

Sperimentazione dell'approccio "virtual scan" all'estrazione di informazioni tridimensionali da dati rilevati con laser a scansione

Matteo SGRENZAROLI (*), Giorgio VASSENA (**).

(*) Topotek Centro di Competenza per la Geomatica e il Rilevamento del Consorzio InnTec, via Branze 38 - 25123 Brescia, tel. 030 2002115, sgrenzaroli@topotek.it, www.topotek.it www.inntec.it

(**) Università degli Studi di Brescia - DICATA, via Branze 43 - 25123 Brescia, tel 030 3711236, giorgio.vassena@unibs.it www.rilevamento.it

Riassunto

La tecnologia laser a scansione dalla sperimentazione si sta lentamente consolidando grazie al continuo sviluppo di software dedicati che mirano a diminuire gli elevati tempi di elaborazione e di estrazione degli elaborati finali. Il lavoro di disegno e misurazione direttamente in un ambiente di visualizzazione tridimensionale risulta infatti ancora di difficile gestione. Una delle problematiche in essere è, ad esempio, la restituzione di tavole classiche realizzate con strumenti CAD utilizzati dai disegnatori e non ancora in grado di gestire in modo efficiente i dati laser. L'approccio maggiormente seguito è l'estrazione di una ortofoto dal modello che viene fornita al disegnatore che può effettuare una mera operazione di ridisegno della tavola, perdendo molto spesso il contenuto tridimensionale del dato laser. Viene dagli autori considerata assai interessante la soluzione proposta all'interno del software *JRC 3D Reconstructor* sviluppato dal *Non-Proliferation and Nuclear Safeguards Institute for the Protection and Security of the Citizen (IPSC)* dell'*European Commission Joint Research Centre di Ispra*, che propone l'estrazione di scansioni virtuali per creare una immagine misurabile in tutte le tre dimensioni. La creazione di questa immagine quotata e l'interfaccia diretta con sistemi CAD, permette di leggere il modello tridimensionale per viste quotate, permettendo al disegnatore professionale di accedere facilmente al dato tridimensionale rilevato con laser a scansione e di restituirlo in forma vettoriale tridimensionale. Numerose esperienze in ambito architettonico, ingegneristico e territoriale hanno rivelato l'estrema efficacia della tecnica di scansione virtuale non solo per la fase di restituzione ma anche in molteplici fasi di gestione ed elaborazione dei dati.

1. Introduzione

Il laser a scansione, dopo una prima fase di sperimentazione, si sta rivelando uno strumento efficace in molteplici ambiti applicativi in cui sia richiesta rapidità e completezza nella raccolta di misure tridimensionali e informazioni geometriche. La molteplicità di strumenti disponibili sul mercato e variabili per portata, tecnologia di misura (tempo di volo, differenza di fase) e relativi tempi di scansione, accuratezze, portabilità, integrazione con camere digitali, vengono adottati in svariati ambiti di applicazione. Sono ormai numerose le applicazioni con scanner laser in ambito architettonico, ingegneristico, industriale e territoriale.

Al miglioramento della parte hardware ha dovuto necessariamente seguire un sviluppo della parte software per gestire i voluminosi dati prodotti da tali strumentazioni.

La fase di gestione dei dati rilevati e la produzione di elaborati finali risulta ancora il fattore limitante in termini di tempi di produzione. E' stato valutato un rapporto variabile da cinque a dieci tra i tempi di elaborazione dei dati e quelli di rilevamento. Molto spesso chi ha esperienza nell'interpretazione delle aree rilevate o nella produzione di disegni CAD, non ha familiarità con la gestione di dati tridimensionali ed è piuttosto abituato ad interpretare o elaborare dati bidimensionali (immagini digitali, orto-fotografie, disegni).

Tra le diverse problematiche incontrate in fase di elaborazione gli autori si sono concentrati su tre problematiche principali legate ad altrettante esperienze applicate: i) necessità di produrre tavole classiche realizzate con strumenti CAD a partire da dati laser, ii) necessità di fornire una documentazione misurabile ma facilmente interpretabile ad una utenza che non ha familiarità con

dati tridimensionali, iii) necessità di integrare dati acquisiti con tecniche laser e con tecnologie topografiche tradizionali.

