti e distribuiti, sia in termini di mappe qualitative di immediata comprensione sia di misure quantitative utili per un'indagine più approfondita.

L'intero processo è reso completamente automatico tramite l'impiego di algoritmi di elaborazione delle immagini e visione artificiale tridimensionale ben consolidati e già in uso in altri settori applicativi.

In sintesi i vantaggi prodotti da questa tecnologia rispetto alle tecniche convenzionali di rilievo geologico sono:

- risoluzione delle osservazioni adattabile alle diverse esigenze agendo sui parametri ottici del sistema (fino ad alcuni millimetri a 100m di distanza)
- dati immediatamente comprensibili sia per gli esperti sia per il personale operativo (immagini di tipo fotografico e filmati video)
- costi di allestimento e di gestione molto bassi rispetto alle altre tecnologie (es. al rilievo aereo)
- consumo energetico minimo (sensoristica passiva, necessaria solo l'illuminazione notturna in caso di monitoraggio 24 ore su 24)
- elevato grado di automazione delle elaborazioni in linea e fuori linea
- semplice calibrazione dei dispositivi ottici (telecamere)
- vasta disponibilità di algoritmi di elaborazione sempre più potenti e accurati applicabili su archivi storici di immagini calibrate precedentemente memorizzate dal sistema

Architettura



Applicazioni

Applicazioni

GEO-Surveyor può essere applicato a svariati settori applicativi per fornire informazioni fondamentali per il monitoraggio dell'ambiente e la manutenzione delle infrastrutture.

Settore di Rilevamento

- Monitoraggio di aree franose in attività (es. messa in sicurezza di strade e aree abitate)
- Evoluzione temporale di ghiacciai
- Sorveglianza geologica (es. miniere a cielo aperto)
- Stabilità di infrastrutture civili (ponti, dighe, edifici)
- Deformazione di infrastrutture industriali (serbatoi sostanze infiammabili, impianti idraulici, centrali elettriche e nucleari)

Funzioni

Il dispositivo invia allarmi in diversi casi: per ampiezza dell'area interessata, per intensità del fenomeno, per frequenza temporale. Ad esempio nel monitoraggio di frane attive gli allarmi sono generati per la caduta di singoli massi di volume consistente, oppure per la caduta continua di detriti di volume inferiore.

Gli allarmi includono filmati a risoluzione Full-HD (1920x1080 pixel) dell'evento nella zona di interesse estratti dall'immagine a piena risoluzione (29M ossia 6573x4384 pixel).

Il dispositivo archivia immagini a 29Mpixel con cadenza prestabilita, ad esempio una ogni minuto, per effettuare le analisi a posteriori, legate agli eventi con tempi di evoluzione lunghi (es. rilevamento di modifiche strutturali). Il programma residente sul server centrale analizza le immagini archiviate e crea mappe di scivolamento, di oscillazione, o di vibrazione evidenziando in pseudo-colore le zone più critiche. Ad esempio il programma può realizzare mappe di scivolamento di terreni franosi oppure deformazioni di strutture su base settimanale o mensile.



Grazie alla disponibilità di dati 3D tali mappe possono rilevare dati di tipo quantitativo, espressi in unità metriche. E' anche possibile programmare filmati Full-HD di zone di interesse in modalità temporale accelerata (time lapse), per ottenere in pochi secondi l'evidenza visiva di spostamenti avvenuti in realtà su un arco temporale molto più esteso.

Tre componenti per dati 3D indipendenti

Il componente ottico principale è caratterizzato da un assetto di telecamere stereometriche sincronizzate e in funzionamento continuo. Esso permette agli algoritmi di riconoscimento eseguiti in tempo reale di fornire un primo livello di informazioni 3D denso per garantire un livello elevatissimo di affidabilità nella gestione degli allarmi, in particolare con esso si riconoscono i movimenti rapidi sul target e si eliminano i falsi allarmi dovuti a corpi (volatili, precipitazioni atmosferiche, pollini) in movimento in aria visibili lungo il percorso ottico dispositivo-target..

