

Tecniche di rilievo tridimensionale e rischio idrogeologico: condivisione in rete di dati in alta risoluzione LiDAR

Il caso studio della Regione Veneto

di Giorgio Paolo Maria Vassena, Tiziana Chiamone, Raffaella Gabriella Rizzo, Luca Simone Rizzo, Paolo Tizzani

Le tecniche di rilevamento tridimensionale con misurazione ad alta densità, ad esempio tramite approcci LiDAR aerotrasportati, da terra (TLS - Terrestrial Laser Scanner) o su mezzi mobili (mobile mapping), permettono di rilevare e osservare il territorio con una accuratezza, una risoluzione e una ricchezza di dettaglio globalmente molto elevate rispetto agli approcci di rilevamento tradizionali. Per la gestione delle grandi moli di dati generati si presenta una applicazione di una tecnologia altamente innovativa, unica a livello internazionale, sviluppata dall'Università degli Studi di Brescia, in accordo con l'azienda *spin-off* Gexcel srl, che permette la condivisione e visualizzazione di dati ad alta densità, anche via rete.

Il caso di studio in oggetto propone una nuova modalità di gestione dei dati tridimensionali (*mesh*, nuvole di punti, colore associato alle nuvole di punti), che permette di gestire file di dimensioni virtualmente senza limiti, consentendo di visualizzare e di interrogare ed analizzare tale dato anche via internet. In particolare, si mostra come su un unico file, residente su un server remoto, sia ora possibile visualizzare dati tridimensionali multirisoluzione di frane, smottamenti, modelli digitali del terreno relativi a larghe porzioni di territorio. In particolare vengono di seguito descritti i test realizzati su un caso test della Regione Veneto. Viene mostrato come il dato tridimensionale (arricchito dai livelli di informazione territoriale) risulta visualizzabile, interrogabile, misurabile e anche se necessario scaricabile via web.

Viene, inoltre, mostrato come sia possibile visualizzare sul modello tridimensionale livelli informativi provenienti da sistemi informativi territoriali che analizzano i dati di rischio idrogeologico. Viene descritta dunque la tecnologia che se applicata in modo diffuso dagli enti di gestione del territorio nonché dai dipartimenti di Protezione Civile,

permetterebbe di fornire un importante strumento di supporto alle decisioni e di archiviazione del dato tridimensionale rilevato con le diverse tecnologie, con particolare riferimento all'approccio in alta risoluzione con tecnica LiDAR. Il caso che viene descritto fa riferimento al possibile impiego per la gestione dei dissesti idrogeologici della Regione Veneto.

Il dato tridimensionale multirisoluzione e multitemporale viene archiviato su un server. Gli operatori, che agiscono in remoto sul dato immagazzinato, sono in grado di visualizzare, interrogare ed eseguire estrazione di informazioni, senza dover "scaricare" sul client le nuvole di punti, le mesh o le immagini archiviate nel data center. Gli elaborati di tali analisi sono condivisi via rete e anche le nuvole di punti, in piena risoluzione, risultano visualizzabili in remoto tramite semplici browser e senza l'installazione di applicativi dedicati.