La soluzione software che è stata testata dagli autori per risolvere le suddette problematiche è uno nuovo strumento fornito dal software *JRC 3D Reconstructor* (www.reconstructor.it) dell'Istituto IPSC del JRC di Ispra. Tale strumento denominato “Virtual Scan” permette l'estrazione di scansioni virtuali per creare una immagine misurabile in tre dimensioni.

I dettagli tecnici di tale strumento software vengono descritte nella Sezione 2. Lo strumento di scansione virtuale per gestire immagini digitali calibrate viene descritto nella Sezione 3. L'utilizzo di tale strumento viene esemplificato attraverso le applicazione in tre diversi ambiti e documentato nelle relative Sezioni 4,5, e 6.

2. La tecnica di scansione virtuale

Lo strumento denominato “virtual scan” è un nuova tecnica di gestione dati 3D introdotta recentemente nel software *JRC 3D Reconstructor*. Tale strumento consente di posizionare un nuovo punto di vista all'interno dell'ambiente di visualizzazione dei dati tridimensionali e “scansionare” nuovamente l'oggetto tridimensionale da una posizione più adeguata per le fasi di gestione e di restituzione descritte nelle successive sezioni.

Le esigenze principali per cui è stato introdotto questo nuovo strumento rispondono inizialmente a due necessità: i) riorganizzare i dati laser acquisiti in campagna secondo visuali che spesso non si riescono a garantire durante le fasi di acquisizione (presenza di ostacoli, spazi operativi ridotti) e sarebbero invece auspicabili in fase di restituzione (viste ortografiche, proiezioni sferiche o cilindriche di un oggetto); ii) integrare dati rilevati con sensori e/o tecniche diverse con modelli tridimensionali misurati o progettati in ambiente CAD.

Il processo di scansione virtuale avviene attraverso le seguenti fasi (figura 1):

- i) Posizionamento dei dati tridimensionali: all'interno dell'ambiente di navigazione tridimensionale. Il dati gestibili all'interno del software non sono solo nuvole di punti rilevate da laser a scansione ma anche nuvole di punti misurate con strumentazione tradizione o modelli a superfici provenienti da altri software di disegno CAD tridimensionale.
- ii) Definizione di un punto di vista e della modalità di visione (prospettica, ortografica, cilindrica o sferica).
- iii) Definizione della risoluzione con cui verrà effettuata la scansione. In questo senso se si ha a disposizione un modello continuo a superfici si potrà effettuare una scansione a risoluzioni elevate, se invece si opererà su nuvole di punti in ambiente tridimensionale (3D) si sarà in parte limitati dalla densità stessa dei punti. *JRC 3D Reconstructor* prevede comunque la possibilità di aumentare la dimensione di visualizzazione dei punti e per interpolazione portare alla creazione di superfici locali tangenti a ciascun punto stesso.
- iv) Operazione di scansione virtuale e creazione di una nuova nuvola di punti strutturata secondo i criteri sopra descritti.

L'operazione di scansione virtuale consente perciò di organizzare in modo più adeguato i dati 3D visualizzati e si è rivelato particolarmente efficace per integrare nuvole sovrapposte in un'unica nuvola di punti a densità regolare quindi più facilmente interpretabile e generalmente più ridotta in termini di memoria necessaria. I punti sovrapposti vengono infatti selezionati secondo una maglia di scansione unica e regolare. Come precedentemente accennato la proiezione di scansione può essere anche cilindrica o sferica: questo consente ad esempio di produrre viste 2D misurabili relative allo sviluppo di superfici cilindriche, come ad esempio colonne cilindriche, e sferiche, come ad esempio cupole.

3. Virtual scan per la gestione di immagine 2D.

Lo strumento di scansione virtuale si è rivelato particolarmente efficace per gestire immagini 2D.

JRC 3D Reconstructor consente infatti di calcolare parametri di calibrazione ed orientamento di foto acquisite con camere digitali non metriche e di importare immagini 2D acquisite con camere digitali solidali con i laser a scansione e relativi parametri di calibrazione (Sgrenzaroli, Wolfart, 2002; Sequeira et al, 1999).