Una telecamera accessorata portatile e svincolata dal componente stereo principale è utilizzata per riprendere periodicamente l'area sorvegliata; utilizza algoritmi di ricostruzione 3D densa ad alta risoluzione della superficie target (DEM), allo scopo di inserire tale informazione nelle diverse elaborazioni condotte dal sistema. La sessione di ripresa può essere ripetuta con cadenza opportuna, ad esempio a seguito di variazioni consistenti della geometria della superficie stessa.

Infine marker ottici installati in modo fisso sulla superficie monitorata e potenti illuminatori infrarossi installati sul dispositivo permettono agli algoritmi di riconoscimento di fornire un'accuratezza 3D puntuale dieci volte superiore rispetto a quella densa fornita dalle due altre tecnologie complementari. I marker ottici possono essere installati nei punti più importanti della superficie monitorata e garantiscono la funzione di controllo anche in mancanza di illuminazione naturale o artificiale.

Architettura e Versioni disponibili

Il sistema è composto dal dispositivo stereometrico di monitoraggio, dalla telecamera satellite, dal server locale e dal server centrale.

Sia la telecamera stereometrica sia quella satellite sono disponibili nella versione 50 e 135, da selezionare in funzione della diversa area di copertura, differente distanza e risoluzione spaziale della superficie monitorata.

Versioni e Posizionamento

La telecamera stereo deve essere installata a una distanza compresa fra i 100m e i 500m dall'area monitorata.

Le dimensioni dell'area inquadrata e la relativa risoluzione dipendono dalla versione:

GEO-Surveyor Type 29-50

Distanza minima	100m
Campo inquadrato	78m x 52m
Accuratezza	11mm
Distanza massima	600m
Campo inquadrato	391m x 260m
Accuratezza	65mm

GEO-Surveyor Type 29-135

Distanza minima	100m
Campo inquadrato	29m x 19m
Accuratezza	4,5mm
Distanza massima	600m
Campo inquadrato	144m x 96m
Accuratezza	24mm

La posizione ottimale per la rilevazione dei movimenti è



perpendicolare alla superficie, tuttavia anche posizioni più defilate (es. 30°) forniscono ottimi risultati.

L'accuratezza è calcolata nel caso ideale in cui il dispositivo base sia installato perpendicolarmente rispetto alla superficie target e senza l'ausilio dei marker ottici. L'utilizzo di marker ottici incrementa fino a 10 volte l'accuratezza puntuale della misura.

Oltre alle versioni standard sono possibili realizzazioni ad hoc per esigenze speciali.

La distanza di installazione del componente principale dipende principalmente dai vincoli morfologici del terreno ed infrastrutturali (accessibilità, sicurezza, connettività internet, disponibilità di energia elettrica, del sito candidato).

La versione è definita in funzione della dimensione del campo inquadrato e della accuratezza di ricostruzione richieste dall'applicazione.



GEO-Surveyor è stato applicato con successo nell'anno 2013 per il monitoraggio di uno dei fronti franosi più imponenti e rischiosi d'Europa, quello originatosi dal monte La Saxe, incombente sul paese di Entreves in valle d'Aosta.

Il dispositivo è in funzione da Maggio 2013 e archivia in modo continuo le immagini e i filmati che sono quindi analizzati dai responsabili della Struttura Area Geologica della Regione Valle d'Aosta.

Il dispositivo a causa dell'estrema pericolosità della frana e di conseguenza dell'urgenza della sua attivazione è stato installato utilizzando infrastrutture esistenti ma in posizione non ottimale, in quanto la ripresa è molto radente rispetto al pendio.



Per motivi logistici il sistema è installato in P1, un'alternativa migliorativa potrebbe essere P2, mentre una peggiorativa sarebbe P0.

Nonostante il suo orientamento non sia ideale è risultato più che sufficiente per il rilevamento di tre tipi di informazione:

- archivio storico del fronte orizzontale di circa 150m con risoluzione centimetrica;
- allarmi in tempo reale di caduta massi e di scariche continue di detriti;
- mappe dense di scivolamento dell'intero fronte franoso.