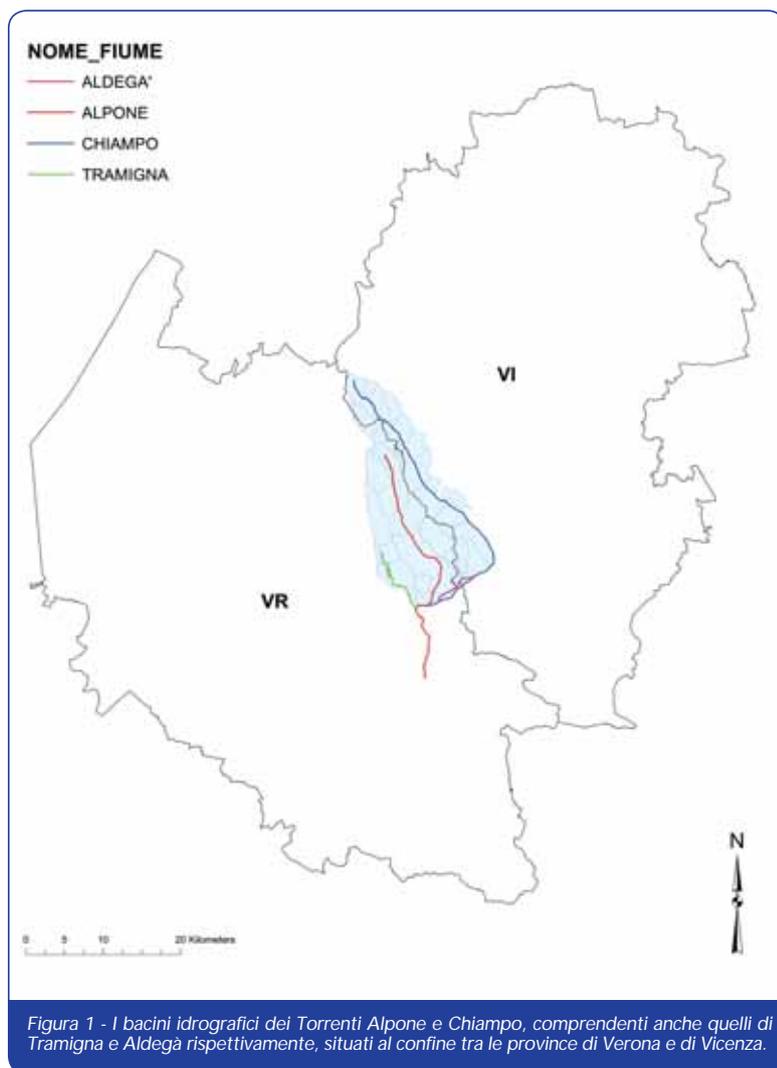
LiDAR e nuvole di punti

Le tecnologie LiDAR hanno introdotto un nuovo dato rilevato: la nuvola di punti nello spazio. Tra le caratteristiche oramai ben note di tale informazione, va sottolineata la spesso grande dimensione del file che contiene il dato tridimensionale rilevato. Da questa difficoltà di gestione, nascono una serie di

problematiche relative alla fruizione del rilievo, tra cui l'archiviazione, la gestione, l'interrogazione e la visualizzazione di tale dato da parte dei non specialisti. La tecnologia che viene qui introdotta, e applicata ad un caso test di seguito dettagliato, mostra come sia ora possibile, grazie ad una tecnologia sviluppata e diffusa in tutto il mondo da Gexcel srl, una azienda Spin Off dell'Università

degli Studi di Brescia, archiviare, visualizzare e permettere di operare in streaming su nuvole di punti georeferenziate anche di grandi dimensioni, *mesh*, modelli digitali del terreno, e come su tali nuvole o superfici si possano visualizzare ulteriori dati quali l'immagine di una cartografia raster CTR o quelle di livelli informativi provenienti da sistemi informativi geografici, fino ad arrivare al calcolo di volumi, distanze, aree, movimenti e deformazioni. Da

ultimo la possibilità di estrarre via rete immagini ortografiche e/o immagini solide cioè immagini ortografiche "2,5D" (gestibili e interrogabili sia web che in ambiente CAD), piante e sezioni. Si tratta, dunque, di una innovativa modalità di gestione e condivisione delle informazioni nonché di un nuovo approccio di supporto alle decisioni.



Utenti vari, connessi via rete, possono interrogare il dato spaziale multirisoluzione e multiplatforma, effettuare analisi condivise e procedere in remoto allo scarico del dato. In realtà quest'ultima opzione, cioè la selezione di porzioni di dato tridimensionale e il suo trasferimento da server a client è l'ultima delle opzioni della tecnologia proposta. Infatti le potenzialità della tecnologia Xstream (così denominata da Gexcel) è quella di poter operare su un dato remoto, senza necessitare di trasferire la pesante informazione tridimensionale dal server al client. Di seguito si presentano alcuni risultati sul caso test citato, esempio utile per la descrizione e la presentazione della filosofia operativa.

Inquadramento geografico. Le province di Verona, di Vicenza e di Belluno con i bacini idrografici dei torrenti Alpone e Chiampo e un caso specifico di smottamento.

Da alcuni anni sono attivi degli studi relativi ad una zona della regione Veneto relativa al Veronese orientale e al Vicentino occidentale (Manzoni, Rizzo

R.G., 2006; Rizzo L.S, Rizzo R.G., Tizzani 2012). Tali studi hanno implicato - e tuttora comportano - una continua raccolta e produzione di dati della più varia natura, nonché l'analisi che ne consegue. Per questo contributo, vista appunto tale consistente mole di dati, ci si soffermerà sull'elaborazione di un modello di lavoro che coinvolge i due bacini idrografici dei Torrenti Alpone e Chiampo situati rispettivamente nelle province di Verona e di Vicenza.

