

Integrazione di TLS e termografia per la caratterizzazione morfometrica

Vincenzo Barrile, Francesca Ieracitano, Giuseppe M. Meduri

Università degli Studi Mediterranea, MECMAT, Via Graziella Feo di Vito, 89100 Reggio Calabria
Email: vincenzo.barrile@unirc.it; fraieracitano@tiscali.it; giumed@libero.it

Riassunto

Il laser scanner terrestre è una tecnica di rilevamento fondamentale per la modellazione 3D di oggetti, ed essendo ormai nota la possibilità, da essa offerta, di acquisire grandi quantità di dati in tempi relativamente brevi, con un elevato grado di precisione, se n'è diffuso l'impiego nei più ampi ambiti della ricerca dall'ingegneria alla medicina e anche allo studio e tutela dei beni culturali. Grazie all'integrazione con altre tecniche radiometriche è possibile ottenere una descrizione sullo stato di conservazione, ed in particolare, i modelli tridimensionali ottenuti dall'integrazione tra dati laser scanner 3D e immagini ottenute con termocamera a infrarosso possono fornire, oltre alla caratterizzazione dimensionale, informazioni su eventuali anomalie di forma e dimensionali invisibili alle altre tecniche e all'occhio umano.

In particolare, in tale applicazione con l'utilizzo integrato di strumentazione laser scanner terrestre e termocamera ad infrarosso si è voluto testare un possibile utilizzo su autovetture destinate, previo imballaggio, al trasporto, al fine di individuare eventuali danni causati dal trasporto stesso.

Abstract

The laser scanner is a detection technique essential for the 3D modeling of objects, and being well known the possibility, offered by it, to acquire large amounts of data relatively in short times, with a high degree of precision, it's widespread use in broader areas of research from engineering to medicine and to the study and protection of cultural heritage.

Through integration with other radiometric techniques you can get an overview on the state of conservation, and in particular, the three-dimensional models obtained by integrating 3D laser scanner data and images obtained with the infrared camera can deliver over the dimensional characterization, information on possible anomalies in shape and dimensional invisible to the humans' view and other techniques.

In particular, this application with the integrated use of terrestrial laser scanning instrumentation and advanced infrared camera you want to test a possible use of cars for, after packaging, transport, in order to detect any damage caused by transport.

Introduzione

L'integrazione tra un modello digitale tridimensionale, prodotto da sistemi *laser* a scansione terrestri, e l'informazione radiometrica, ottenuta da termocamera, permette di indagare, anche ad un elevato grado di dettaglio, alcune particolari caratteristiche di un manufatto a scale dimensionali molto diverse, ottenendo ciò che in letteratura è chiamata *Texture mapping*.

Attraverso l'utilizzo di *target* (Rizzi et al., 2007 e in Voltolini et al., 2007), resi termoriconoscibili, è stato possibile effettuare la texturizzazione dei modelli virtuali con le immagini IR, ottenendo così l'integrazione tra i dati spaziali e i dati radiometrici.

Elaborazione dei dati

L'iter dell'elaborazione dei dati può essere sintetizzato nelle seguenti fasi:

- Allineamento delle nuvole di punti
- Meshing delle nuvole di punti
- Stima dei parametri di orientamento interno
- Calcolo dell'orientamento relativo
- Texturizzazione dell'infrarosso

Le diverse scansioni acquisite per la copertura dell'intera parete in oggetto vengono fra loro allineate in ambiente *software Cyclone*, (versione 5.3), poiché la fase di texturizzazione è un'operazione che deve essere effettuata necessariamente su una superficie continua (come previsto dal software utilizzato in questa metodologia), sulla quale l'immagine verrà poi proiettata. Pertanto, le nuvole di punti vengono trasformate in superfici virtuali di tipo *mesh*, nella maggior parte dei casi formando triangoli di forma irregolare. Per questa operazione viene ancora utilizzato l'ambiente *software Cyclone*. La qualità dell'operazione di *meshing* dipende dall'algoritmo stesso e dai parametri che vengono scelti, ossia la direzione lungo cui proiettare i triangoli e le dimensioni dei triangoli. Ciò significa che la *mesh* non viene creata semplicemente dall'interconnessione della nuvola di punti, ma che in ogni caso viene generata una rete dalle maglie uniformi, per cui, alcuni punti vengono interpolati.

Per la stima dei parametri di orientamento interno si è utilizzato il *software PhotoModeler*. Seguendo le usuali procedure sono state eseguite manualmente le operazioni di ricerca dei punti sulle *mesh*, di referenziazione dei punti omologhi e, infine, di calibrazione della camera dopo aver impostato il fattore di scala.

