

Anthroponet: ricostruzioni 3D con l'ausilio di scanner laser – misurazioni via web

FILIPPO DI TODARO
(filippo.ditodaro@3ddd.it)

Lo scanner laser utilizzato

Le sperimentazioni sono state effettuate utilizzando lo scanner laser NEXTENGINE Desktop 3D Scanner, un laser-scanner short range a triangolazione ottica, basato sulla tecnologia MultiStripe Laser Triangulation.

E' costituito da una sorgente che emette un fascio laser e un sensore che acquisisce il segnale di ritorno riflesso dalla superficie dell'oggetto, per cui la fase di scansione avviene senza contatto fisico con l'oggetto da acquisire; lo scanner è in grado inoltre di acquisire le informazioni di colore (RGB) delle superfici scansionate, consentendo dunque di ottenere una ricostruzione fotorealistica degli oggetti sottoposti a scansione.

Una tavola rotante ad alta precisione, collegata e controllata direttamente dallo scanner, può facilitare il processo di registrazione delle scansioni eseguite; è infatti possibile effettuare le scansioni con 3 modalità automatiche, 360 (scansione circolare con un minimo di 4 ad un massimo di 16 scansioni), racket (scansione di una faccia dell'oggetto e dei 2 punti di vista adiacenti), single (singole facce).

Il sistema può operare in due distinte modalità, *macro* e *wide*; nella modalità *macro* l'oggetto viene posto ad una distanza di 18 cm circa, l'area di scansione è di 13x10 cm, la risoluzione massima è di 150 x 150 punti per cm², con una accuratezza di $\pm 0,0127$ cm; nella modalità *wide* l'oggetto viene posto ad una distanza di 40 cm circa, l'area di scansione è di 35x25 cm, la risoluzione massima è di 60x60 punti per cm², con una accuratezza di $\pm 0,0381$ cm.

Le fasi di lavoro

A prescindere dal dispositivo impiegato per effettuare la scansione 3D, il flusso operativo si articola in una serie di operazioni in cascata:

1. pianificazione delle riprese
per la ricostruzione di un oggetto in 3D è necessario effettuare una serie di riprese, ciascuna con un differente

punto di vista, per assicurare la copertura totale dell'oggetto, cercando di minimizzarne il numero; ciascun oggetto necessita di una propria pianificazione, in funzione delle sue caratteristiche morfologiche; per agevolare l'allineamento delle scansioni (vedi punto 3), può essere talvolta necessario inserire dei marcatori artificiali mediante l'utilizzo di un pennarello ad acqua di colore rosso (colore neutro per lo scanner).

2. acquisizione dei dati
ogni ripresa produce una singola nuvola di punti che, uniti fra loro mediante un processo detto di triangolazione, sono in grado di rappresentare la porzione di superficie scansionata da un determinato punto di vista; a seconda delle caratteristiche morfologiche dell'oggetto da ricostruire, è possibile impostare una densità di acquisizione inferiore a quella massima consentita dallo scanner.
3. allineamento delle viste
le diverse porzioni di superficie devono essere allineate, per coppie adiacenti, in modo da formare, al termine del processo, un unico oggetto 3D; a tal fine vengono selezionati, su ciascuna delle 2 viste di ogni coppia, (almeno) 3 punti omologhi, utilizzando elementi riconoscibili nell'immagine o artificialmente introdotti (marcatori)
4. fusione delle viste
poiché il processo di allineamento delle superfici parziali ha prodotto, in molte parti dell'oggetto, una ridondanza di informazioni (sovrapposizione delle superfici), il processo di fusione ha come scopo quello di eliminare tali ridondanze ed ottenere un singolo reticolo.
5. editing del modello digitale
in tale fase vengono riparate eventuali imperfezioni residue, come buchi o parti inaccessibili (tale processo è necessario, ad esempio, se si desidera ottenere una stampa in 3D dell'oggetto).

6. semplificazione del modello digitale
il modello digitale così ottenuto è costituito da una maglia di punti a densità regolare ed elevata (a seconda della accuratezza dello scanner e dei parametri di acquisizione utilizzati); differenti utilizzi di tale modello richiedono differenti requisiti di accuratezza dello stesso, e dunque in questa fase è possibile ottenere differenti versioni (semplificate) del modello stesso.
7. applicazione della texture
vengono effettuate una serie di riprese fotografiche dell'oggetto, che vengono registrate sul modello digitale al fine di ottenere un modello fotorealistico.
8. conversione dei dati
il modello digitale è pronto per essere convertito nel formato digitale più opportuno per un successivo utilizzo; i formati più utilizzati sono:
 - VRML, per l'utilizzo in applicazioni interattive 3D
 - STL, per la stampa fisica attraverso sistemi di Prototipazione Rapida

L'attività svolta

Nella prima fase di sperimentazione con lo scanner laser NEXTENGINE sono stati realizzati i modelli digitali di 4 reperti antropologici (un'ulna, una clavicola, una vertebra ed un cranio), privi di patologie evidenti e destinati ad un utilizzo principalmente didattico.