L'area dello studio è caratterizzata - soprattutto nella sua parte meridionale - da un importante nodo idrografico che vede, da oltre 600 anni (Sambugaro, 2012), continui interventi di studio e di cura del territorio, in uno scenario paesaggistico di grande pregio soprattutto se si considerano i territori posti a nord della fascia delimitata dalla Statale Verona - Vicenza. Tale area è localizzata lungo il Corridoio Europeo n.5 (Lisbona-Kiev) ed è attraversata da una significativa viabilità: autostrada A4 Milano/Venezia, rete ferroviaria Torino/Venezia, nonché da un dedalo di vie di comunicazione minori di carattere regionale, provinciale e più strettamente

locale. Lungo tale asse si è sviluppata una sequenza di aree produttive industriali e terziarie con imprese di diversa tipologia. Basti citare come esempio i distretti termo-meccanico e viti-vinicolo. Quest'ultimo ha dato vita negli anni ad un paesaggio a monocultura viticola, noto a livello internazionale, che si estende dalla parte pedecollinare delle dorsali parallele e degradanti dei Monti Lessini fino ad aprirsi a ventaglio verso la pianura. Tale area è ricca di beni culturali quali la città murata di Soave, ville venete di pregio, il palazzo vescovile di Monteforte d'Alpone, l'abbazia di Villanova. Infine è stata presa come test un'area in provincia di Belluno, ove è presente uno smottamento che comprende un bene culturale a rischio, posto in corrispondenza della sommità del movimento franoso.

I dataset del caso assunto a test

I dati utilizzati negli studi geografici e territoriali descritti, realizzati da parte di Enti e Istituzioni diverse, ed impiegati nell'implementazione della metodologia Xstream hanno la caratteristica di essere multisorgente in quanto risultato di attività realizzate con strumenti e modalità tecniche e di contenuto differenti e/o dagli stessi autori. I dati si presentano dunque in diverse forme, risoluzione e accuratezze (i.e. con multirisoluzione) ed è dunque opportuno fornire dettagli tecnici sulle differenti tipologie di dataset.

Dataset territoriali e Carte Tecniche Regionali della Regione Veneto

La Regione Veneto mette a disposizione sul Geoportale Regionale dataset cartografici e territoriali. Questi ultimi sono inerenti alla copertura del suolo, alla sua permeabilità, al reticolo idrografico, ai geositi, alle reti ecologiche, ai limiti amministrativi, alla rete viaria e al patrimonio culturale (centri storici e ville venete). Tali dati sono prodotti dall'Unità di Progetto per il SIT e la Cartografia ad eccezione della rete idrografica creata dall'ARPA Veneto e il patrimonio culturale fornito per i centri storici dalla Direzione Pianificazione Territoriale e Parchi (sempre della Regione Veneto), per le ville venete dall'Istituto Regionale Ville Venete. Il sistema di riferimento dei dataset è ROMA40/OVEST trasformato in WGS84-UTM32 per il test presentato.

(<http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/Sistema+Informativo+Territoriale+e+Cartografia/Accedi+al+GeoPortale.htm>)
Per i singoli metadati si confronti l'Infrastruttura dei Dati Territoriali del Veneto - Catalogo dei Dati (IDT).

Tipologia	Formato	Scala	Data	Note
Copertura del suolo	.shp (polygon)	1:10.000	2009	Area tematica minima 0.25 ha, legenda su 5 livelli basata su CLC
Permeabilità	.shp (polygon)	1:100.000	2009	Db derivato dalla carta dei litotipi
Reticolo idrografico	.shp (polyline)	1:10.000	2008	Digitalizzazione dei corsi d'acqua sulle sezioni della CTR
Geositi	.shp (point)	1:50.000	2006	Rete Natura 2000, siti SIC e ZPS
Confini provinciali	.shp (polygon)	1:10.000	2005	Derivazione da CTR raster
Rete viaria	.shp (polyline)	1:10.000	2011	Estrazione dati da CTR
Centri storici	.shp (polygon)	1:10.000	2005	Digitalizzati da mappe del PTRC del 1992
Ville venete	.shp (polygon)	1:10.000	2006	Estrazione dati da CTR

Dati della Regione Veneto: note tecniche.

In aggiunta a tali dati sono state prese in considerazione anche le CTR in scala 1:10.000 in formato raster (derivanti dalla corrispondente cartografia in formato vettoriale).

Dati LiDAR prodotti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche, Geoportale Nazionale, Piano Straordinario Telerilevamento).

Il dataset utilizzato è comprensivo di DTM, DSM (first e last) e nuvole di punti in formato rispettivamente .asc e .xyz. Il sistema di riferimento cartografico in cui sono stati forniti è GCS-WGS 84. I DTM e DSM presentano una maglia di restituzione di 1m x 1m in quote ortometriche. I dati sono caratterizzati da un'accuratezza altimetrica di ±15 cm e planimetrica di ±30 cm (1s); il livello di confidenza è al 95% (≈2s) ±40 cm.

