INFLUENZA DEI MATERIALI SULLA PRECISIONE DEL LASER SCANNER: IL RILIEVO DELLA STATUA "S.GIORGIO E IL DRAGO" DI SALVADOR DALÌ

Giuseppe ARTESE [a], Luigi De NAPOLI [b], Aldo TRECROCI [a]

[a] Dipartimento di Pianificazione Territoriale, Università della Calabria, Cosenza - g.artese@unical.it
[b] Dipartimento di Meccanica, Università della Calabria, Cosenza

Riassunto
Le acquisizioni eseguite nel corso del rilievo con laser scanner di un gruppo statuario in bronzo avente elementi con finiture e colori diversi, sono state adoperate per studiare il comportamento dello strumento al variare della superficie dell'oggetto rilevato. Sono riportate le statistiche relative agli *outliers* ed i confronti tra prese uguali in condizioni d'illuminazione diverse.

Abstract
The comparison among the results of the laser scanner acquisitions of a statue with different surface characteristics is described. Statistics for different materials and lighting conditions are reported.

Introduzione

La precisione di un rilievo laser scanner dipende da numerosi fattori, tra i quali risultano importanti il materiale, la finitura ed il colore della superficie dell'oggetto rilevato.
Nel caso in cui nello stesso oggetto siano presenti materiali differenti, le precisioni ottenute sono differenziate tra le diverse zone, a volte con scostamenti rilevanti. Una delle principali ipotesi assunte nelle misure geometriche con tecniche attive, ed in particolare col laser scanner, è che la superficie rilevata sia opaca ed uniformemente riflettente (Beraldin J.A., 2004). Tale ipotesi può essere soddisfatta in laboratorio, ma in genere le superfici reali hanno caratteristiche differenti. Molti studi sono stati effettuati per valutare la risposta dei laser a scansione su superfici diverse, o in condizioni diverse di illuminazione e di orientamento, sia

Figura 1 – La Statua "S.Giorgio e il Drago"

per laser basati sul tempo di volo (Guarnieri et al., 2006) che per strumenti a triangolazione (Godin et al., 2001, Artese et al., 2003); tali ricerche sono state eseguite in genere su campioni del materiale oggetto di studio. Nel nostro caso è stato possibile eseguire acquisizioni su materiali di finitura diversi in condizioni ambientali identiche (normalmente riproducibili solo in laboratorio); ciò consente di ricondurre le differenze nei risultati essenzialmente alle diverse finiture ed ai materiali delle superfici rilevate.
Nell'ambito delle attività svolte nel campo dei Beni Culturali, diversi monumenti e oggetti d'arte sono stati rilevati dall'Università della Calabria nella Regione (Artese et al., 2005 , Artese, Trecroci, 2005). Le iniziative più recenti riguardano il rilievo di una serie di statue di notevole pregio che sono state poste nella zona pedonale del centro di Cosenza, in modo da realizzare un museo all'aperto; tra queste, di notevole interesse è il gruppo "S.Giorgio e il drago" di Salvador Dalì (Figura 1). Questa statua è caratterizzata dall'utilizzo del bronzo e dell'ottone, che ha permesso di differenziare in maniera particolare S.Giorgio, il cavallo e il drago. La presenza di questa statua ha suggerito l'idea di eseguire un rilievo laser scanner, confrontando, in funzione dei diversi materiali, presenza e densità di *outliers*, e sensibilità delle superfici alle condizioni di illuminazione.

Metodologia
Per il rilievo 3D è stato utilizzato il laser scanner a triangolazione Minolta VI 300 (Figura 2), le cui principali caratteristiche sono:

- punti acquisiti 200 x 200 punti / shot
- accuratezza sulla distanza da 0.45 a 1 mm
- spaziatura tra punti acquisiti da 0.95 a 1.91 mm
- distanza dall'oggetto acquisito da 55 a 120 cm
- minima/massima area rilevata 185 / 395 mm

La restituzione è stata eseguita con il software Rapidform^{TM}, che adopera, per l'allineamento delle prese, l'algoritmo ICP (Besl and McKay, 1992, Chen and Medioni 1992, Zhang, 1994).
La statua presenta tre diverse finiture: la superficie di S.Giorgio è trattata con uno strato di ottone, quella del cavallo contiene una percentuale maggiore di rame, e si presenta con una tonalità rossastra, mentre il drago ed il basamento sono rifiniti con una patina verde.

