

Pareti verticali e LiDAR

Esperienze dalle Dolomiti

di F. Remondino, F. Zucca, G. Agugiaro, A. Rizzi

Figura 1 - Le Tre Cime di Lavaredo, icona delle Dolomiti, patrimonio UNESCO dal 2009.

L'articolo presenta la campagna di rilievo e la modellazione tridimensionale delle Tre Cime di Lavaredo, nelle Dolomiti, ottenuto nell'ambito del progetto Peaks-3D integrando dati da rilievo LiDAR terrestre e aereo. In particolare, l'acquisizione dei dati LiDAR aerei è avvenuta in modo obliquo per la complessità delle geometrie delle cime e la loro forte componente verticale.

Le Dolomiti sono state incluse nella lista del patrimonio mondiale dell'UNESCO nel luglio 2009 per la loro bellezza ed unicità paesaggistica caratterizzata dalla combinazione di colori, pareti verticali, dirupi, crepacci, diffuse vallate lunghe e profonde e per la loro importanza geologica e geomorfologica. In particolare, questa combinazione si realizza nell'area delle Tre Cime di Lavaredo, tra le province di Belluno e Bolzano, in cui la prevalenza della dimensione verticale in combinazione con una varietà morfo-geometrica delle pareti viene espressa ai massimi livelli (Figura 1). Proprio le caratteristiche geometriche di tali complessi montuosi portano a rappresentazioni cartografiche solo parziali o di bassa risoluzione, anche dovute ai classici rilievi di tipo nadirale.

L'obiettivo del progetto *Peaks-3D* è proprio lo studio, l'identificazione, l'implementazione e la valutazione di possibili soluzioni tecniche di rilievo 3D che possano superare i suddetti limiti, sviluppando l'uso di prodotti veramente tridimensionali per scopi diversi. Le Tre Cime di Lavaredo, con le loro caratteristiche pareti verticali di quasi 600 metri di dislivello, costituiscono un ottimo caso di studio ai fini del progetto, che si prefigge altresì di fornire metodologie per la documentazione e la conservazione digitale, le analisi geologiche e geomorfologiche, nonché mezzi per la comunicazione didattica e turistica: si pensi, per esempio, alla possibilità di visualizzare tridimensionalmente le vie di arrampicata. Infine, il rilievo 3D dettagliato della situazione attuale ed il conseguente mo-

nitoraggio continuo dei processi in atto sono prerequisiti per definire opportune misure di protezione ed uso.

Il rilievo tridimensionale delle Tre Cime di Lavaredo (area di circa 2 x 0.8 km) si basa sulla fusione di dati LiDAR aereo (ottenuti mediante acquisizioni oblique) con dati provenienti da laser scanner terrestre. Immagini aeree (oblique e nadirali) e terrestri ad alta risoluzione sono invece impiegate per la successiva texturizzazione e creazione di un modello 3D foto-realistico. Approcci di rilievo simili sono stati presentati in Ruiz et al. (2004), Boehm & Haala (2005), Sturzenegger et al. (2007), Szekely et al. (2009) e Squarzonni et al. (2009). In Gruen & Murai (2002) invece è descritto il rilievo 3D del Monte Everest a fini cartografici.

Campagna di rilievo tridimensionale

Un primo test di rilievo e modellazione 3D delle Tre Cime di Lavaredo è stato effettuato con un approccio di fotogrammetria aerea 'tradizionale', combinata con alcuni rilievi laser terrestri per integrare le zone di occlusione delle viste aeree.

Tuttavia, i risultati fotogrammetrici hanno evidenziato come le immagini esistenti non fossero adatte per la generazione di un modello digitale della superficie (DSM, *Digital Surface Model*) adeguato agli scopi del progetto. Per ovviare a questo problema, si è deciso di effettuare un volo con acquisizione laser obliqua e di integrare questi dati con acquisizioni laser terrestri. Contestualmente al rilievo laser 3D sono state acquisite immagini sia nello spettro del visibile che nel vicino infrarosso, al fine di predisporre la successiva texturizzazione foto-realistica del modello 3D ed ulteriori analisi del comportamento termico dell'ammasso roccioso.