Per quanto concerne l'uso del dato per questo specifico studio, i DTM (per motivi di tempo) ci sono stati forniti riprocessati in WGS84 - UTM 32N da Geomatica e Ambiente s.r.l., spin-off dell'Università degli Studi di Padova.

Per quanto attiene la nuvola di punti, essa è in quote ellissoidiche. Per il modello di studio inerente questo contributo, si è scelto di utilizzare i dati DTM e LiDAR relativi al bacino veronese e vicentino dei quattro torrenti sopracitati (cfr. Figura 1), ad implementazione dei lavori svolti in precedenza dagli autori.

Dataset creati ad hoc dagli autori sugli eventi alluvionali e sul patrimonio culturale per i lavori più sopra citati, provenienti da livelli di un sistema informativo.

Come già indicato gli autori hanno studiato i fenomeni di esondazione che hanno interessato i Torrenti Aldegà, Alpone, Chiampo e Tramigna nell'autunno del 2010 e nella primavera del 2011. In tale occasione si sono confrontati il

database regionale sull'uso del suolo (riclassificato dagli autori a livello 1 e 3) e anni diversi della banca dati Corine Land Cover (1990, 2000, 2006). Inoltre, si è prodotto uno strato informativo puntuale sugli elementi di *heritage* presenti in tali zone, editandolo sulla CTR raster in scala 1:10.000 della Regione Veneto.

Dataset di oggetti tridimensionali a nuvola di punti (frane e beni architettonici) a disposizione degli autori

Si è, infine, provveduto ad inserire un dataset di dati provenienti da rilievi di frane e di elementi architettonici (Sgrenzaroli M., 2005), provenienti da rilievi a disposizione degli autori (anche se non attinenti l'area sotto analisi), al solo fine di mostrare la potenzialità della visualizzazione multipiattaforma e multirisoluzione dell'applicativo *gexcel R³*®.

Metodo e relativi risultati

Scopo principale di questo esempio è stato di illustrare una metodologia innovativa che permette di usufruire e interrogare grandi moli di dati tridimensionali di diversa origine e struttura (*mesh*, modelli digitali del terreno, nuvole di punti (nei diversi formati tra cui l'E57), immagini provenienti da shape files, file in formato DXF, ecc) tramite una piattaforma di visualizzazione e condivisione dei dati via rete di recente introduzione (Vassena, *in corso di stampa*). Le grandi dimensioni dei file a nuvola di punti, rappresentano un importante ostacolo alla gestione e visualizzazione delle informazioni geometriche. I soli dati LiDAR, DTM e DSM ammontano a circa 80 GB, a cui vanno aggiunte le immagini della CTR e dei livelli grafici estratti dallo shape file delle zone sotto studio. Un primo aspetto critico ha riguardato innanzitutto la necessità di rendere i dati omogenei e interoperabili per poterli gestire con i diversi applicativi

in uso nello studio, in particolare per ciò che riguarda il sistema cartografico di riferimento. Il software utilizzato per la realizzazione del progetto è stato il *JRC 3D Reconstructor*® sviluppato da Gexcel srl (*spin-off* dell'Università degli Studi di Brescia), dotato del tool "gexcel R³" per la navigazione di nuvole di punti ad alta risoluzione.

Elaborazione dei dati

I dati citati, provenendo da fonti diverse presentano problemi di interoperabilità sia nel formato sia nel sistema di riferimento adottato. I dataset si riferiscono a dati vettoriali e raster con estensioni .shp, .dxf, .tiff, .png, .asc, .aux, .xyz e datum diversi. Ciò ha comportato un lavoro preliminare di omogeneità degli stessi prima dell'importazione nel modello. Tale omogeneità ha richiesto una trasformazione degli shape poligonali in polilinee con estensione .dxf (lo strato informativo del bacino idrografico ad esempio) con un passaggio di sistema di riferimento da ROMA/40 OVEST a WGS84-UTM32N. Per fare questo si sono usati a fasi alterne ArcGIS Desktop (ESRI), AutoCAD e AutoCAD Map 3D. Successivamente è stato possibile importare i DTM e le nuvole di punti LiDAR concernenti i bacini idrografici scelti attraverso l'utilizzo di JRC 3D Reconstructor (Figura 2).