Il modello geometrico implementato è basato su parametri del tipo:

- distanza principale (c);
- coordinate del punto principale (x_0, y_0);
- coefficienti di compensazione delle distorsioni radiali (k_1, k_2);
- coefficienti di compensazione delle distorsioni tangenziali (P_1, P_2).

Dopo aver valutato la matrice di rotazione e il vettore di traslazione, che considereremo costante durante le operazioni di ripresa delle nuvole di punti, con la funzione "*merge project*" di *PhotoModeler* si riduce la deviazione standard della matrice di rotazione e del vettore di traslazione. Questo perché ai *target* nelle immagini termiche vengono fatti corrispondere i punti omologhi nelle *mesh*. Le *mesh* hanno una risoluzione maggiore e quindi un'accuratezza maggiore.

Infine, in ambiente *RapidForm 2004*, l'immagine all'infrarosso viene texturizzata sulla *mesh*, utilizzando come punti d'appoggio i *target laser scanning* sulla superficie reale. L'aver reso i *target* termicamente riconoscibili con il ghiaccio secco ha reso gli stessi di un colore distinto nell'immagine, corrispondente ad una temperatura molto più fredda rispetto al contesto in cui si trovano. Le camere all'infrarosso termico per uso edilizio, come quella usata, presentano difficilmente risoluzione superiore a 640 x 480 pixel, ciò giustifica i valori di incertezza maggiori rispetto a quelli nel visibile. Effettuando la texturizzazione utilizzando più punti d'appoggio, anche se non riconoscibili automaticamente dal *laser scanner*, il risultato sarebbe molto buono ma, non potendo coprire la superficie di studio con un numero elevato di *target* per questioni pratico-operative e per non generare ulteriori zone d'ombra, si deve sempre arrivare ad un giusto compromesso tra numero di *target* per immagine e qualità finale del modello texturizzato.

La stessa procedura può essere effettuata sfruttando le possibilità offerte dal *software PhotoModeler*, avvalendosi di alcune impostazioni utili ritrovabili nel *Materials Dialog*. Il primo passo consta nel definire un nuovo materiale (definito "termico"). Utilizzando il comando "*Multiple-Photo Texture*" si selezionano le termofoto per la fusione della tessitura (è infatti possibile pesare in modo differente le immagini per l'effetto finale desiderato) e infine, si selezionano le superfici per le quali si applica il materiale desiderato. La potenzialità di questa

procedura consta nella possibilità di avere un modello 3D preciso dell'oggetto "vestito" di una qualsiasi tessitura a seconda degli scopi prefissati. È infatti possibile scegliere una tessitura registrata nel campo dell'infrarosso termico piuttosto che del visibile o, se disponibili, vestito di una qualunque tessitura registrata da differenti tipologie di sensori.

Caso studio

Nel caso oggetto di studio sono state acquisite le immagini di due differenti automobili (Figure 1 e 2), una Fiat Punto ed una Peugeot 206, la prima incidentata sulla parte posteriore sinistra, la seconda sulla zona anteriore sinistra.



Figura 1. Fiat Punto incidentata nella zona del paraurti posteriore sx.

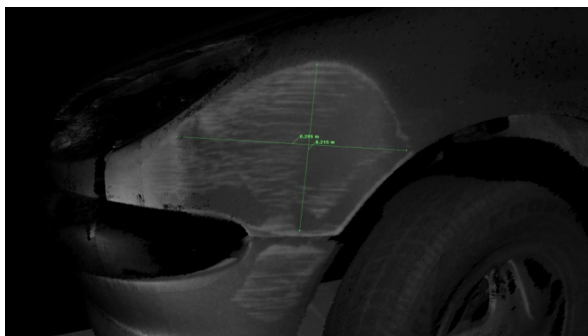


Figura 2. Peugeot 206 incidentata nella zona anteriore sx al lato del fanale.

Una volta simulato l'imballaggio (Figura 3), su ognuna di esse sono stati posizionati 3 *target*, distribuiti omogeneamente sulla superficie di interesse. Il rilievo 3D con il *laser scanner* Leica HDS 3000 della parete è stato effettuato mediante due acquisizioni da punti di stazionamento differenti per limitare le zone d'ombra, con un passo di campionamento di 5 mm e ad una distanza *laser scanner* – automobile di circa 5 m: sono state così ottenute due nuvole di punti. I 3 *target* sono stati scansati nel dettaglio con il *laser scanner* e, di seguito, sono state acquisite immagini fotografiche nel *range* dell'infrarosso con la termocamera Flir B2 ad una distanza camera – automobile di circa 2 m.



Figura 3. Simulazione dell'imballaggio sulle due autovetture.