Rilievo fotogrammetrico

La fotogrammetria è in grado di ottenere risultati accurati, metrici e tridimensionali a diverse scale applicative. In particolare, la fotogrammetria aerea è la metodologia principale per la produzione di cartografia e ortofoto. Per il rilievo delle Tre Cime di Lavaredo è stato compiuto un volo ad hoc nel 2004 da parte di CGR/Blom usando una camera *Wild RC30* con un obiettivo da 153 mm e una sovrapposizione longitudinale del 60% (Figura 2a). L'altezza di volo è stata di circa 5.400 m s.l.m. e ha prodotto immagini con scala media di 1:20.000 (con variazioni da 1:15.000, in corrispondenza delle cime, a 1:23.500, nelle valli circostanti). Le immagini analogiche sono state poi digitalizzate a 14 micron, fornendo una risoluzione media al suolo (GSD, *Ground Sampling Distance*) di 28 cm (e relativa variazione da 21 a 33 cm). Alcuni *Ground Control Points* (GCP) sono stati acquisiti in sito con un sistema *Topcon GNSS* e usati per la triangolazione delle immagini aeree in ambiente ERDAS LPS. Successivamente, il DSM dell'area è stato generato usando l'algoritmo di *image-matching* implementato in SAT-PP (4Dixplorer AG, www.4dixplorer.com) con

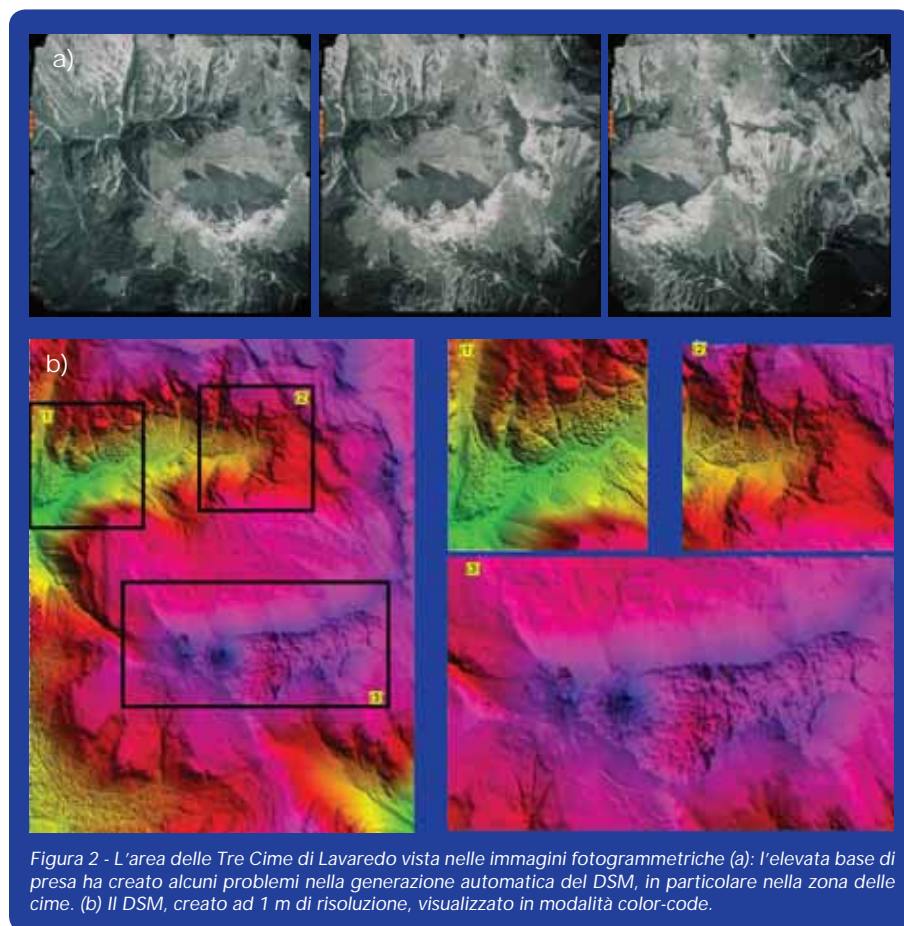


Figura 2 - L'area delle Tre Cime di Lavaredo vista nelle immagini fotogrammetriche (a): l'elevata base di presa ha creato alcuni problemi nella generazione automatica del DSM, in particolare nella zona delle cime. (b) Il DSM, creato ad 1 m di risoluzione, visualizzato in modalità color-code.