L'integrazione dei modelli tridimensionali con i vari livelli informativi ha comportato l'importazione in *JRC 3D Reconstructor*® dei dataset regionali e di quelli creati *ad hoc* dagli autori sugli eventi alluvionali e sullo *heritage* sopra citati, relativi alle aree soggette a dissesto idrogeologico. Le nuvole di punti possono essere altresì "colorate" mediante immagini digitali, in modo che ogni punto appartenente alla nuvola assuma la colorazione della porzione di immagine corrispondente (ad esempio, fotografie di un'area). Inoltre, alle nuvole si possono sovrapporre dati

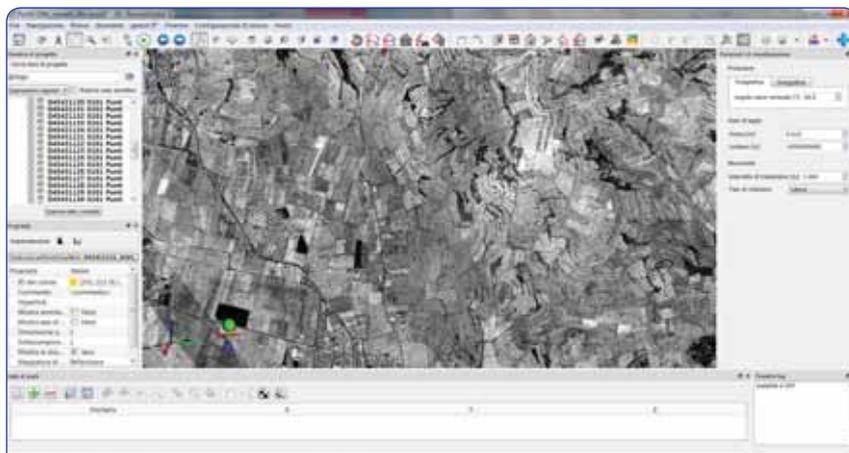


Figura 2 - Importazione di dati LiDAR di parte del bacino in oggetto in JRC 3D Reconstructor.

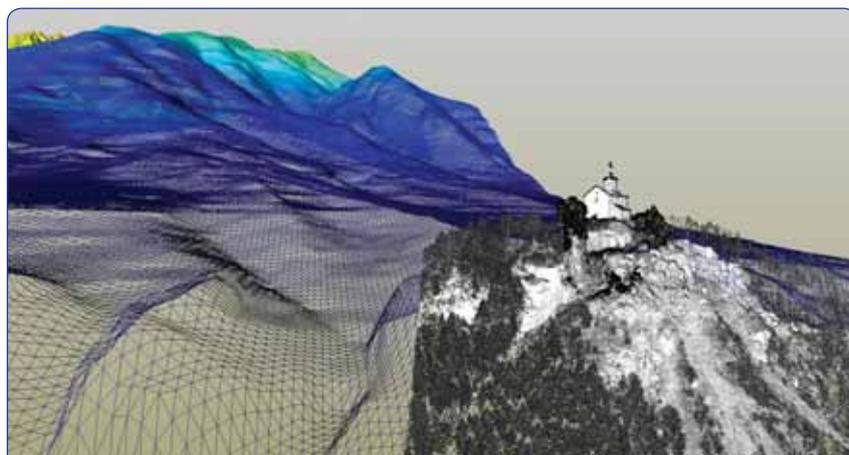


Figura 3 - Esempio di visualizzazione in streaming (in ambiente gexcel R3) in multirisoluzione/multisorgente (DTM Regionale - Frana con sensore TLS a lunga portata (Optech Illris) - Chiesa con sensore alla fase Faro Focus3D) (Esempio realizzato da Gexcel srl).

sotto forma di polilinee o di immagini. Le polilinee vengono importate direttamente in JRC 3D Reconstructor e, grazie alla conservazione delle informazioni geografiche possono essere istantaneamente unite al modello digitale del terreno e ai dati LiDAR. Una metodologia differente va, invece, adottata qualora i livelli informativi da sovrapporre siano costituiti da immagini (.png, .bmp, .jpg): risulta necessaria un'operazione di proiezione delle stesse su *mesh* create dalle nuvole di punti. A questo punto è stato possibile esportare gli *output* delle operazioni precedenti, mediante i corrispettivi file di interscambio .r3c, leggibili mediante l'apposito tool "gexcel R3".