Dopo aver rototraslato le coordinate dei punti delle scansioni acquisite nel sistema di riferimento locale dei punti d'appoggio (con errore massimo di mosaicatura di 1 mm), dal modello 3D finale (in ambiente software *Cyclone*), è stata effettuata una triangolazione che ha fornito una superficie continua di tipo *mesh*. Con il software *RapidForm 2004*, dopo aver evidenziato le coordinate dei *target* come entità geometriche di riferimento riconoscibili sulla *mesh*, si è proceduto con la texturizzazione dell'immagine.

La texturizzazione con le immagini IR è avvenuta tramite il riconoscimento manuale dei 3 *target* identificati nella *mesh* come geometrie di riferimento e nell'immagine termica con un colore indicante i punti più freddi della superficie (grazie all'espedito del ghiaccio *spray* utilizzato prima dell'acquisizione con la camera termografica, Figura 4).

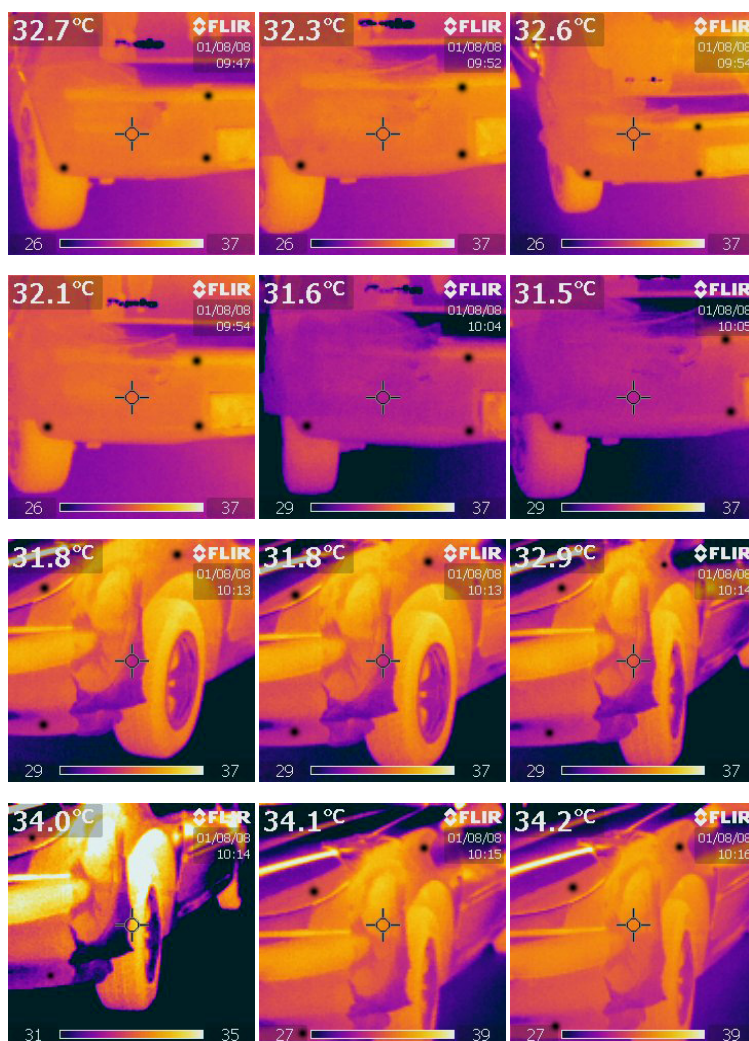


Figura 4. Reference image.

La textturizzazione è stata quindi effettuata utilizzando i *target laser scanner*: non sono stati utilizzati punti naturali (come ad esempio spigoli, riferimenti delle ruote) proprio per la difficoltà di individuazione dello stesso punto nell'immagine termografica e nella *mesh* triangolare. Come evidenziano le immagini a seguire (Figura 5), l'integrazione delle nuvole di punti ottenute con *laser scanner* e delle immagini termografiche fornisce informazioni precise sull'andamento delle alterazioni morfometriche caratterizzanti i danni dovuti agli incidenti. La distribuzione del colore nelle immagini termografiche e l'alterazione puntuale dello stesso è evidente prova della presenza dei danni. Tuttavia, le sole immagini termografiche non si possono ritenere sufficienti per una valutazione certa dello stato dell'oggetto indagato.