Le attività di sperimentazione sono state effettuate con la collaborazione del dott. Marco Lodde, dottorando di ricerca in Antropologia nel Dipartimento di Biologia sperimentale dell'Università di Cagliari, che ha curato in particolare la predisposizione dei reperti antropologici per l'inserimento di marcatori utili all'allineamento delle scansioni.

A tal riguardo sono state sperimentate tre diverse modalità:

- inserimento dei marcatori direttamente sulla superficie del reperto; tale soluzione può essere praticata laddove la superficie del reperto presenti carat-

teristiche di levigatezza e di non spugnosità; l'eliminazione delle tracce dei marcatori, effettuata attraverso una spugna leggermente imbevuta d'acqua, non presenta particolari difficoltà e non deteriora significativamente il reperto. Tale modalità comporta inoltre l'eliminazione manuale dei marcatori rossi dalle immagini fotografiche utilizzate per rivestire il modello digitale.

- inserimento preventivo di uno sfondo protettivo di smalto trasparente sulla porzione di superficie interessata dal marcatore rosso; tale modalità consente di inserire i marcatori anche su porzioni di superficie spugnose e non levigate; la successiva eliminazione dello smalto, effettuata mediante cotone imbevuto di acetone, non presenta particolari difficoltà ma in alcuni casi può comportare un certo deterioramento del reperto. Anche in questo caso tale modalità comporta l'eliminazione manuale dei marcatori rossi dalle immagini fotografiche utilizzate per rivestire il modello digitale.
- utilizzo esclusivo di marcatori morfologici già presenti nel reperto; tale soluzione può essere praticata solo quando il reperto presenta un numero sufficiente di elementi morfologici utili per l'allineamento delle scansioni; ha il pregio di non richiedere una preparazione preventiva del reperto, e non necessità di un successivo intervento manuale sulle texture.

Di ciascun modello sono stati ottenute 4 versioni, denominate *vbase*, *vmin*, *vmed* e *vmax*, a risoluzioni differenti secondo il criterio:

- *vmax* = risoluzione massima consentita dallo scanner utilizzata dai partner dell'iniziativa (o eventualmente messa a disposizione di altri studiosi), per essere conservata per eventuali utilizzi futuri.
- *vmed* = modello semplificato (tolleranza 0.005") utilizzata in fase di misurazione del reperto
- *vmin* = modello semplificato (tolleranza 0.01") utilizzata in fase di visualizzazione del reperto
- *vbase* = modello semplificato (tolleranza 0.02") utilizzata per visualizzare da lontano l'oggetto all'interno della mostra virtuale

Tali versioni sono state ottenute attraverso una tecnica cosiddetta di "decimazione", che consente una riduzione controllata del numero dei triangoli costituenti il modello digitale, laddove la superficie presenti delle uniformità che consentano di descrivere la stessa superficie con un numero minore di triangoli. Tale semplificazione è comunque distruttiva, in quanto riduce, in qualche misura, l'accuratezza con la quale il reperto viene descritto; ma poiché determina una compressione significativa della quantità di informazioni necessarie a descrivere digitalmente il reperto, ne agevola la visualizzazione e l'elaborazione successiva.

Le diverse versioni sono state inoltre convertite in formato VRML per l'inserimento nel sito Anthroponet; a questo proposito è stato utilizzato il formato VRML compresso, che consente una maggiore velocità di download del modello digitale dal sito Anthroponet. Tale tecnica di compressione utilizza un algoritmo analogo a quello utilizzato per ottenere un file .zip e, come questa, è una compressione non distruttiva; i player 3D utilizzati in rete sono tutti in grado di leggere tale formato compresso, senza dover effettuare una preventiva decompressione del file scaricato.

Al fine di consentire una interazione più semplice ed intuitiva con il modello digi-

tale, tutte le versioni ottenute sono state ri-orientate e ri-posizionate in un sistema di coordinate spaziali in modo tale da:

- minimizzare il volume del parallelepipedo che le contiene (bounding box)
- far coincidere il baricentro del reperto con l'origine del sistema di coordinate spaziali