Figura 2 – Presa con Minolta VI 300

Tra le numerose acquisizioni eseguite, sono state scelte quelle relative a zone della statua con superficie regolare. Tali zone si hanno solo su S.Giorgio e sul cavallo. Sono state scelte, pertanto, la parte anteriore della testa di S.Giorgio ed il petto del cavallo. Dalle nuvole di punti relative a tali superfici di geometria regolare, e di differente materiale, sono state ricavate le superfici interpolanti (*NURBS*). Il software fornisce le statistiche relative alle distanze tra i singoli punti di una presa (shell) e la superficie interpolante. Tutte le prese sono state ripetute otto volte, per testare la ripetibilità dello strumento e la sensibilità alla variazione di condizioni d'illuminazione. A tale scopo, quattro prese sono state realizzate in ombra ma senza schermare la luce diffusa, mentre le rimanenti quattro sono state realizzate utilizzando una schermatura per la luce diffusa incidente sulla zona da acquisire.

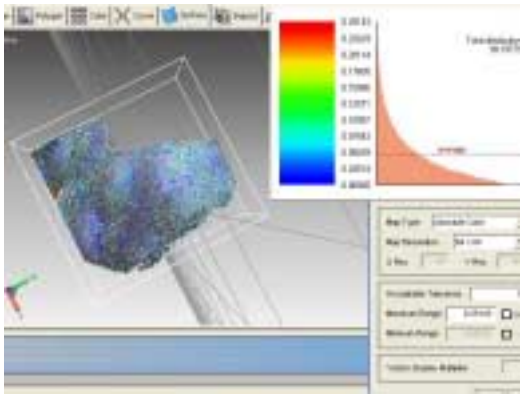


Figura 3- Differenze NURBS/Punti zona petto cavallo

Risultati

Nella figura 3 sono riportate le statistiche relative alle distanze tra NURBS e punti per la zona del petto del cavallo. Le statistiche ottenute sono praticamente identiche per presa con presenza di luce diffusa e presa con luce schermata. Le acquisizioni eseguite su questa superficie non presentano speckle evidenti, e mostrano una risposta uniforme dello strumento. Nella figura 4 si osservano le viste in versione *shaded* e *textured*; si può osservare l'ottima definizione dei particolari.

Nella figura 5a sono riportate le statistiche relative al volto di S.Giorgio, che in realtà é una superficie liscia regolare. Gli scostamenti medi e massimi ottenuti sono molto bassi; bisogna però osservare che, in questo caso, sono presenti speckle (figura 5b) e, pertanto, le