un passo di griglia di 1 m (Figura 2b). A causa dell'elevato valore di parallasse (elevata base di presa) e della texture insufficiente in molte zone delle cime, la generazione automatica del DSM in tali zone non è andata a buon fine, mentre ha dato risultati soddisfacenti nelle aree circostanti, che sono state ricostruite sufficientemente bene. Tali risultati hanno pertanto suggerito un cambio di approccio, optando per un rilievo LiDAR aereo.

Rilievo laser aereo (ALS)

Il rilievo LiDAR aereo è stato realizzato da Helica, con un elicottero Eurocopter AS350 B2 e a bordo la strumentazione riportata in dettaglio in Tabella 1. Il set-up strumentale, brevettato e unico al mondo, consiste in un laser scanner Optech ALTM 3100 EA montato a 45 gradi, accoppiato con una camera digitale Rolleiflex, una camera NEC ad infrarosso

si e sensori di posizionamento e assetto (Figura 3a). Il laser scanner ALTM 3100 EA si presta molto bene al rilievo di corridoi e valli strette pur mantenendo la possibilità di acquisire dati volando ad alta quota. Per ogni impulso emesso vengono misurati quattro echi del segnale, con un'accuratezza di 5 cm a 500 m di distanza. Il montaggio in obliquo del sensore laser, pur richiedendo una più attenta pianificazione del volo, permette l'acquisizione dettagliata di strutture geomorfologiche laddove un 'classico' approccio nadirale fornirebbe invece dati insufficienti. Nel caso delle Tre Cime di Lavaredo, il volo è stato pianificato per eseguire quattro strisciate longitudinalmente alle cime e due strisciate in direzione ortogonale, a quote variabili, al fine di rilevare nel dettaglio tutta la verticalità delle cime dolomitiche con una copertura di almeno dieci punti a metro quadro (Figura 3b).

ALS		Digital camera		IR camera	
Type	Optech ALTM 3100 EA	Type	Rolleiflex 6008 DB45 with Phase One H25	Type	NEC TVS-200 EX
Wavelength	1.064 nm	Sensor	CCD, 5.440 x 4.080 px	Sensor	Uncooled FPA, 320 x 240 px
Class	IV	Pixel size	9 micron	Wavelength	8-14 micron
Operative dist.	80-3.500 m	Radiom. resol.	16 bit	Radiom. resol.	14 bit
Elevation acc.	5-20 cm (1)	Objective	Super Angulon 50mm f/2.8	Objective	14 mm

Tabella 1 - Caratteristiche del sensore LiDAR e delle camere digitali montate nel sistema brevettato di Helica.

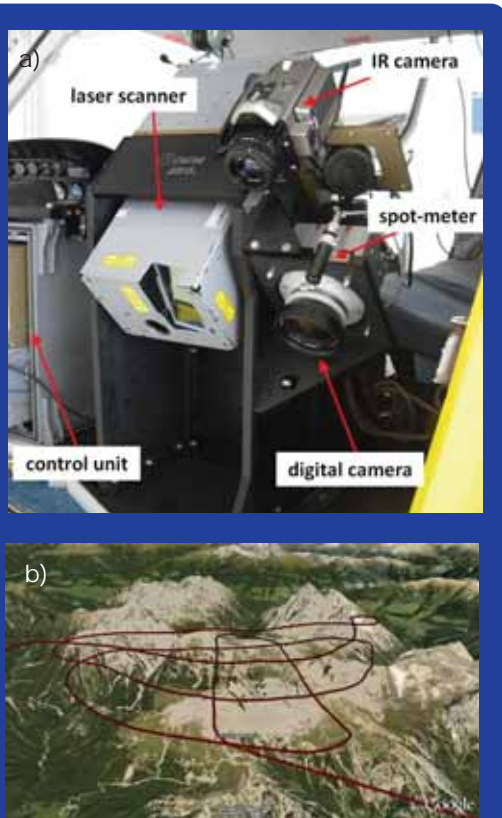


Figura 3 - Il set-up strumentale realizzato per i rilievi obliqui tramite LiDAR e camere digitali (a). Le traiettorie del volo per il rilievo delle Tre Cime di Lavaredo (b).