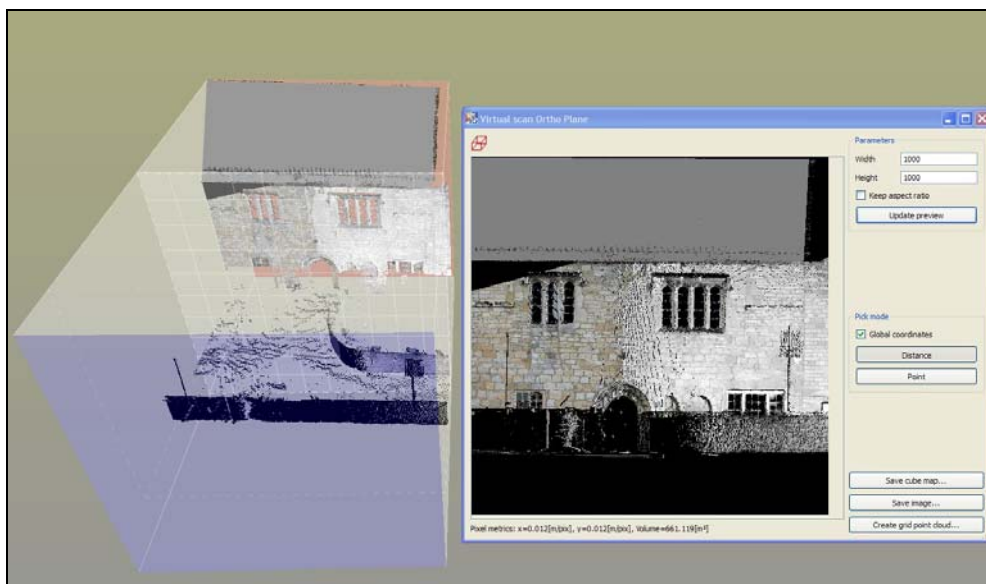


Figura 1 – Nella figura viene illustrata la fase di scansione virtuale con produzione di una immagine 2D con informazione di profondità- a destra- e la nuova nuvola 3 - sulla sinistra.

Le immagini calibrate ed orientate vengono proiettate correttamente sulle geometrie rilevate in modo da ottenere modelli 3D testurizzati; nel contempo tali immagini orientate vengono gestite nel software come potenziali punti di vista per una scansione virtuale (figura 2). Se si procede a scansionare il modello 3D dal punto di vista di una immagine 2D calibrata si possono generare delle immagini bidimensionali esattamente corrispondenti alle originali immagini 2D, corrette dagli effetti di distorsione. Tali immagini hanno però per ogni pixel la corrispondente coordinata geometrica dei punti in tre dimensione. Lo strumento di *virtual scan* può quindi essere usato per generare degli archivi fotografici completamente misurabili (Dequal, 2003) come verrà successivamente illustrato nell'applicazione descritta nella Sezione 3.

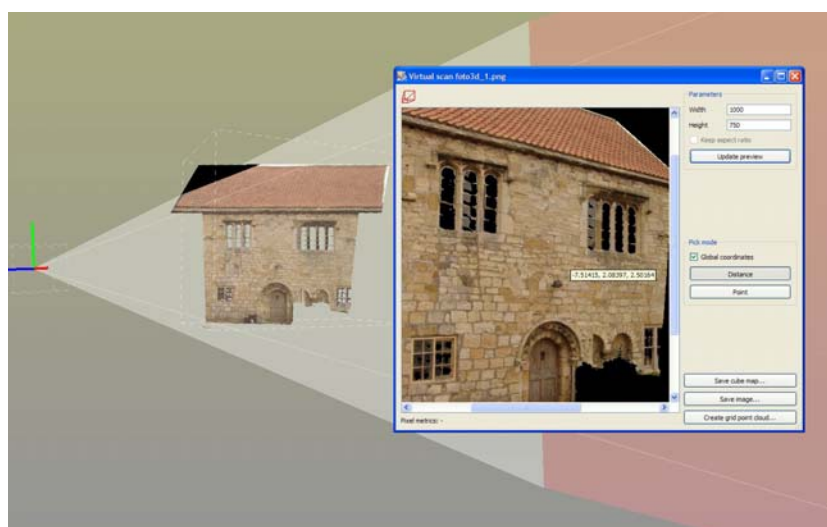


Figura 2 – La scansione virtuale effettuata dalla stessa posizione di una camera fotografica con cui è stata effettuata una foto dell'edificio, consente di generare una immagine 2D analoga all'originale con le coordinate di ogni pixel note in 3D.