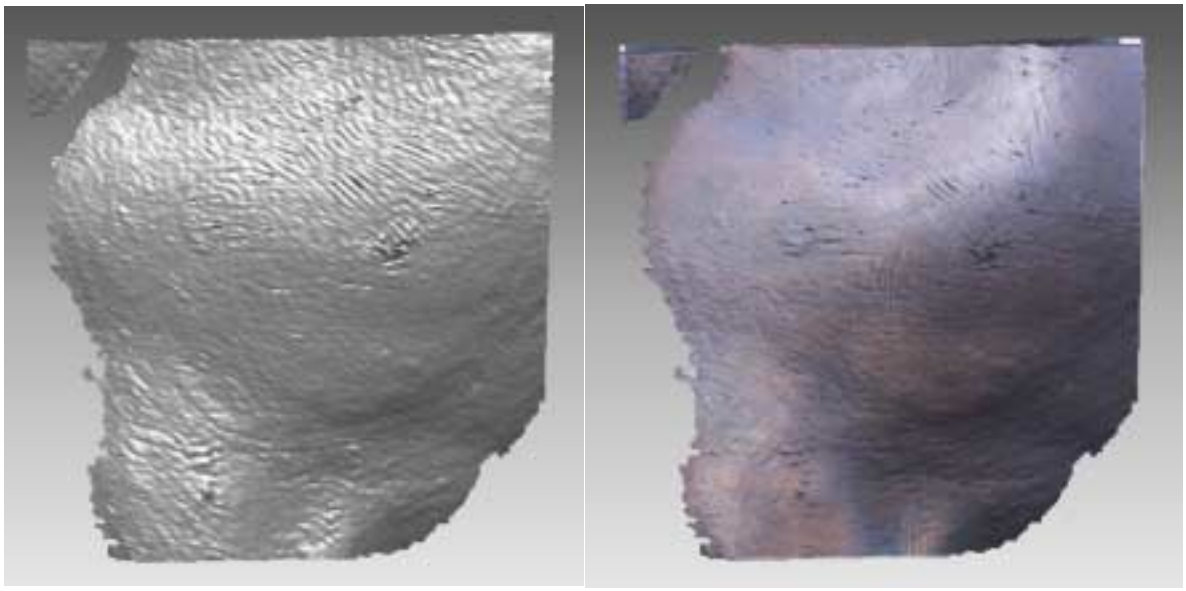


Figura 4 – Vista Shaded (sx) e Textured (dx) del petto del cavallo

Figure 5a,5b – Differenze NURBS/punti volto S.Giorgio e speckle sull'acquisizione

NURBS utilizzate sono state calcolate dopo la rimozione degli outliers.

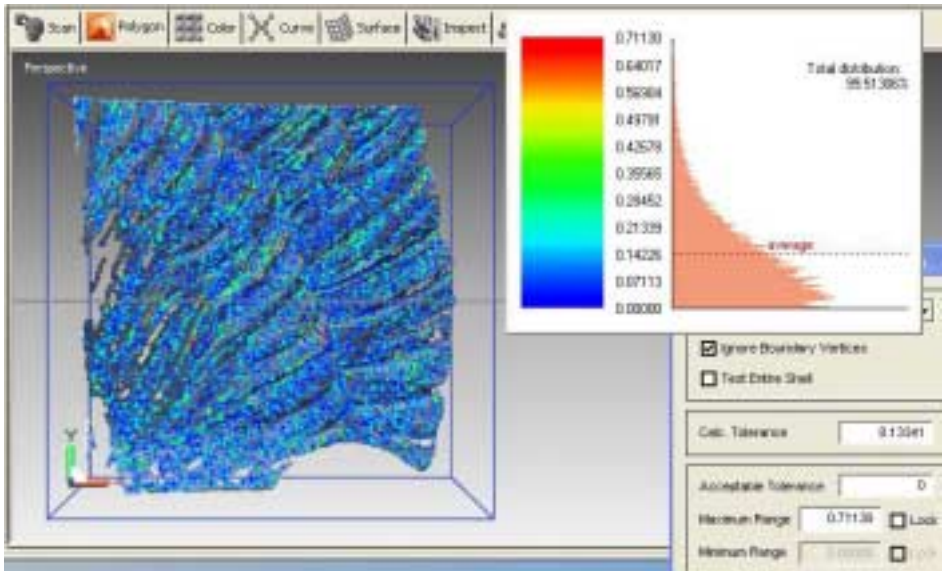


Figura 6 – Scostamenti tra acquisizioni dell'ala del drago eseguite senza schermatura