Rilievo laser terrestre (TLS)

Per ovviare ad alcune lacune presenti nel rilievo aereo, dovute perlopiù ad occlusioni e/o speroni rocciosi, due campagne di rilievo sono state effettuate, durante l'estate del 2009 e del 2010. E' stato utilizzato un laser scanner Optech ILRIS 3D, con cui si sono acquisiti circa 210 milioni di punti. Lo scanner può acquisire in un range di 3-1.700 m con un'accuratezza media di 7 mm a 100 m. Il laser è di classe 1 e lavora ad una lunghezza d'onda di 1.535 nm. Il rilievo è stato effettuato da diverse stazioni, cercando di ottenere una risoluzione media di 5 cm sulle pareti rilevate (Tabella 2).

Integrazione, modellazione tridimensionale ed interpretazione dei dati

I dati da rilievo aereo e terrestre dovevano essere co-registrati ed integrati in un'unica nuvola di punti omogenea. Tali operazioni devono trattare con:

- dati multi-risoluzione,
- geometrie 3D (e non solo 2.5D),
- grandi quantità di dati geo-referenziati,
- texturizzazione con immagini ad alta risoluzione.

Si è pertanto cercato un pacchetto software in grado di gestire tutti questi aspetti problematici. JRC Reconstructor si è dimostrato uno strumento adeguato

	TLS 2009	TLS 2010	ALS 2010
scans	36	17	-
points	82 Mil	128 Mil	43 Mil
aver. resolution	ca 5 cm	ca 5 cm	>10 pt/m ²

Tabella 2: I dati laser acquisiti nelle diverse campagne di rilievo.

per processare grandi moli di dati 3D di origine eterogenea e di produrre modelli 3D texturizzati. La registrazione delle nuvole di punti a risoluzioni diverse è stata effettuata per mezzo di un algoritmo ICP opportunamente customizzato. Si sono poi generate delle mesh poligonali per le successive analisi e per gli studi geologici (Figura 4).

Texturizzazione foto-realistica

JRC Reconstructor permette inoltre anche la texturizzazione dei modelli 3D creati, sia in forma di nuvole di punti che di mesh poligonali. A tal fine, un classico approccio DLT è stato adottato per mappare le immagini nel visibile e nell'infrarosso sul modello digitale (Figura 5).

Analisi geologiche e geomorfologiche

Le Tre Cime di Lavaredo sono costituite completamente da Dolomia Principale (circa 220-210 milioni di anni fa) e rappresentano uno dei più tipici morfotipi dolomitici, per la presenza di torri monolitiche, creste, pinnacoli e forcelle. Questa forma è legata a processi di morfo-selezione e, più specificamente, è una forma morfotettonostatica (Panizza, 2009), la cui evoluzione è guidata da faglie e sistemi di fratture che facilitano e determinano alterazione differenziale dell'ammasso roccioso. L'area dolomitica, inoltre, è stata soggetta, negli ultimi 10 anni, a numerosi crolli di roccia e ribaltamenti in aree sopra i 2.000 m s.l.m. (Fazzini & Panizza, 2006): si pensi alla Torre Trepfor delle Cinque Torri, Cima Una, Pomagagnon, Cima Dodici, Forcella del Ciampeì. Si suppone che questi movimenti siano una conseguenza dello scioglimento di porzioni di ghiaccio in zone di *permafrost* (ovvero perennemente sotto zero) che colmano le zone di frattura e 'legano' l'ammasso. Questi scioglimenti sarebbero da relazionare ai cambiamenti climatici e in particolare all'aumento delle temperature estive registrate negli ultimi

anni. I conseguenti cicli di gelo-disgelo potrebbero portare un aumento della probabilità di processi catastrofici (Gruber et al., 2004). Si tratta quindi di un paesaggio che deve molto alla sua storia geologica, ma che è in piena evoluzione con meccanismi di formazione attivi e che possono portare non solo a ridisegnare i panorami ma anche ad aumentare i rischi per l'uomo.

