

Integrazione di sensori di ultima generazione per la determinazione ed analisi del rischio in zone vulnerabili

Carmen Sánchez Murillo, Alfonso Gomez Molina,
Francisco Borrego Piorno, Alessandro Ghetti

KEY WORDS: LiDAR, Infrarosso, Camere Digitali, HDS, Mappe di orientazione del drenaggio

Abstract

A seguito della tempesta tropicale Agatha, l'instabilità geologica nell'area del "Parque Nacional Braulio Carrillo" in Costa Rica, venne fortemente accentuata.

Quest'articolo riassume la metodologia seguita per l'identificazione in tempo record degli effetti della tempesta tropicale su una delle vie di comunicazione più imporanti del paese e che attraversa una altrettanto importante riserva naturale nazionale.

L'inaccessibilità e l'asprezza della zona non permisero di realizzare esaustive osservazioni e rilievi direttamente sul campo e data l'urgenza di effettuare un rilievo sull'area per scongiurare rischi futuri e non causare danni all'area protetta, è stata sviluppata una metodologia alternativa di cattura dei dati necessari, attraverso tecnologie di ultima generazione.

La metodologia sviluppata da STEREOCARTO SL prevede l'integrazione di tre sensori di ultima generazione (LIDAR Aereo, Camera Digitale e HDS) impiegati per identificare punti critici, studiarli in dettaglio e agilizzare il processo decisionale. A questo fine, venne realizzato un volo fotogrammetrico con cattura di immagini e LIDAR in modo simultaneo, catturando dati di una gran parte della traccia con un buffer di 1500 metri per ogni lato della stessa e sull'area della riserva naturale. In questo modo, con i prodotti ottenuti a partire dal volo fotogrammetrico, come immagini infrarosse, modelli digitali di elevazione, curve di livello, carte degli assi di drenaggio, carte delle pendenze, assieme all'informazione geologica della zona, vennero identificati vari punti critici lungo la strada. Facendo uso della tecnologia HDS (High Definition Survey), attraverso uno scanner 3D o LIDAR Terrestre, si ottennero tutti i dati necessari per realizzare uno studio con precisione millimetrica di ognuno dei punti considerati critici.

Introduzione

Il Parque Nacional Braulio Carrillo si trova nella Cordigliera Volcanica Centrale, a nordest del Valle Central; e comprende il Volcán Barva, il Cacho Negro e il Banjo de la Hondura. Quest'area silvestre, congiunta al Parque Nacional Volcán Irazú, il vulcano Turrialba e altre aree protette, costituiscono la seconda Riserva della Biosfera della Costa Rica, che riceve il nome di "Área de Conservación Cordillera Volcánica Central" status concesso dall' Unesco nell'anno 1988.

Il 28 marzo del 1987 è stata inaugurata ufficialmente la Autopista Braulio Carrillo, che unisce San José con Limón, principale porto caraibico della Costa Rica, punto di parteza e di arrivo al Paese per la maggior parte delle merci.

Questa "moderna" strada, attraversa il parco nel settore di "Paso de la Palma" da nordest a sudest fino alle distese pianure di Guápiles. Nel luogo, ci si avvale di un centro d'informazione, servizi e sentieri segnalizzati.

Uno degli aspetti più criticati sulla costruzione della suddetta via è il fatto di aver diviso la foresta in due parti ed entrare così in conflitto con le specie oriunde.

L'altro aspetto, e più importante, è quello que si describe nel presente articolo per l'instabilità dei versanti dovuta alle inclinazioni attorno ai 90 gradi, che associato a un clima altamente piovoso e instabile ha fatto sì che questa zona diventi un area di crolli frequenti.

L'effetto delle piogge torrenziali

La generazione di frane e scivolamenti è stata messa in relazione principalmente con le piogge causate dalle tempeste tropicali. Ci sono una serie di caratteristiche specifiche che possono incidere sulla probabilità di subire gli effetti di uno scorrimento tali come la geometria del profilo critico del versante, le proprietà fisico-meccaniche del terreno o la presenza di acqua.

