

Tecniche di rilievo tridimensionale e rischio idrogeologico: condivisione in rete di dati in alta risoluzione LiDAR. Il caso di studio della Regione Veneto

Giorgio Paolo Maria Vassena (*), Tiziana Chiamone (*), Raffaella Gabriella Rizzo (*),
Luca Simone Rizzo (**), Paolo Tizzani (***)

(*) Università degli Studi di Brescia, Dip. di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente, Via Branze 43,
25123 Brescia, giorgio.vassena@ing.unibs.it, tiziana.chiamone@ing.unibs.it, raffaella.rizzo@ing.unibs.it

(**) Università degli Studi di Padova, Dip. di Scienze Storiche, Geografiche e dell'Antichità,
Via del Santo 26, Padova, lucasimone.rizzo@unipd.it

(***) Università degli Studi di Torino, Dip. di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia,
Via Leonardo da Vinci 44, Grugliasco (TO), paolo.tizzani@unito.it

Riassunto

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 particolare risoluzione e una ricchezza di dettaglio globalmente molto elevate rispetto agli approcci di rilevamento tradizionali.

Tali tecnologie, a causa delle dimensioni dei dati grezzi rilevati, non permettono la condivisione e la lettura diretta del dato tridimensionale da parte di diversi utenti. Solitamente il dato rilevato viene tradotto in formati standard (modelli digitali del terreno, curve di livello, eccetera) per poter essere condiviso. Il dato grezzo, invece, con tutta la ricchezza di contenuti associata, viene in generale perso o memorizzato in formati e modalità (dischi rigidi o DVD) che non lo rendono disponibile al committente.

Di seguito si introduce una applicazione di una tecnologia sviluppata dall'Università degli Studi di Brescia, in accordo con l'azienda *spin-off* Gexcel srl, che permette la condivisione e visualizzazione di tali dati anche via rete.

La difficoltà di implementare le tecnologie di condivisione dei dati rilevati tramite tecnologia LiDAR risiede nella problematicità di trasferire, anche solo per la visualizzazione, il dato tridimensionale rilevato.

La ricerca propone, dunque, una nuova modalità di gestione dei dati tridimensionali (*mesh*, nuvole di punti, colore associato alle nuvole di punti), praticamente senza limiti di dimensioni, e di visualizzare e trasmettere tale dato anche via internet.

In particolare, si mostra come su un unico file, residente su un server remoto, sia stato possibile visualizzare dati tridimensionali multirisoluzione di frane, smottamenti, modelli digitali del terreno relativi all'intera regione Veneto. Tali dati tridimensionali (arricchiti dai livelli di informazione territoriale) sono visualizzabili, scaricabili, interrogabili e condivisibili 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.

La ricerca propone così una prima applicazione di condivisione in rete di dati in alta risoluzione LiDAR applicata agli studi dei dissesti idrogeologici della Regione Veneto, come esempio di tecnologia utile alle attività di rapido supporto alle decisioni.

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 landslides 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.

1. Introduzione

Le tecnologie LiDAR hanno introdotto un nuovo dato rilevato: la nuvola di punti nello spazio. La caratteristica di tale informazione è l'elevata risoluzione e di conseguenza la pesantezza del dato e l'impossibilità, fino ad oggi, di visualizzare, interrogare e condividere in rete tale dato. La tecnologia che viene qui introdotta, e applicata ad un caso test di seguito dettagliato, mostra come sia ora possibile, grazie alla ricerche integrate tra l'Università degli Studi di Brescia e la società *spin-off* Gexcel srl, condividere via rete nuvole di punti georeferenziate senza limiti di dimensioni, *mesh*, modelli digitali del terreno, e come su tali nuvole o superfici sia si possa visualizzare l'immagine della cartografia raster CTR, quelle di livelli informativi provenienti da sistemi informativi geografici, fino ad arrivare al calcolo di volumi, distanze e aree. Da ultimo la possibilità di estrarre via rete immagini ortografiche, immagini solide (gestibili 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 (Goswami P., *et. al.*, 2012), effettuare analisi condivise e procedere in remoto allo scarico del dato.

L'articolo presenta i primi risultati su un primo caso test, limitato nei dati impiegati ma significativo come filosofia operativa.

Inquadramento geografico. Le province di Verona e Vicenza con i bacini idrografici dei torrenti Alpone e Chiampo - Da alcuni anni gli autori si stanno occupando di studi inerenti la regione Veneto con particolare riguardo 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 (cfr. §2.1), 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 (Figura 1).