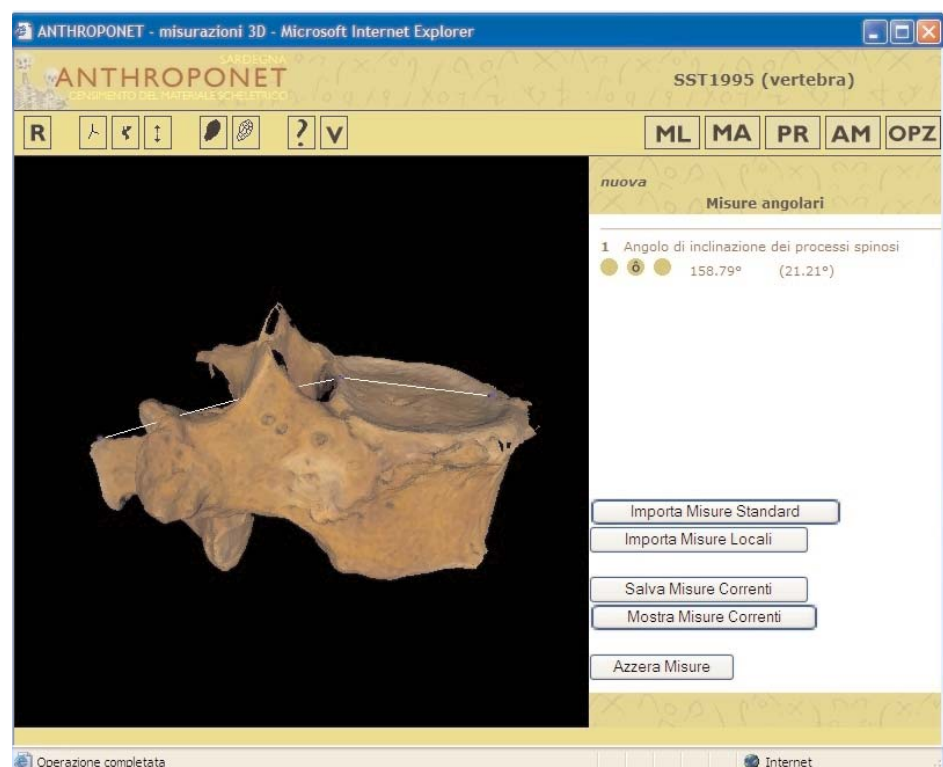
Misurazioni via web sul reperto 3D

I modelli digitali dei reperti antropologici vengono utilizzati in Anthroponet sia per finalità divulgative che per finalità di studio e ricerca.

Nel primo caso la finestra di visualizzazione fornisce una nota informativa sul reperto e consente di esaminarlo da diversi punti di vista, alcuni predefiniti ed altri liberamente selezionabili.

Nel secondo caso la finestra di modifica (vedi Fig. 1), oltre a fornire una serie di informazioni sulla geometria del reperto (numero di punti, numero di triangoli, ingombro) consente l'inserimento di un numero a piacere di *punti di repere*, attraverso i quali è possibile definire un numero a piacere di *misure lineari* (selezionando 2 punti di repere) e/o *angolari* (selezionando ordinatamente 3 punti di repere); per ciascun reperto sono state inoltre preinserite un certo numero di *misurazioni standard*, in uso nella lette-

Fig. 1 - Finestra per la misurazione dei reperti antropologici.



ratura specialistica; tutte le misurazioni inserite possono essere salvate sul proprio PC, per poter essere recuperate in un momento successivo.

In entrambi i casi è necessario installare sul proprio PC il programma di visualizzazione 3D [BSContact 7.1](#) della [BitManagement](#), ed utilizzare Microsoft Internet Explorer 6.0.

Conclusioni

Le principali difficoltà incontrate nella riproduzione digitale di reperti antropologici sono relative a:

- la difficile identificazione di marcatori morfologici presenti nell'oggetto, necessari per un corretto allineamento delle viste
- la delicatezza intrinseca dell'oggetto,

e la presenza ricorrente di superfici spugnose, particolarmente assorbenti, che rendono problematico l'inserimento di marcatori artificiali.

- la morfologia altamente irregolare, che rende complessa la fase di pianificazione delle riprese e determina un aumento del numero di riprese necessarie alla copertura completa del reperto.
- la presenza ricorrente di zone di superficie inaccessibili allo scanner, che ne rendono impossibile l'acquisizione, e rendono necessario un eventuale intervento manuale per "ricostruire" in qualche modo le parti di superficie mancanti.

Le difficoltà riconducibili direttamente al laser scanner Nextengine sono invece relative al suo ridotto volume di lavoro,

talvolta insufficiente a contenere completamente determinate tipologie di reperto (come nel caso di un cranio o di un femore), che determina un aumento del numero di riprese necessarie alla copertura completa del reperto.

L'utilizzo di uno scanner laser medium range, come il MINOLTA Vivid 9i, consentirebbe di superare i vincoli relativi al ridotto volume di lavoro dello scanner Nextengine, consentendo l'acquisizione digitale non solo di un qualunque tipo di reperto antropologico, ma anche di reperti archeologici della grandezza di una statua. Si deve tuttavia segnalare però che il costo di quest'ultimo strumento è significativamente superiore (di un fattore 20) a quello dello scanner laser Nextengine utilizzato.