Il clima della Costa Rica è caratterizzato da una stagione secca, da dicembre ad aprile, e una stagione di piogge, da maggio a novembre.

Lo scorso Maggio del 2010, l'America Centrale si è vista fortemente scossa da un ciclone tropicale all'est dell'Oceano Pacifico. È stata la prima dempesta della stagione che ha avuto origine nella zona di convergenza intertropicale (ZCIT), regione equatoriale dove converge l'umidità tropicale e si sviluppano numerose tempeste elettriche. Prima di diventare depressione, il temporale colpì i Paesi centroamericani con piogge torrenziali e appena toccata terra, l'intensità di una tempesta tropicale causò scorrimenti e innumerevoli straripamenti fluviali, si prese le vite di decine di persone e provocò la distruzione di migliaia di abitazioni e infrastrutture.

Zona di studio inaccessibile

L'area di focalizzazione del nostro studio è ubicata in una delle zone dalla topografia più irregolare della Costa Rica dove il paesaggio è caratterizzato da montagne alte e densamente coperte da boschi. Il parco accoglie diversi vulcani spenti. Il Cacho Negro, molto visibile per la sua forma conica e il Barva con più crateri, la laguna di Barva, rotonda, con un diametro di circa 70 metri e acque chiare e la laguna Danta, di circa 500 metri di diametro.

La vegetazione del parco è quella di un bosco sempreverde di gran densità e complessità floristica. Il bosco presenta variazioni a seconda delle diverse condizioni ambientali, topografia, drenaggio, temperatura, nuvolosità e precipitazioni.

I boschi più alti e di una maggior ricchezza di specie si trovano nelle parti più basse, mentre in quelle più alte e scese gli alberi sono più bassi e deformi e il numero complessivo delle specie è minore. La maggior parte del parco è coperto dal bosco primario, in cui esistono circa 6.000 specie di piante che rappresentano la metà del totale delle specie del Paese.

La zona oggetto di studio comprende una parte di questo percorso, la Carretera Nacional Braulio Carrillo, e la sezione studiata viene identificata da LA REPUBLICA e PUENTE RIO SUCIO.

Il cattivo stato di questa strada, la mancanza di segnali verticali, i frequenti crolli e le fuoriuscite d'acqua che possono provocare valanghe, sono soltanto alcuni dei fattori che fanno di questo itinerario una delle strade che più vite strappa ogni anno. Pertanto, l'inaccessibilità e l'asprezza della zona non consentono di fare osservazioni né misurazioni dirette, ed è necessaria un'informazione precisa e immediata per eludere rischi futuri senza danneggiare il Parco Naturale.

Scorrimenti

Gli scorrimenti sono fenomeni molto comuni nei Paesi tropicali con alta densità di zone montane e un regime di precipitazioni forti. Sebbene le dimensioni di uno scorrimento possono non dar luogo a catastrofi, la loro alta frequenza li posiziona come una delle minacce più comuni ed importanti della Costa Rica. Gli scorrimenti e altri effetti legati allo spostamento improvviso della copertura del suolo, sono la causa di gran parte della perdita di vite umane nei grandi disastri naturali, e perciò la loro analisi e mitigazione diventa una delle sfide più grandi per le zone colpite.

È impossibile prevedere la catastrofi o gli effetti climatici d'impatto in ognuna della parti suscettibili agli stessi, tuttavia, con un'analisi delle zone sarebbe possibile identificare quelle a maggior rischio di catastrofe.

Obiettivo

La vulnerabilità è il grado di perdita di un certo elemento o gruppo di elementi a rischio, come risultato dell'accadimento di un fenomeno naturale di una dimensione specifica (Varnes 1984).

La valutazione della vulnerabilità può essere definita come il livello potenziale del danno o della perdita di un elemento dato espresso in una scala dallo 0 all'1:

- $V = V_s \times V_t \times V_l$.
- V_s = Probabilità dell'impatto spaziale dello scorrimento sull'elemento.
- V_t = Probabilità nel tempo (partendo da dove si trovi l'elemento durante l'impatto).
- V_l = Probabilità di perdite umane o proporzione del valore dell'elemento.