Per tutte queste ragioni, la possibilità di ottenere un accurato modello 3D dell'intero complesso delle Tre Cime di Lavaredo offre l'opportunità di studiare sistematicamente le relazioni tra le forme del rilievo ed i network di discontinuità (faglie, fratture, giunti, stratificazione) che saranno estratti dal dato 3D attraverso software ad hoc (Figura 6). L'elevato valore del rilievo 3D è anche nell'azione di documentazione dello stato di fatto che servirà come base di riferimento per studi di evoluzione e monitoraggio, dove è possibile integrare al dato LiDAR anche dati da sistemi di misura complementari come camere termiche e analisi multi e iper-spetttrali, il tutto in una cornice multi-temporale. Per questa ragione tra i prodotti in fase di realizzazione c'è anche un sistema GIS 3D per contenere e coordinare le diverse analisi e i conseguenti risultati.

I dati da sensori LiDAR forniscono anche informazioni di intensità della scena scansionata, che è in linea di principio proporzionale alla riflettanza dei materiali illuminati, dipendendo dalle loro proprietà chimico-fisiche. Sperimentazioni su serie di riflettanza da dati TLS (Franceschi, 2008) hanno mostrato variazioni dell'intensità relazionate a variazioni del contenuto mineralogico di sezioni rocciose. Queste relazioni hanno aperto la possibilità di studiare variazioni cicliche sedimentarie al variare del tempo, offrendo quindi grandi opportunità per comprendere lo scorrere del tempo e delle ciclicità. Un tale studio sarà intrapreso anche sulle Tre Cime di La-

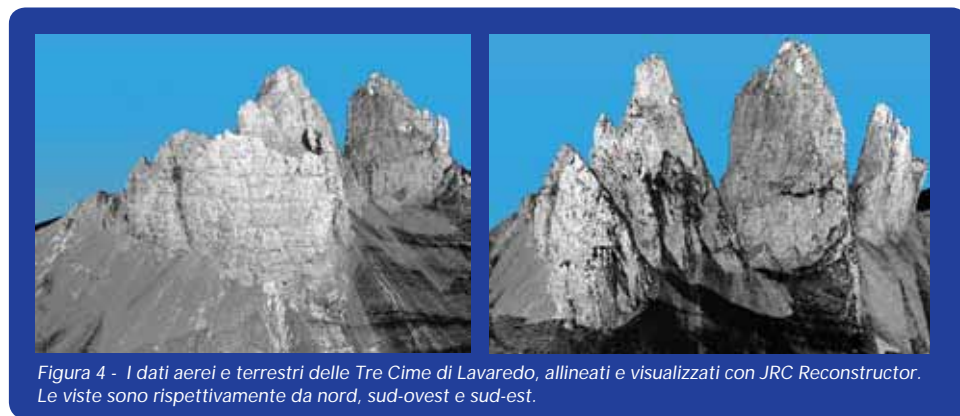


Figura 4 - I dati aerei e terrestri delle Tre Cime di Lavaredo, allineati e visualizzati con JRC Reconstructor. Le viste sono rispettivamente da nord, sud-ovest e sud-est.



Figura 5 - Il modello 3D finale delle Tre Cime di Lavaredo, visto da nord (a). Grazie all'integrazione dei dati multi-sensore ed all'elevato dettaglio geometrico, è possibile notare il rilievo e la corretta modellazione di zone in aggetto ('tetti'), qui texturizzate usando immagini nel visibile ed nell'infrarosso (b) e (c).

varedo, dove, grazie alla grande mole di dati, sarà possibile applicare un approccio di questo tipo su sezioni temporali (alias verticali) e orizzontali di dimensioni eccezionali.