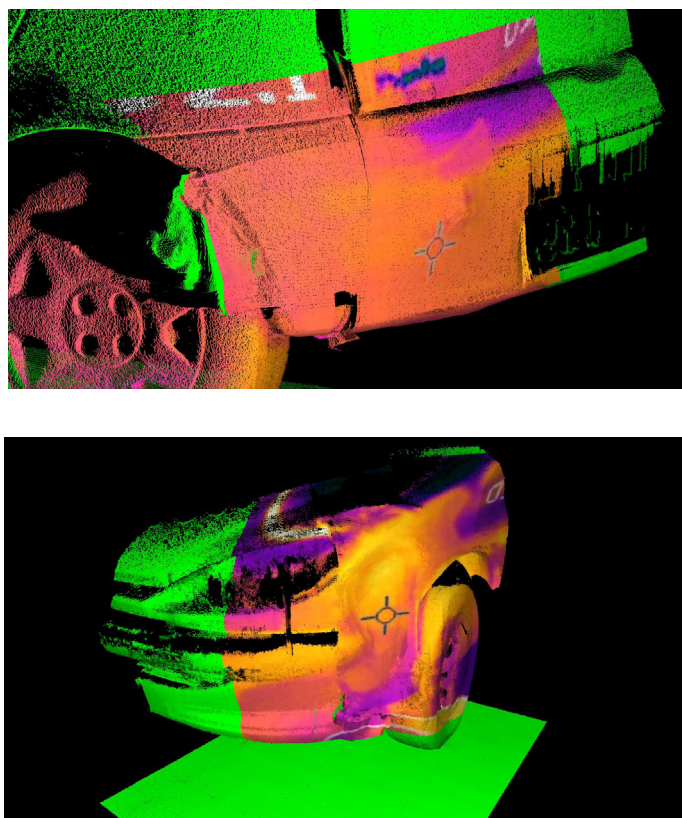


Figura 5. Texturizzazione delle immagini nel range dell'infrarosso, con risoluzione di 800 x 600 pixel.

A titolo informativo si riportano le immagini termografiche (Figura 6) di una delle due automobili indagate (Peugeot 206) in condizioni integre, per favorire una più semplice valutazione delle discromie riscontrate al subentrare dei danni.

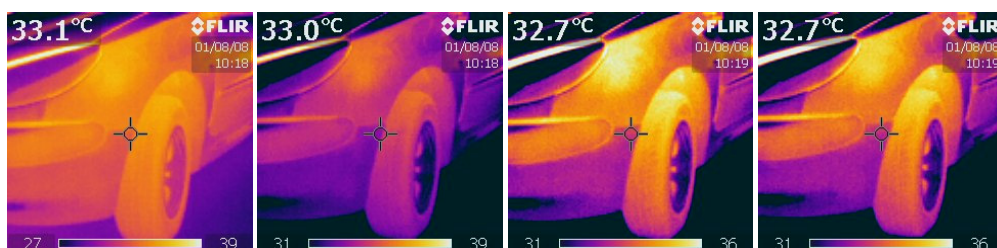


Figura 6. Reference image Peugeot 206.

Conclusioni

Il limite della texturizzazione risiede nel fatto che essa non è una procedura automatizzata (Remondino et al., 2009), tuttavia, i risultati conseguiti hanno confermato l'applicabilità e la validità della metodologia che permette di effettuare la texturizzazione di immagini termiche su superfici *mesh* prodotte da nuvole di punti *laser scanning*: sono state evidenziate *texture mapping* di buona qualità.

Bibliografia

- Remondino F., Pelagotti A., Del Mastio A., Uccheddu F., (2009), "Novel data registration techniques for art diagnostics and 3D heritage visualization", *Proceedings of the IX Conference on Optical 3D Measurement Techniques*, vol. 1, Vienna.
- Uccheddu F. et al., (2009), "Texture mapping of flat-like 3D models" *16th Int. Conference on Digital Signal Processing (DSP 2009)*, Santorini, Greece.
- Stilla, Koleccki, Hoegner (2008), "Texture mapping of 3d building models with oblique direct geo-referenced airborne ir image sequences"; *ISPRS Workshop: High-resolution earth Imaging for geospatial information 1*, 4-7
- Achille C. et al., (2007), "Application of mixed techniques for the 3D modelling of the noble floor of the Villa Real in Monza", *Proceedings of the XXI CIPA Conference AntiCIPAting the Future of Cultural Past, held in Athens, Greece*.
- Rizzi A. et al., (2007) "Optical measurement techniques for the digital preservation, documentation and analysis of cultural heritage", *8th Conference on Optical 3D Measurement Techniques, ETH Zurich, Switzerland*.
- Rizzi A. et al., (2007), "Digital preservation, documentation and analysis of paintings, monuments and large cultural heritage with infrared technology, digital cameras and range sensors", *Proceedings of the XXI CIPA Conference AntiCIPAting the Future of Cultural Past, held in Athens, Greece*.
- Voltolini et al., (2007), "Integration of non-invasive techniques for documentation and preservation of complex architectures and artworks, in 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architecture", *ISPRS International Workshop 3D-Arch 2007, Zurich, Switzerland*.