Archivio storico

La documentazione storica archiviata ha una risoluzione molto elevata (29Mpixel), rappresentando lo stato dell'arte per dei sensori matriciali, e di non banale documentazione sul display di un computer o su carta. Per questa ragione si è installato un programma in grado di zoomare all'interno delle immagini fino alla massima risoluzione con schermi da PC standard ma si è già proposto l'utilizzo di un Video-wall di dimensioni opportune per rappresentare tutto il fronte con il massimo dettaglio.

Nella simulazione è rappresentata una possibile realizzazione della sala di controllo al centro.

L'interfaccia grafica attuale è installata su PC sia sul sito di La Saxe sia in remoto presso la centrale di Aosta.



Di seguito è fornita a titolo di esempio una sequenza a risoluzione variabile dall'immagine intera alla più ingrandita a dimostrazione del livello di dettaglio delle immagini.



Immagine generale 6573 x 4384 pixel



Crop per video FULL HD 1920 x 1080 pixel

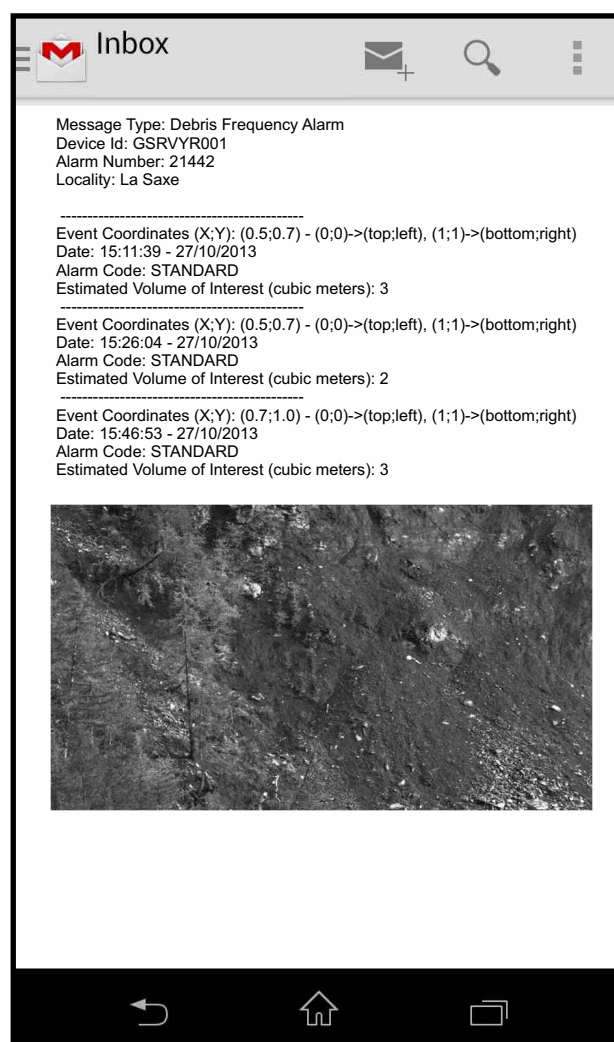
Gli allarmi sono forniti in tempo reale sull'Unità di Elaborazione, sul Server al Centro e su smartphone; sono formattati in modo differente a seconda del dispositivo di ricezione e contengono informazioni testuali e pittoriche particolari relative alla localizzazione del punto in cui è avvenuto l'evento e della sua gravità.