4. Restituzione CAD per applicazioni architettoniche

La tecnica di scansione laser (Cantoni et al., 2002) consente di rilevare in tempi molto brevi molti dettagli geometrici utili al rilievo in ambito architettonico. La fase di interpretazione dei dati laser 3D viene fatta a posteriori per via software. In tal senso il laser a scansione è molto efficiente per rilevare in tempi molto brevi geometrie complesse. Nel momento in cui si deve procedere alla fase di estrazione delle geometrie principali dal dato tridimensionale (nuvola di punti o *mesh*) per produrre tavole architettoniche tradizionali, il disegnatore si trova spesso in difficoltà nel disegnare direttamente in tre dimensioni su nuvole di punti spesso di difficile interpretazione e selezione.

Lo strumento di *virtual scan* si è rivelato particolarmente efficiente in queste fasi di restituzione grazie ad un ulteriore sviluppo che ha permesso di collegare l'ambiente di navigazione 3D nativo, con *AutoCAD* attraverso l'applicativo *PointCloud* (www.topotek.it) sviluppato da Kubit.

Un volta definita la proiezione con cui il dato 3D viene virtualmente scansionato (prospettica, ortografica, cilindrica o sferica), viene generata una immagine 2D con informazioni 3D per ogni pixel. Un collegamento diretto tra *JRC 3D Reconstructor* ed *AutoCAD* consente di sfruttare gli strumenti di disegno CAD ma selezionando le coordinate dei punti da immagini 2D misurabili (*virtual scan*) o direttamente dai dati 3D.

Tale metodologia di disegno si è rivelata particolarmente efficace nella produzione di tavole CAD relativa ad indagini su ammaloramenti o fessurazioni degli elementi architettonici

Nella figura 3 viene illustrata l'operazione di restituzione in *AutoCAD* degli elementi pittorici relativi alla cupola della Chiesa di Cristo Re a Brescia. Il disegno in *AutoCAD* viene effettuato direttamente attraverso il tracciamento di poli-linee 3D.