Per valutare la vulnerabilità si deve tenere conto del tipo, la prossimità e la distribuzione spaziale dei servizi colpiti o la popolazione, grado di protezione offerta alle persone dalla natura del servizio, scala o dimensione probabile del fallo, grado di prevenzione o allarme, velocità del movimento e risposta al medesimo, come anche la possibilità di effetti collaterali.

Finlay (1997) presenta un esempio di approccio diretto dove i valori di vulnerabilità sono aggiudicati direttamente con riferimento ai dati storici, ma senza tener conto dei diversi componenti che incidono sulla vulnerabilità. Si attribuiscono valori dallo 0 all'1 in base all'esperienza storica sulla gestione di una determinata minaccia.

La suscettibilità agli scorrimenti dipende dalle condizioni topografiche e geologiche di ogni area specifica e dalla conoscenza di altri scorrimenti avvenuti in passato.

Per tal motivo, STEREOCARTO SL ha sviluppato con questo scopo una metodologia propria che consiste nel rilievo topografico di precisione in maniera immediata per mezzo di un volo fotogrammetrico digitale abbinato alla tecnologia Lidar (Aerea + Terrestre) per la generazione di DEM ad alta precisione e Ortofotografia. Partendo dai rilievi ottenuti (come modelli digitali del terreno ad alta risoluzione e precisione, carta vettoriale delle pendenze, carte degli assi di drenaggio, immagini infrarosse) e ritenendo che sono sufficientemente precisi e abbondanti, svolgere ricerche esaurienti e specifiche di analisi del pericolo sui terreni osservati per rivelare possibili vulnerabilità.

Metodologia

Partendo dai dati rilevati durante cinque anni lungo il percorso della via oggetto di studio, si è deciso di svolgerlo su tutta la lunghezza della pista e in particolare sulle cinque aree critiche e più soggette ai fenomeni franosi. Le zone più a rischio di scorrimento di terre entro quest'area si trovano nella zona con maggiori pendenze e nelle pareti dove il terreno è sabbioso o è intercalato con strati di terreno limoso a sabbioso (terreno granulare senza coesione) e sono profondi e con alta pendenza, la quale per via delle lunghe o intense precipitazioni, come anche di forti movimenti sismici, provocano in queste zone degli scorrimenti di terre.

L'inaccessibilità e l'asprezza della zona non consentono di fare osservazioni né misurazioni dirette, ed è necessaria un'informazione precisa e immediata per eludere rischi futuri e senza danneggiare il Parco Naturale.

1. Volo fotogrammetrico digitale abbinato alla tecnologia LiDAR
2. Individuazione e verifica di zone critiche in base alle immagini infrarosse e i modelli digitali del terreno generati partendo dai dati LiDAR e il resto di prodotti ottenuti.
3. Mediante l'uso della tecnologia HDS, per mezzo di uno scanner 3D o Lidar Terrestre, si sono rilevati tutti i dati necessari per eseguire qualsiasi tipo di misurazione con precisione millimetrica di ciascuno dei punti individuati come critici.

Il volo fotogrammetrico si è svolto nel pieno della stagione delle piogge, durante il mese di luglio e per un totale di 5 voli, a un'altezza di 1.200 metri e catturando dati della traccia con un buffer di 1500 metri per ogni lato della stessa e sull'area della riserva naturale.

Gli scorrimenti di terra possono catalogarsi in profondi e superficiali, in base allo spessore dello strato di meteorizzazione coinvolto nel movimento in massa, che è lo strato più direttamente colpito dalla saturazione di acqua, la quale, a sua volta, produce una diminuzione della coesione e una perdita della cementazione tra le particelle di terreno, e altresì un aumento delle pressioni dei pori (Sidle y O'Loughlin, 1985; Suárez, 1998). Tutto ciò fa che le forze destabilizzanti squilibrino il sistema e consentano che una porzione di terra crolli per gravità.