Visualizzazione e gestione dati ad alta risoluzione in remoto

Il tool "gexcel R3" è basato sulla tecnologia Gexcel Xstream® in grado di visualizzare, navigare e interrogare dati a nuvola di punti senza limite teorico di dimensioni. La più recente versione di questo applicativo permette, inoltre, di condividere via rete il dato, costituito dalla nuvola di punti, dalle *mesh*, ma anche da immagini e file

vettoriali in formato DXF. Di seguito, Figura 3, si osserva la visualizzazione su unico file di una porzione del modello digitale altimetrico regionale, di un settore della Carta Tecnica Regionale, del rilievo multirisoluzione (sensori Optech Illris e Faro Focus3D) di una frana e di una chiesa sovrastante. Un esempio esemplificativo di visualizzazione in multi sensore, multi piattaforma e multi risoluzione.

La filiera di pubblicazione e sfruttamento delle nuvole di punti in rete

Dal punto di vista operativo la pubblicazione e l'utilizzo dei dati, in particolare delle nuvole di punti, via rete tramite la tecnologia Gexcel Xstream® prevede che le nuvole di punti, acquisita sul campo nei più diversi formati di rilievo (Lidar aerotrasportato, sistemi mobile o di laser scanner terrestre) piuttosto che nei formati a griglia e DTM, vengono inviati al gestore del server (posto presso l'amministrazione o nel cloud). Caricati i dati tridimensionali sul server, utenti abilitati, operativi su client in postazioni remote possono interrogare e estrarre dei prodotti interrogando la nuvola di punti remota. Il dato viene interrogato e visualizzato via client, ma il dato non viene trasferito via rete rimanendo residente su server.

I prodotti dell'interrogazione della nuvola di punti, costituiti da ortofoto, ortofoto 2,5D (immagini solide), piante, volumi, distanze... vengono sia archiviati su client che inviati per una eventuale pubblicazione nel web al manager del server.

Questo approccio va a costituire un archivio di dati 3D in rete, dove sono presenti sia le nuvole di punti, che DTM e DSM, interrogabile, consultabile e confrontabile in remoto dai diversi attori che intendono analizzare il territorio e che necessitano di una piattaforma di supporto alle decisioni.

L'accesso in rete al dato tridimensionale, permette il riconoscimento e descrizione degli elementi presenti nel territorio, in modo da permettere di alimentare le informazioni da gestire e archiviare in opportuni sistemi informativi di organizzazione delle informazioni.

Da sottolineare la possibilità di visualizzare nel web, tramite semplici browser 32 bit, l'intera nuvola di punti, dunque non scansione per scansioni (approccio



Figura 4 - L'interfaccia web based per la gestione della pubblicazione in rete dei progetti contenenti le informazioni tridimensionali.

scan based), o file per file, ma nella sua totalità. Tale modalità è tuttora l'unica soluzione disponibile a livello internazionale in grado di permettere tale modalità di accesso e di condivisione delle informazioni tramite web.

Conclusioni

Il test ha dimostrato l'efficacia di questo approccio innovativo in cui, su una medesima piattaforma server, su un medesimo file, vengono visualizzati e interrogati via rete dati e informazioni tridimensionali anche appartenenti a nuvole di punti di densità e "pesantezza" assai elevata. Gli sviluppi e l'integrazione di nuovi strumenti per permettere una efficace interrogazione e visualizzazione delle informazioni via rete sono dunque una opzione ora disponibile per tutti i gestori di dati territoriali. Il primo approccio qui mostrato

dimostra l'integrazione tra dato tridimensionale rilevato a nuvola di punti, dato cartografico (DTM e/o DSM) e informazioni provenienti da analisi tramite piattaforme di sistemi informativi. Sono in fase di studio gli effetti operativi e di supporto alle analisi territoriali che tale approccio ora permette.

Ringraziamenti

Si ringrazia per la disponibilità nella fase di reperimento dei dati LIDAR il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche, Geoportale Na-

zionale, Piano Straordinario Telerilevamento (dott. Salvatore Costabile); la Regione Veneto - Unità di Progetto Sistema Informativo e Cartografia (ing. Maurizio De Gennaro nonché i collaboratori Delio Brentan e Mauro Bettella); l'Università di Padova - Geomatica e Ambiente s.r.l.. Si ringraziano, inoltre, Massimo Gelmini, Lorenzo Cavallari, Davide Cantoni, Giorgio Dotti e Massimo Dierna di Gexcel srl per l'esempio di gestione dati in gexcel R³ fornito.