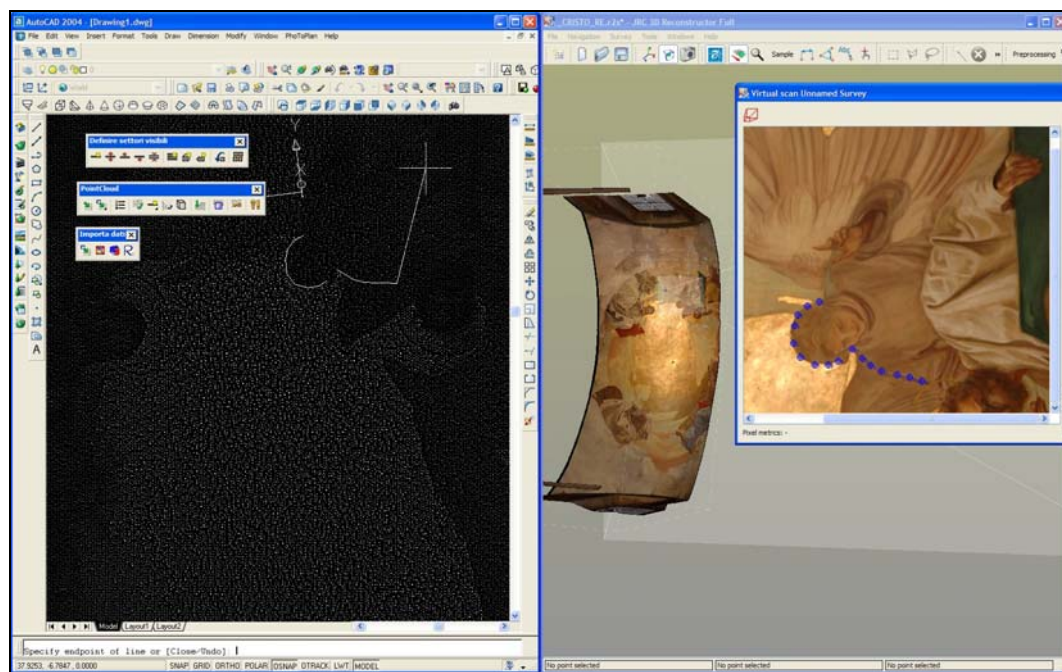


Figura 3 - Operazione di restituzione in *AutoCAD* degli elementi pittorici relativi alla cupola della Chiesa di Cristo Re a Brescia.

5. Creazione di archivi di immagini misurabili in ambito peritale

Il laser a scansione si è rivelato particolarmente adatto al rilevamento di aree sensibili soggette a rapide modifiche e/o pericolose. Qualora si debba in ambito peritale documentare in modo probante lo stato di un manufatto il laser scanner consegna in tempi brevi di raccogliere notevoli quantità di informazioni geometricamente corrette. Chi è preposto ad analizzare le informazioni raccolte è generalmente abituato ad analizzare immagini 2D che se pur facilmente interpretabili non contengono informazioni geometriche necessarie alle valutazioni

Nell'esempio riportato in figura 4 si è utilizzato lo strumento *virtual scan* dalle posizioni di acquisizione fotografica per generare un archivio fotografico misurabile e probatorio degli interni un capannone parzialmente distrutto da un incendio.



Figura 4 – Immagine 2D con informazioni 3D degli interni del capannone

6. Integrazione di modelli tridimensionali territoriali

Lo strumento di scansione virtuale è stato testato anche per la gestione di dati laser da rilevamenti di tipo territoriale (Bostrom et al., 2006). Il caso analizzato fa riferimento alle operazioni di scansioni da terra di un invaso di una diga svuotata per operazioni di manutenzione in cui era necessario aggiornare in tempi rapidi il modello digitale interno. In questo caso non era possibile procedere con scansioni aree e si rilevato l'invaso con laser terrestre. Per le successive operazioni di elaborazione (estrazione di isolinee a quote prefissate, integrazioni con dati batimetrici e cartografici esistenti) si è rivelato molto efficace la possibilità di scansionare i dati rilevati rispetto ad una proiezione ortografica nadirale all'invaso. Questa operazione di scansione virtuale (illustrata in figura 5) ha permesso di ricampionare i dati secondo una griglia regolare facilmente gestibile anche da applicativi specifici per la rappresentazione cartografica (per esempio *Surfer*) che non sarebbero in grado di gestire la mole di dati originali e operano più facilmente su dati cosiddetti "2D e mezzo". Il ricampionamento con *virtual scan* con vista ortografica nadirale ha pertanto permesso di integrare le zone di dati sovrapposti e ottenere il modello digitale dell'invaso.

7. Conclusioni

Come dimostrato degli esempi applicati lo strumento di scansione virtuale si è rivelato efficace per la soluzione dei problemi di gestione dati laser nella fase di integrazione e restituzione di elaborati finali. La soluzione di organizzare i dati secondo viste fotografiche associabili ad immagini acquisite in loco si rivelata altresì di facile comprensione per chi non ha familiarità con dati tridimensionali.

In termini di verifiche future, alcuni test ulteriori andranno fatti sulle modalità di campionamento per verificare le accuratezze in caso di dati laser sparsi o rumorosi e valutare a priori le scale di restituzione che è possibile garantire a partire dai dati laser e fotografici.

In termini di sviluppi futuri si ritiene che una organizzazione dei dati laser secondo modalità fotografiche apra notevoli possibilità nella creazione di strumento software dedicati per l'estrazione di informazioni da immagini 2D misurabili.