Conclusioni e sviluppi futuri

Sono stati presentati i risultati preliminari del rilievo e della modellazione tridimensionale delle Tre Cime di Lavaredo, icona delle Dolomiti. La forte caratterizzazione verticale delle pareti ha richiesto un approccio di rilievo 3D integrato per l'acquisizione dei dati: sono state effettuate riprese aeree oblique e riprese da terra, impiegando sia laser scanner che camere fotografiche digitali. L'integrazione dei dati acquisiti con modalità e strumentazioni differenti ha permesso la creazione di un modello geometrico ad altissima definizione che è ora a disposizione per ulteriori studi geomorfologici, geo-applicati e analisi stratigrafiche, nonché per la realizzazione di repliche fisiche o per usi turistici

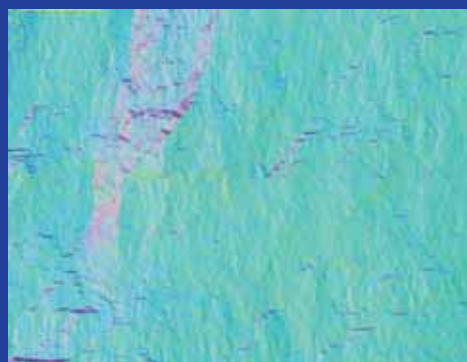


Figura 6 - Visualizzazione della cima centrale in base all'orientamento delle normali alla superficie rilevata

quali, per esempio, la consultazione delle vie di salita mappate tridimensionalmente sul modello (Figura 7).

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri, si prevede di utilizzare il modello realizzato in sistemi di realtà virtuale (CAVE) per realizzare scenografie e usi diversificati che vanno da scopi didattici alla lettura del paesaggio, analisi dello scorrere del tempo geologico e dei suoi effetti, animazioni immersive, ecc.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova e Codevintec per il loro fundamenta-

le supporto durante la campagna di rilievo con laser scanner terrestre. Un sentito ringraziamento va anche a Stefano Girardi (FBK Trento), Davide Zilioli (Università di Pavia), Nereo Preto, Marco Franceschi e Stefano Castelli (Università di Padova).

Riferimenti

3D Optical Metrology Unit - FBK: <http://3dom.fbk.eu>
Dip. Geoscienze: Università di Pavia, <http://dst.unipv.it>
<http://geoserver.unipv.it/3cimedilavaredo/>
Helica S.r.l.: www.helica.it
Gexcel: www.gexcel.it
JRC Reconstructor: www.reconstructor.it



Figura 7 - Un'immagine di alcune vie di risalita (Svab & Renzi, 2009) della parete ovest (a) mappate e visualizzate in 3D (b, c)

Gexcel

Gexcel S.r.l., società partecipata dall'Università degli Studi di Brescia, nasce nel 2007 dall'incontro e dalla intraprendenza di professori e ricercatori provenienti dal mondo accademico bresciano e dal Centro Comune di Ricerca (JRC) della Commissione Europea di Ispra. Gexcel è strutturata in due *Business Units*. La principale Business Unit si occupa di sviluppo di soluzioni software per dati provenienti da laser scanner. Il prodotto di punta è JRC 3D Reconstructor: software di riferimento per l'elaborazione di dati 3D da Laser Scanner apprezzato a livello mondiale e impiegato nei più svariati settori, nato all'interno del JRC per il controllo di centrali nucleari dall'IAEA (*International Atomic Energy Agency*) e oggi interamente sviluppato e commercializzato da Gexcel. Numerose anche le soluzioni verticali per importanti realtà, come la stessa Commissione Europea, per la quale Gexcel sviluppa software ad hoc per specifiche attività istituzionali.

La seconda Business Unit offre servizi di consulenza ed ha l'obiettivo di supportare i clienti relativamente a: formazione, progettazione di rilevamenti, elaborazione dati, trattamento di reti topografiche e cartografiche, ecc. Grazie ad un team di ingegneri con un elevato grado di competenza, Gexcel è in grado di fornire consulenza e formazione anche ad alti livelli per la realizzazione di grandi opere infrastrutturali o di progetti complessi, quali autostrade, aeroporti, ferrovie, ecc.