Abstract

3D surveying techniques dealing with high density measurement (i.e. through airborne LiDAR by TLS - Terrestrial Laser Scanner - or by mobile mapping) allow to survey and observe the territory with accuracy, a particular resolution and richness of details extremely high compared to traditional survey approaches. These technologies, due to the size of raw data, not allow the sharing and the direct reading of 3D data by different users. Usually, the data are put into standard formats (digital terrain model, contour lines, etc.) to be shared. The raw data (with all the associated contents) are, on the other hand, generally lost or saved in formats and devices (hard disks or DVD) that doesn't make it available to the customer. An application of a technology developed by the University of Brescia (together with the spin-off Gexcel srl) is presented. This application allows the sharing and visualization of these data by web. The difficulty of implementing the sharing technologies of LiDAR data lies in the transfer of 3D surveyed data, even if only to display them. This research intends to propose a new way of data managing/transmission, also by internet, enabling to store 3D LiDAR data in a single file and to add different layers on this model. In particular, the research shows how in a file - on a remote server - it is possible to store 3D multi-resolution data about land-slides of the Veneto Region. These 3D data (enriched by different layers) can be visualized, downloaded, queried and shared via web. It also shows how it can be displayed on 3D model, information levels from GIS that analyze data of hydrological risk. The research proposes a first application of LiDAR data web sharing applied to studies of hydrological disasters of the Veneto Region. This is intended as an example of a useful technology to support all the activities for rapid decisions.

Sitografia

- <http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/Sistema+Informativo+Territoriale+e+Cartografia/Accedi+al+GeoPortale.htm>
- <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/coperturasuolo>

Bibliografia

- Manzoni G., Rizzo R.G. (2006), "La rappresentazione cartografica e le sue innovazioni. Il caso della fascia attorno alla ex SS11 ad est di Verona" in Robiglio C. (a cura di), *VeronaEST. Le attività economiche e il territorio. Approcci e metodi per lo studio di territori complessi*, Università degli Studi di Verona - DESI, Camera di Commercio Industria Artigianato Agricoltura di Verona, Università degli Studi di Trieste - CER, Verona, 87-114.
- Ravelli M., Clerici A., Gelmini M., Lanzi C., Riva P., Sgrenzaroli M., Vassena G. (2005), "Il laser terrestre applicato in rilevamenti di dissesti di strutture di ingegneria civile", *In Atti Convegno SIFET 2005*, Palermo, Giugno-Luglio 2005. Id. (2005), "A laser scanning approach to model and survey damaged road tunnels", *in Proceedings of 2nd Italy - Canada Workshop "3D Digital Imaging and Modeling - Applications of Heritage, Industry, Medicine and Land"*, Padova, 17-18 Maggio 2005.
- Rizzo L.S., Rizzo R.G., Tizzani P. (2012), "Consumo di suolo e cementificazione nel Veneto Occidentale. Emergenze, svantaggi e riflessi sull'assetto del territorio. Un'analisi GIS" in Atti della *13a Conferenza Italiana Utenti ESRI*, Roma, 18-19 aprile 2012, cfr. <http://www.esriitalia.it/eventi/atti-13a-conferenza-italiana.html>.
- Sambugaro G. (2012), *L'alluvione tra Soave e Monteforte d'Alpone: un disastro annunciato?*, relazione tenuta presso l'Accademia di Agricoltura Scienze e Lettere di Verona il 30.03. 2012.
- Sgrenzaroli M. (2005), "Cultural Heritage 3D Reconstruction Using High Resolution Laser Scanner: New Frontiers Data Processing", *CIPA 2005 XX International Symposium*, Torino, Italy, 26 September - 01 October, 2005.
- Vassena G. (in corso di stampa), "Heritage e governance territoriale: esperienze di rilievo 3D nei processi di tutela e valorizzazione dei beni culturali" in Atti del Convegno Annuale dell'Associazione Italiana di Cartografia *La Cartografia nella valorizzazione dei beni naturali e culturali*, Archivio Antico Palazzo del Bò, Padova, 10-11 maggio 2012.
- Vassena G., Sgrenzaroli M. (2007), "Tecniche di rilevamento tridimensionale tramite laser scanner", *Starrylink Editrice*, Brescia, ISBN: 978-88-89720-73-8 - 2007.

Parole chiave

LIDAR, NUVOLE DI PUNTI, LASER SCANNER.