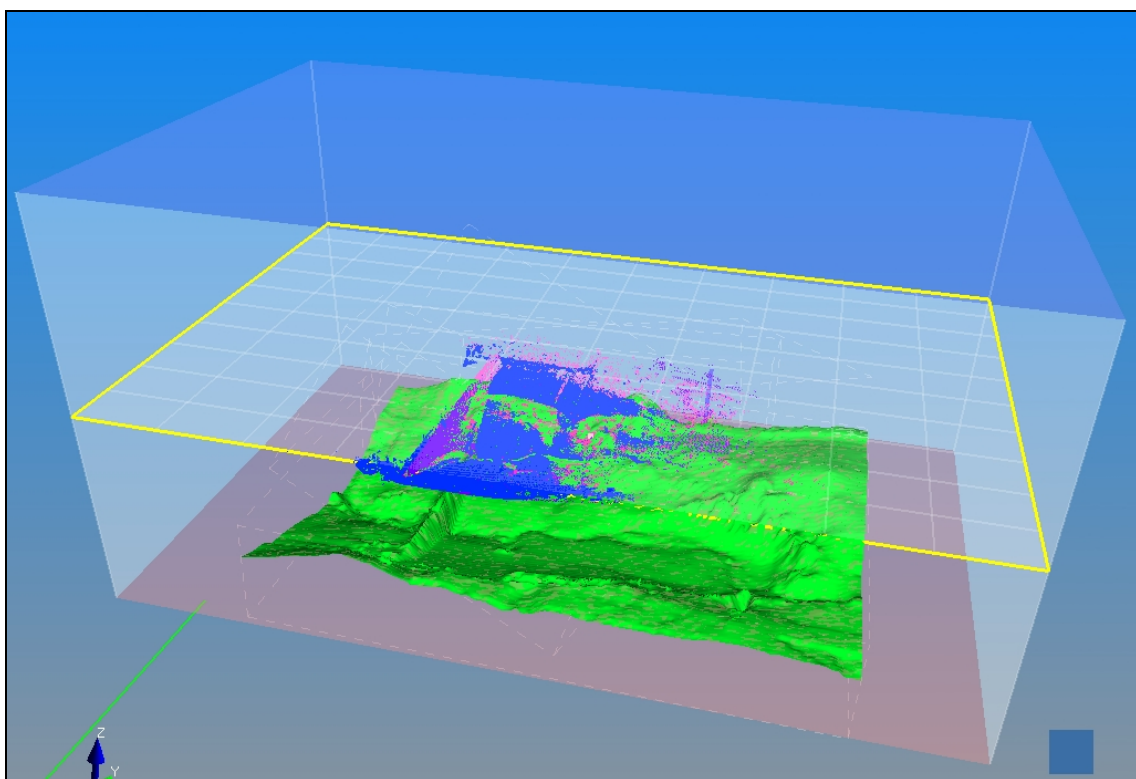


Figura 5 – Scansione virtuale ortografica di dati laser terrestri per la generazione di un modello digitale di un invaso di una diga. In verde il modello digitale finale in blu parte dei punti originali.

Riferimenti Bibliografici

- Bostrom G., Fiocco M., Gonçalves J.G.M., Sequeira V., (2006), Urban 3D Modelling using terrestrial Laser Scanner”, ISPRS Symposium 2006.
- Cantoni R., Vassena G., Lanzi C., (2002). “Laser Scanning and Traditional Survey Integration to Build a Complete 3D Digital Model of “Sagrestia dell’Archivio di Stato a Mantova””; *Proceedings of CIPA WG 6 International Workshop on “Scanning for Cultural Heritage Recording*; Corfù, Greece.
- Dequal S., (2003) “Struttura dell’immagine solida”, *Bollettino SIFET* 1/2003.
- Sequeira V., Ng K., Wolfart E., Gonçalves J.G.M., Hogg D.C., (1999), “Automated Reconstruction of 3D Models from Real Environments”; *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (Elsevier), vol. 54, pp. 1-22.
- Sgrenzaroli M., Wolfart E., (2002), “Accurate Texture-Mapped 3D Models for Documentation, Surveying and Presentation Purposes; Close-Range Imaging, Long-Range”, *Vision ISPRS Commission V, Symposium*, Corfu, Greece.