La Mission di Gexcel può essere definita in base a quattro principi:

1. Sviluppare tecnologie innovative e consolidate da trasferire al mondo imprenditoriale per favorire la risoluzione di problematiche di rilevamento 3D e tradizionale.
2. Offrire a livello internazionale soluzioni ad alto contenuto tecnologico.
3. Adattarsi con flessibilità alle problematiche tecniche che il mercato richiede.
4. Investire nella crescita professionale del capitale umano per potersi mantenere all'avanguardia nello sviluppo software e nella consulenza di alto livello.
5. Investire nella crescita professionale del capitale umano per potersi mantenere all'avanguardia nello sviluppo software e nella consulenza di alto livello.

Helica

Helica opera nel settore del telerilevamento con sistemi laser-scanner (LiDAR), camere digitali ad alta risoluzione, sensori elettro-ottici giostabilizzati, sistemi di *mobile mapping* e sensori geofisici. Tramite queste tecnologie, genera e fornisce modelli digitali del terreno, immagini digitali aeree, cartografie digitali, mappe topografiche, geologiche ed analisi fisiche del territorio. Grazie ad una rete di esperti, l'azienda fornisce accurati dati territoriali, che possono successivamente essere integrati in sistemi GIS, per l'analisi delle risorse del territorio, la valutazione dell'impatto ambientale di nuove infrastrutture, il rischio idrogeologico, la progettazione e la manutenzione di opere d'ingegneria e la sorveglianza del territorio. Prima in Italia ad operare con sistemi LiDAR, Helica viene costituita nel 2000 avendo come *core business* il telerilevamento aereo. Helica punta a fornire al cliente dati telerilevati in modo puntuale ed accurato, secondo i più rigidi standard internazionali. Per offrire elevata tempestività di intervento e flessibilità nel rapporto con il cliente, Helica ha sin dal principio scelto di operare con strumenti e mezzi di proprietà gestiti internamente. Nella mission di Helica la ricerca ha un ruolo cardine: costantemente l'azienda mira ad applicare ed integrare tecnologie innovative che migliorino i propri processi operativi e sviluppino prodotti e servizi per un mercato in continua trasformazione. Per sviluppare progetti di ricerca sempre più articolati, Helica affianca al proprio staff tecnico strette collaborazioni con imprese e prestigiosi Istituti nazionali ed internazionali impegnati nella ricerca e nel telerilevamento. Helica ha sede ad Amaro (UD), nel Nord Est italiano. Da qui si muove ormai da anni a livello internazionale e mondiale collaborando con enti ed istituzioni, dal Canada all'Australia, dagli Stati Uniti all'Austria.

Codevintec

Codevintec, dal 1973, è uno dei maggiori distributori di strumentazione e know-how nel campo delle Scienze della Terra, Navigazione di Precisione e 3D Imaging riconosciuto a livello internazionale. È il punto di riferimento per sistemi ad alta tecnologia nei seguenti settori: studio del sottosuolo (georadar, sismografi, geoelettrica, logger da foro, inclinometri), vulcanologia e monitoraggio sismico (sismometri, magnetometri, gravimetri, inclinometri, reti con trasmissione VSAT), rappresentazione dei fondali e delle coste (Multibeam Beamformer e Interferometrici, SideScanSonar e SubBottom Profiler), navigazione e posizionamento di precisione ad alta dinamica (DGPS, IMU Inertial Measurement Unit), rilievi laser statici, dinamici, da barca, auto, aereo e per applicazioni speciali (LaserScanner 3D a lunga portata, LiDAR, software, sistemi complessi), sistemi per la rappresentazione della realtà in 3D: sott'acqua, a pelo d'acqua e terrestre. Codevintec ha al suo interno un qualificato laboratorio di assistenza tecnica ed è laboratorio europeo esclusivo per LaserScanner 3D terrestri Optech. Riconosciuta a livello internazionale ha fornito la strumentazione per le imprese Italiane più importanti in ambito scientifico: Rete Nazionale di Controllo Terremoti; rete Nazionale DGPS per la Guardia Costiera; varie reti GPS di monitoraggio deformazione; progetto SIM per il Corpo Forestale dello Stato; Progetto Antartico; Progetto MOSE.