Deve tenersi conto che sia la geologia sia la geomorfologia e i fattori antropici sono molto importanti, tuttavia il nostro studio deve infuocarsi in prima istanza sulla concentrazione della pioggia, come uno degli elementi scatenanti e decisivi per l'avvenimento della maggior parte degli scorrimenti di terra in questa zona. È importante analizzare il buffer maggiore per ambedue i lati della via dove si producono i suddetti scorrimenti, per studiare non solo i punti critici per sé, ma anche la loro origine. La cattura dei dati si è svolta per mezzo di una fotocamera digitale di gran formato DMC de Zeiss/Integrgraph e un sensore Lidar aéreo ALS60 di Leica. Partendo dalle immagini digitali RGB e CIR provenienti dalla fotocamera digitale direttamente orientata assieme al MDT generato con il sensore lidar per mezzo di una classificazione dei dati automática, si sono ottenute ortofoto, per analizzare in maniera immediata l'area e stabilire i punti critici e determinanti in zona. Si sono analizzati i falli e le fratture in zone con forti pendenze, in particolare in 5 zone ritenute critiche e che coincidevano con i punti ottenuti partendo dai dati rilevati durante i cinque anni precedenti. Stabiliti e consensuati i punti critici con ambedue i dati, è stato eseguito un processamento più preciso e meticoloso dell'informazione, e partendo da esso si sono generate immagini ortorettificate, modelli digitali di elevazione, curve di livello, carte di assi dei drenaggi, carte di orientamento delle pendenze. In modo complementare, è stato svolto un'analisi sul posto con un sistema di alta definizione (HDS) sui punti critici, per analizzare con una miglior risoluzione il comportamento dei declivi e integrare questi dati con i rilievi ottenuti per mezzi aerei.

Conclusioni

Partendo dai prodotti ottenuti (come modelli digitali del terreno ad alta risoluzione e precisione, carte vettoriali delle pendenze, carte degli assi di drenaggio, immagini infrarosse) e considerando la loro precisione e abbondanza, si sono svolti studi esaurienti sui declivi, studi specifici di analisi del rischio sui terreni osservati allo scopo di scoprire altre eventuali vulnerabilità.

- Studio Idrogeologico, per delimitare i sottobacini e, tramite i dati rilevati, segnalare le zone con maggiori probabilità d'infiltrazione.
- Lavoro geologico sul campo per verificare quali sono le unità litologiche coinvolte, i falli, le fratture, gli allineamenti.
- Studio di fratture e allineamenti partendo dalle immagini infrarosse.
- Geofisica e Geotecnica per ottenere i parametri fisici necessari.
- Modelli di stabilità dei declivi.
- Considerare la necessità eventuale di effettuare esplosioni controllate con esplosivi in zona, poiché dai dati rilevati si potrebbero ottenere, tra gli altri, i parametri degli orientamenti preferenziali delle fratture e dei falli.

Il vantaggio principale della metodologia descritta è la possibilità di cartografare in modo immediato zone assolutamente inaccessibili, ad alta risoluzione, in modo omogeneo e in un tempo non paragonabile al richiesto dalla topografia convenzionale.

Bibliografia

- Brabb, E.E. (1984), "Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping". In proc., fourth international symposium on landslides, Canadian.
- Leroi, E. (1996) "Landslide hazard – Risk maps at different scales: Objectives, tools and developments". Proceedings of the Seventh International Symposium on landslides. Trondheim.
- SUÁREZ, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander.
- Zezeze J. L., Trigo R. M., and Trigo I. F. (2005). "Shallow and deep landslides induced by rainfall in the Lisbon region (Portugal): assessment of relationships with the North Atlantic Oscillation". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5, 331–344. SRef-ID: 1684- 9981/nhess/2005-5-331.
- Iverson R.M. (2000), "Landslide triggering by rain infiltration", *Water Resources Research*, 36(7):1897-1910.