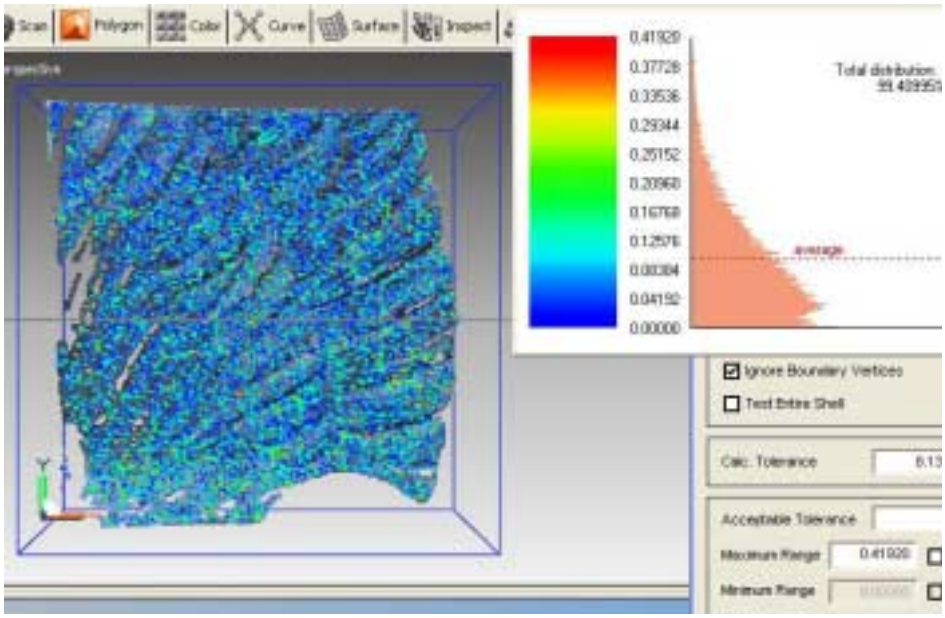
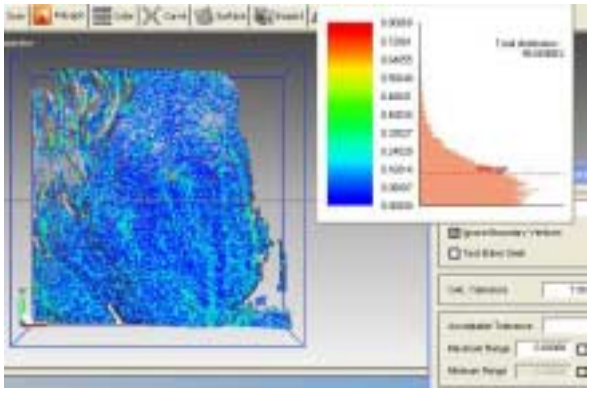


Figura 7 – Scostamenti tra acquisizioni dell'ala del drago eseguite con schermatura

Per valutare la sensibilità alle diverse condizioni di illuminazione, é stato eseguito il confronto tra le nuvole di punti acquisite da identica posizione con presenza di illuminazione diffusa e con schermatura della stessa illuminazione. Le figure 6, 8, 10 mostrano gli scostamenti tra coppie di nuvole di punti ottenute con scansioni senza schermatura per i tre tipi di superficie. Le figure 7, 9, 11 mostrano gli stessi scostamenti per coppie di nuvole di punti ottenute da prese schermate. In tabella 13 sono riassunti i risultati dei confronti suddetti. Si può osservare che i valori degli scostamenti medi e massimi migliorano in maniera sensibile per tutte le superfici, nel caso di schermatura. I migliori risultati si hanno per la superficie del volto di S.Giorgio, molto regolare e lucida. In tal caso si osserva che la differenza tra scostamento medio e massimo é maggiore che negli altri casi. I valori ottenuti confermano, in ogni caso, che le caratteristiche dello strumento, fornite dalla casa costruttrice, sono attendibili.

Conclusioni

Sono state eseguite diverse acquisizioni con laser scanner di una statua avente tre tipi diversi di materiale. Sono stati valutati i comportamenti delle diverse superfici, sia per quanto riguarda la ripetibilità delle prese e la presenza di oputliers, sia per quanto riguarda la sensibilità alle diverse condizioni di illuminazione.



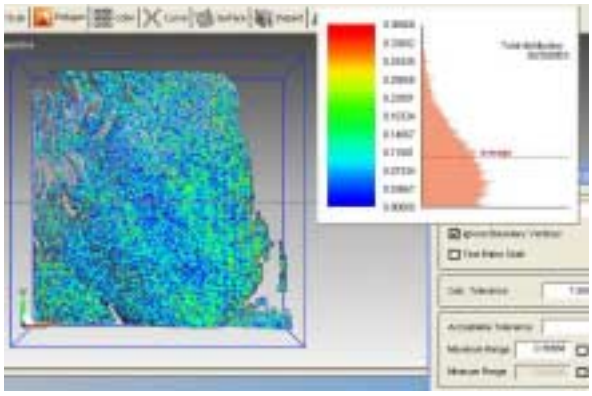
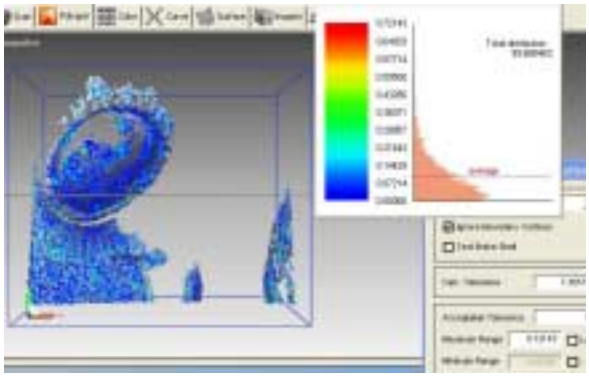