Autori

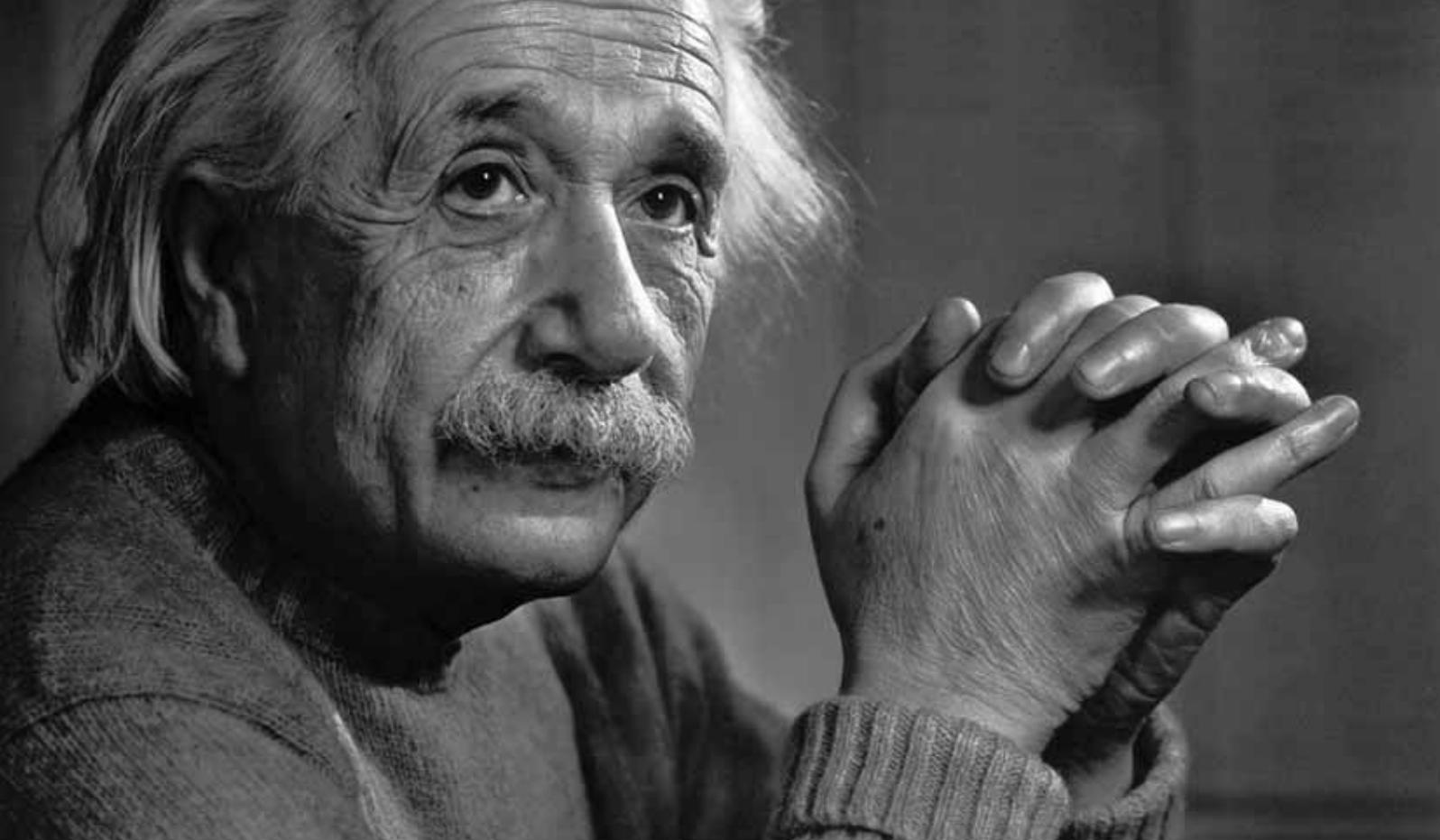
GIORGIO PAOLO MARIA VASSENA
GIORGIO.VASSENA@ING.UNIBS.IT

TIZIANA CHIAMONE
TIZIANA.CHIAMONE@ING.UNIBS.IT

RAFFAELA GABRIELLA RIZZO
RAFFAELA.RIZZO@ING.UNIBS.IT
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA, DIP. DI INGEGNERIA CIVILE, ARCHITETTURA, TERRITORIO E AMBIENTE, VIA BRANZE 43, 25123 BRESCIA,

LUCA SIMONE RIZZO
LUCASIMONE.RIZZO@UNIPD.IT
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA, DIP. DI SCIENZE STORICHE, GEOGRAFICHE E DELL'ANTICHITÀ, VIA DEL SANTO 26, PADOVA,

PAOLO TIZZANI
PAOLO.TIZZANI@UNITO.IT
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO, DIP. DI PRODUZIONI ANIMALI, EPIDEMIOLOGIA ED ECOLOGIA, VIA LEONARDO DA VINCI 44, GRUGLIASCO (TO)



Insanity is doing the same thing over and over again
and expecting different results.

Albert Einstein

PLANETEK
ITALIA

www.planetek.it