Bibliografia

Boehm J., Haala N. (2005). *Efficient integration of aerial and terrestrial laser data for virtual city modeling using lasermaps*. Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 36(3/W19), ISPRS Workshop Laser scanning, Enschede, the Netherlands.

Fazzini M., Panizza M. (2006). *I crolli nelle Dolomiti orientali nell'estate 2004 in Salgaro* (ed.), Scritti in onore di R. Bernardi, Bologna, Patron, pp. 247-257.

Franceschi M. (2008). *Application of terrestrial laser scanner to cyclostratigraphy*, Tesi di Dottorato, Università di Padova.

Gruber S., Hoeltzle M., Haeberli W. (2004). *Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003*, Geophysical Research Letters, vol. 31, L13504, 4.

Gruen A., Mural S. (2002). *High-resolution 3D modelling and visualization of Mount Everest*, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 57, pp. 102-113.

Panizza M. (2009). *Geomorphodiversity of the Dolomites and some remarks on recent rock-falls*. Proceedings of the International Conference 'Landslide Processes', 6-7 February 2009, Strasbourg, France.

Ruiz A., Kornus W., Talaya J., Colomer J.L. (2004). *Terrain modeling in an extremely steep mountain: a combination of airborne and terrestrial LiDAR*. Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 35(B3), ISPRS Congress 2004, Istanbul, Turkey.

Squarzonì C., Teza G., Galgario A., Carraro C., Bucciari N. (2009). *Terrestrial and airborne laser scanner techniques applied to rock slope instability analysis: the case of Einser-Cima Una (Sexten Dolomites, Italy)*, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-13569.

Sturzenegger, M., Stead, D., Froese, C., Moreno, F. & Jaboyedoff, M. (2007). *Ground-based and airborne LiDAR for structural mapping of a large landslide, the Frank Slide*. Rock Mechanics: Meeting Society's Challenges and Demands.

Svab E., Renzi G. (2009). *Tre Cime - Classic and modern routes*, Versante Sud Edizioni.

Szekely B., Molnar G., Roncat A., Lehner H., Gaisecker Th., Drexel P. (2009). *Integrating airborne and terrestrial laser scanning data to monitor active landsliding*, Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-3557-2.

Abstract

Dolomites in 3D thanks to laser scanner
Peak3D is the project created to return in three dimensions the verticality of the mountains. In this project 8 companies and institutions are involved : The University of Pavia, The Foundation Bruno Kessler, The University of Padua, The University of Milan Bicocca, Codevintec, Helica, Gexcel and Protocube. Peak3D has dedicated itself to the Dolomites detected by the laser scanner. The data obtained allow many uses.

Autori

F. REMONDINO, A. RIZZI, G. AGUGIARO
{REMONDINO, AGUGIARO, RIZZALE}@FBK.EU
3D OPTICAL METROLOGY, FBK TRENTO
HTTP://3DOM.FBK.EU

F. ZUCCA
FRANCESCO.ZUCCA@UNIPV.IT
DIP. DI SCIENZE DELLA TERRA, UNIVERSITA
DI PAVIA, HTTP://DST.UNIPV.IT



GeoSolutions

il tuo one-stop-shop per software geospaziale open source

- ✓ **Supporto Professionale** per software **Open Source**
- ✓ **Applicazioni Enterprise** su misura
- ✓ **Training** direttamente dagli **esperti**
- ✓ Integrazione **stress-free** con software **COTS**



GeoServer

Server Enterprise per la disseminazione di dati GeoSpaziali secondo standard INSPIRE



OpenLayers

Libreria client web per fruizione di mappe e l'editing di dati vettoriali



GeoTools

Libreria desktop per la gestione di dati e metadati geospaziali



OpenSDI

Piani di supporto e sviluppo professionali pensati per le tue esigenze