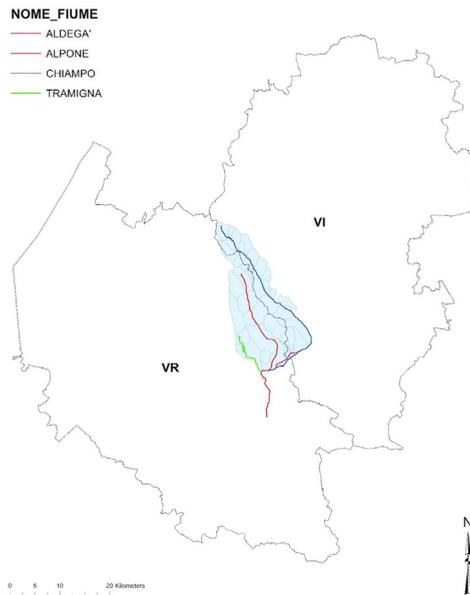


Figura 1. I bacini idrografici dei Torrenti Alpone e Chiampo, comprendenti anche quelli di Tramigna e Aldega rispettivamente, situati al confine tra le province di Verona e di Vicenza.

Qui si fornisce una succinta descrizione della trama territoriale che connota tali zone. Si tratta di un'area caratterizzata - soprattutto nella sua parte meridionale - da un importante nodo idrografico che vede interventi continui da oltre 600 anni (Sambugaro, 2012) in uno scenario paesaggistico di pregio soprattutto nei territori a nord della fascia della SR11 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 regionali, provinciali e locali. 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 famoso a livello internazionale che si stende nella parte pedecollinare delle dorsali parallele e degradanti dai Monti Lessini, le quali poi si aprono a ventaglio verso la pianura. Tale area è ricca di beni culturali e di *heritage* (anche minore) quali la città murata di Soave, ville venete di pregio, il palazzo vescovile di Monteforte d'Alpone, l'abbazia di Villanova...

2. I dataset del caso assunto a test

I dati utilizzati nelle ricerche citate (cfr. §1) e nell'implementazione della metodologia proposta per questo contributo sono multisorgente in quanto prodotti da attività realizzate con strumenti e modalità tecniche e di contenuto differenti da parte di Enti e Istituzioni diverse e/o dagli stessi autori. I dati si presentano dunque in diverse forme, risoluzioni e accuratezze (i.e. con multirisoluzione) ed è dunque opportuno fornire dettagli tecnici sulle differenti tipologie di *dataset*.

2.1 Dataset territoriali e le Carte Tecniche Regionali della Regione Veneto¹

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. Per l'esempio a cui ci siamo applicati, abbiamo provveduto a trasformare tutti i dati nel sistema di riferimento WGS84-UTM32).

<i>Tipologia</i>	<i>Formato</i>	<i>Scala</i>	<i>Data</i>	<i>Note</i>
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	Digitalizzazione Cartografia IGM raster 50.000
Reti ecologiche	.shp (polygon) e .dxf	1:10.000	2007	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

Tabella 1. 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).

2.2 Dati LiDAR prodotti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare²

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% ($\approx 2s$) ± 40 cm. Per quanto attiene la nuvola di punti, essa è in quote ellissoidiche. Per il modello di studio inerente

¹ [http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/Sistema+Informativo+Territoriale+e+Cartografia/](http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/Sistema+Informativo+Territoriale+e+Cartografia/Accedi+al+GeoPortale.htm) Accedi+al+GeoPortale.htm. Per i singoli metadati si confronti l'*Infrastruttura dei Dati Territoriali del Veneto - Catalogo dei Dati* (IDT).

² Nello specifico la Direzione Generale per la Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche, Geoportale Nazionale, Piano Straordinario Telerilevamento. 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.

questo contributo, si è scelto di utilizzare i dati DTM e LiDAR relativi al bacino veronese e vicentino dei quattro torrenti sopraccitati (cfr. Figura 1), ad implementazione dei lavori svolti in precedenza dagli autori.

2.3 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 indicato nel paragrafo 1.2 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)³. 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.

2.4 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 multiplatforma e multirisoluzione dell'applicativo *gexcel R*³.

3. Metodo e relativi risultati

Come sopra anticipato, scopo principale di questo studio è 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 (cfr. § 3.1). 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.

3.1 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).

³ Si veda il sito <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/coperturasuolo> per i dettagli tecnici del progetto CLC e dei dati prodotti.