Esempio di allarme in tempo reale sui server



Una sequenza rilevata automaticamente



Esempio di allarme in tempo reale via e-mail su smartphone

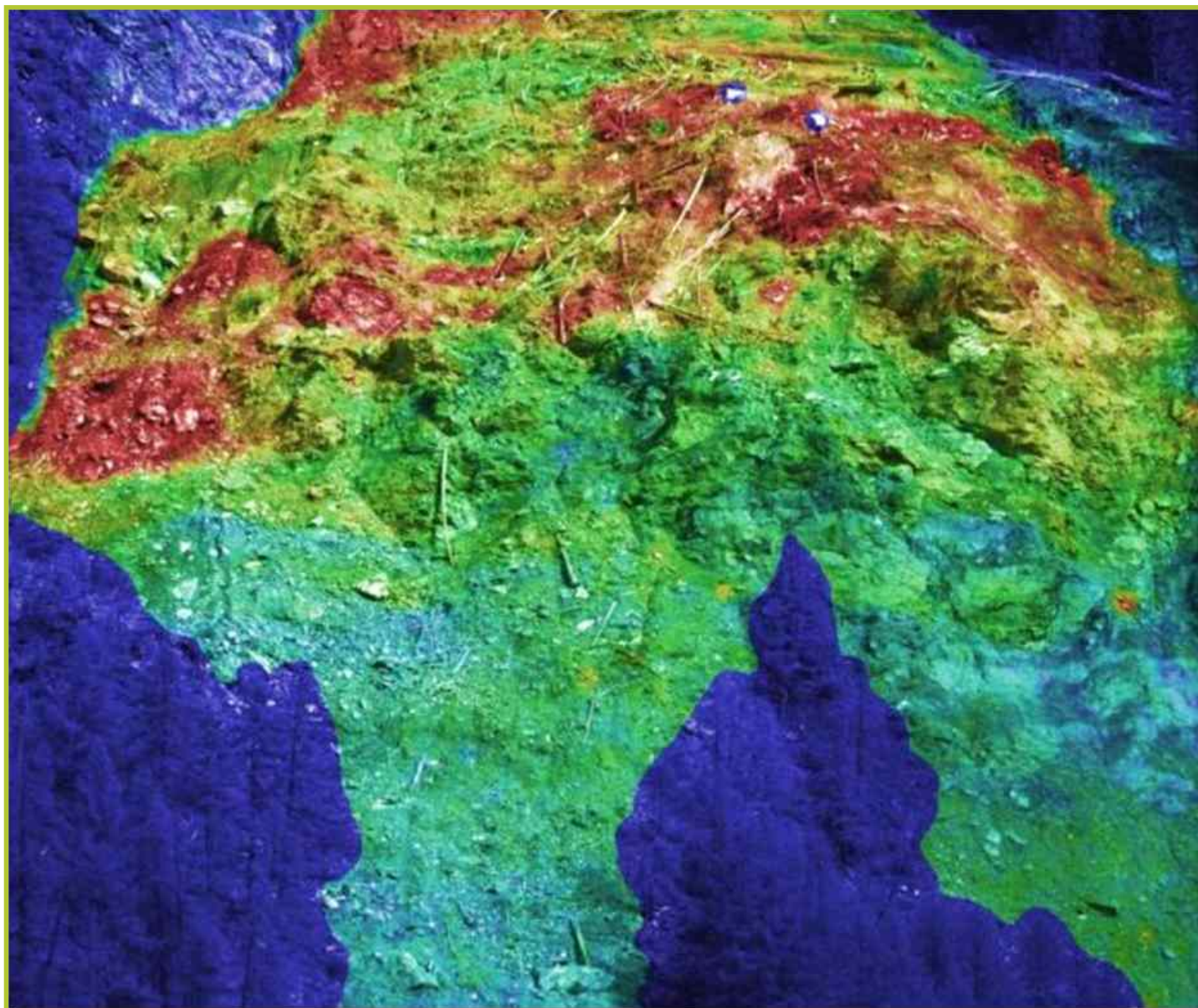
Mappe tematiche di scivolamento

Le mappe di scivolamento lento sono generate dal Server centrale utilizzando l'archivio storico, selezionando in modo automatico immagini giornaliere per un periodo tipicamente di un mese, in modo che siano le più simili il possibile per condizioni di illuminazione e quindi le più confrontabili. Utilizzando algoritmi di elaborazione delle immagini (analisi del flusso ottico) si genera la mappa di scivolamento grezza espressa in pixel. Attraverso le informazione di calibrazione, la mappa è quindi corretta in modo da tenere in conto distanza e inclinazione delle varie zone, producendo la mappa finale in unità metriche (ad esempio millimetri/mese).

L'operazione può essere ripetuta con la cadenza arbitraria, al fine di osservare lo scivolamento in modo dinamico in un arco temporale anche più lungo di un mese.