Figure 8, 9 - Scostamenti tra acquisizioni del petto del cavallo eseguite senza (sx) e con schermatura (dx)



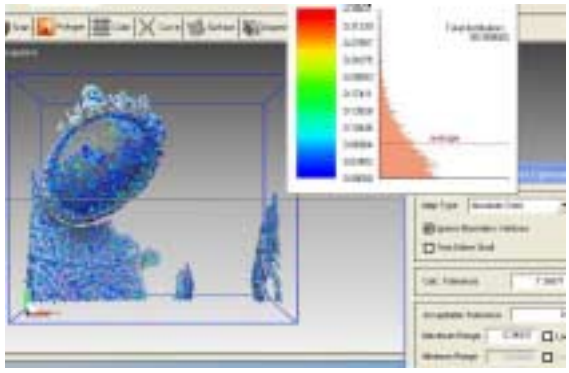


Figure 10, 11 - Scostamenti tra acquisizioni del volto di S.Giorgio eseguite senza (sx) e con schermatura (dx)

Figura 12 – Modello di S.Giorgio con texture

Acquisizione	Senza Schermo		Con Schermo	
	Scarto Medio	Scarto max	Scarto Medio	Scarto max
ALA	0.15	0.71	0.10	0.42
PETTO	0.14	0.80	0.09	0.37
VOLTO	0.10	0.72	0.07	0.35

Tabella 13 – Valori in mm degli scarti tra nuvole di punti acquisite in uguali condizioni

Riferimenti Bibliografici

Beraldin J.A., (2004), *"Integration of Laser Scanning and Close-range Photogrammetry – the last Decade and Beyond"* , International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. XXXV, PART B5, Commission V, pp. 210–215

Artese G., De Napoli L., Rizzuti S., Trecroci A. (2003), *"Calibrazione di un laser a scansione e confronto con tecniche fotogrammetriche e tastatore meccanico"*, Atti 7^ Conferenza Nazionale ASITA – pp. 103-108

Guarnieri A , Vettore A, Zanette S., (2006) *"Analisi della Risposta di un Laser Scanner terrestre al variare delle caratteristiche di riflettività dei materiali"* atti del Convegno Nazionale SIFET 2006 – Castellaneta Marina (TA)

Godin G., Rioux M., Beraldin J.-A., Levoy M., Cournoyer L., Blais F., (2001*), "An assessment of laser range measurement on marble surfaces"* , Atti 5th Conference on Optical 3D Measurement Techniques, Wien, Austria, Oct. 1-4, pp. 49-56

G.Artese[a], V.Achilli[b], G.Boatto[b], M.Fabris[b], G.Salemi[b], A.Trecroci[a] , (2005), *"Peter Bernini in Calabria: The Sculptures of the ss. Pietro e Paolo Church in Morano Calabro"*, atti del XX CIPA INTERNATIONAL SYMPOSIUM "International cooperation to save the world's cultural heritage" - Torino - September 26th – October 1st 2005

Artese G., Trecroci A., (2005) *" Surveying and Cataloguing Works of Art of the Cosenza National Gallery: the statue La Baganante"* atti ITALY – CANADA 2005 WORKSHOP "3D Digital Imaging and Modeling: Applications of Heritage, Industry, Medicine and Land" - Padua 17 – 18 May 2005

Besl P.J., McKay N.D. (1992), *"A Method for Registration of 3-D Shapes"*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 14(2), pp. 239-256

Chen Y., Medioni G. (1992), *"Object Modeling by Registration of Multiple Range Images"*, Image and Vision Computing, 10(3), pp. 145-155

Zhang Z. (1994), *"Iterative Point Matching for Registration of Freeform Curves and Surfaces"*, International Journal of Computer Vision, 13(2), pp. 119-152.