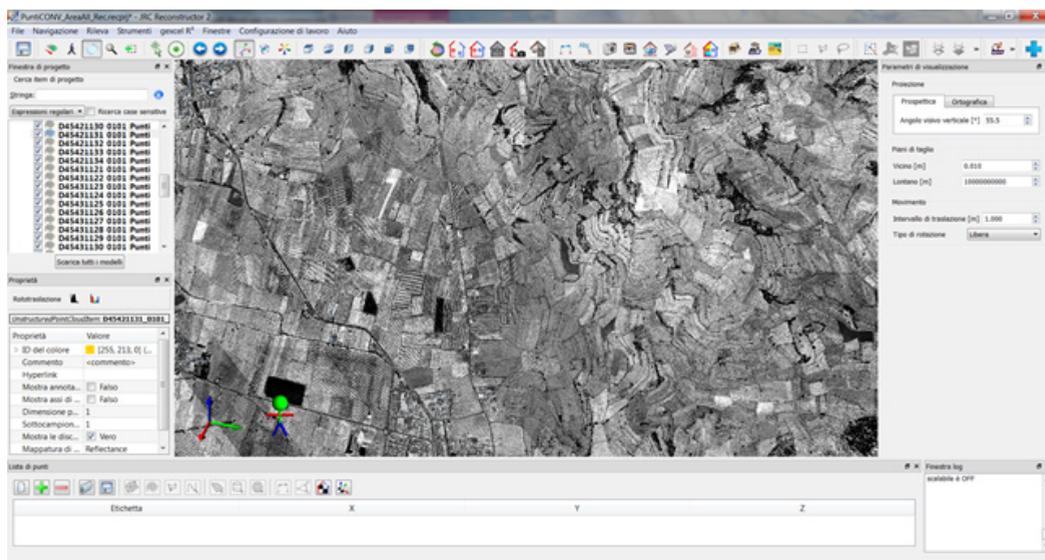


Figura 2. Importazione di dati LiDAR di parte del bacino in oggetto in JRC 3D Reconstructor.

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 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".

3.2 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.

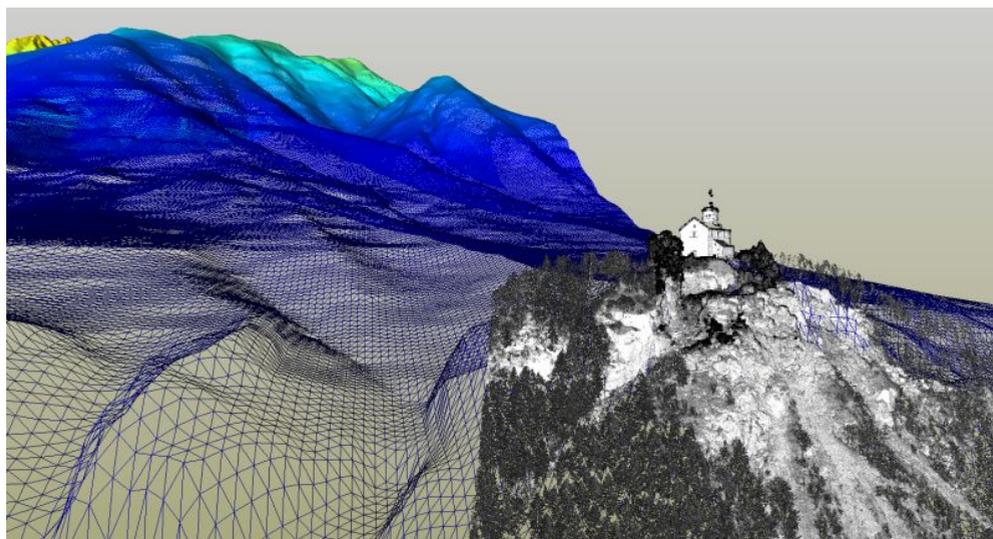


Figura 3. Esempio di visualizzazione in streaming (in ambiente gexcel R³) in multirisoluzione/multisorgente (DTM Regionale - Frana con sensore TLS a lunga portata (Optech Ilris) - Chiesa con sensore alla fase Faro Focus3D) (Esempio realizzato da Gexcel srl).

Conclusioni

La ricerca ha permesso di mostrare le importanti potenzialità 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 in continuo e rapido sviluppo.

Le reali potenzialità di questa piattaforma software sono ancora da indagare e lo sviluppo di nuovi potenti strumenti di supporto alle decisioni ancora da pensare e sviluppare.

Il primo approccio qui mostrato dimostra la possibile 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 Nazionale, 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.

Bibliografia

- Goswami P., Erol F., Mukhi R., Pajarola R., Gobbetti E. (2012), "An Efficient Multi-resolution Framework for High Quality Interactive Rendering of Massive Point Clouds using Multi-way kd-Trees", *The Visual Computer*, 28: 1-15.
- 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.

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>