Le mappe contengono la sovrapposizione dell'immagine di sfondo, al fine di permettere di localizzare e verificare ogni punto del fronte, con uno pseudo-colore, ossia un apposito codice cromatico che indica visivamente l'intensità del movimento, in un intervallo parametrizzabile (ad esempio da zero a 1000mm/mese).

Su specifiche regioni di interesse è anche possibile attivare la modalità time-lapse, nella quale è generato un video in formato Full-HD a velocità accelerata, in modo da osservare in pochi secondi eventi che si sono svolti su un arco temporale di mesi. Tale video fornisce una diretta evidenza di come una zona si è modificata nel corso del tempo.



Nel periodo da Maggio a Settembre 2013 è stata testata la funzione di misura degli scivolamenti del fronte. In blu le aree in cui la funzione è disabilitata a causa di presenza di vegetazione, in verde le zone con movimenti inferiori, in rosso le zone soggette a movimenti più intensi.

Su specifiche regioni di interesse è anche possibile attivare la modalità time-lapse, nella quale è generato un video in formato Full-HD a velocità accelerata, in modo da osservare in pochi secondi eventi che si sono svolti su un arco temporale di mesi. Tale video fornisce una diretta evidenza di come una zona si è modificata nel corso del tempo.

Potenzialità e limiti della tecnologia

Alla data odierna, a seguito delle prime implementazioni applicative, le potenzialità di questa nuova tecnologia si sono dimostrate molto superiori ai limiti intrinseci; basti considerare la crescente qualità dei sensori, delle risorse di calcolo e degli algoritmi di elaborazione delle immagini. Alcuni punti critici sono brevemente elencati nel seguito, ma è necessario ricordare che tali limiti più che imposti dalla tecnologia sono dovuti ai tempi realizzativi ristretti e al budget iniziale del progetto. Il produttore KRIA e il Cliente Regione Valle d'Aosta hanno già in atto una serie di azioni per la loro risoluzione, descritti nel paragrafo successivo.

1. Funzionamento notturno
2. Funzionamento in caso di precipitazioni nevose

Evoluzioni migliorative funzionali

Il sistema funziona egregiamente durante le ore in cui la luce è sufficiente, grazie ad una parametrizzazione dinamica di tempi di esposizione, diaframmi e guadagno elettronico del sensore ottico. Tuttavia in caso di mancanza di luce esso non può fornire informazioni. A tale scopo sono già stati testati illuminatori visibili che di notte forniscono la luce sufficiente al monitoraggio. Sono in fase di analisi anche illuminatori infrarossi che limitano l'inquinamento luminoso ambientale, e speciali marker ottici che possono essere installati sul fronte della montagna per incrementarne la riflettività.

Inoltre, in caso di precipitazioni, gli algoritmi utilizzati nell'elaborazione delle immagini hanno dimostrato di gestire egregiamente la presenza di fiocchi di neve e gocce d'acqua in caduta o sospensione. Tuttavia l'accumulo di neve sul terreno, pur rendendo ancor più visibili le cadute di massi e le scariche di detriti, degrada le prestazioni delle mappe di scivolamento. Per ovviare al problema si possono installare marker ottici su strutture ad altezza sufficiente rispetto alle previsioni di accumulo massimo di neve, al fine di monitorare singoli punti (in analogia ai sistemi fotogrammetrici basati su tecnologia laser). Il costo dei marker ottici è molto inferiore a quello dei prismi ottici e quindi se ne può prevedere l'installazione anche in quantità elevata e non necessariamente in posizioni controllate.



Un marker ottico con codice binario per l'identificazione univoca della sua posizione sul fronte franoso



Via dei Lavoratori Autobianchi 1

PTB Edificio 23/G

20832 Desio (MI) - Italia

Tel. +39.0362.328178

Fax. +39.0362.235088

MAIL: Informazioni generali: info@kria.biz

Ufficio vendite: sales@kria.biz

Supporto Tecnico: support@kria.biz

Web: www.kria.biz

Azienda Certificata

