

Nuovi metodi di ricostruzione 3D applicati al patrimonio paleontologico

Alberto Antinori

Studio Tecnico GeoInformatiX di Antinori A., Via Calcesana, 92. I-56011 Calci (PI). E-mail: geoinformatix@gmail.com

Alessandro Blasetti

Giuseppe Crocetti

Maria Chiara Invernizzi

Maria Luisa Magnoni

Museo delle Scienze dell'Università di Camerino, Sistema Museale, Via Gioco del Pallone, 5. I-62032 Camerino (MC).

E-mail: musnat@unicam.it; alessandro.blasetti@unicam.it; giuseppe.crocetti@unicam.it; chiara.invernizzi@unicam.it; marialuisa.magnoni@unicam.it

RIASSUNTO

Il Museo delle Scienze dell'Università di Camerino e lo Studio Tecnico GeoInformatiX hanno testato un nuovo metodo di ricostruzione 3D, recente evoluzione della tecnica fotogrammetrica Structure from Motion (SfM), sul cranio con mandibola di *Hippopotamus antiquus* risalente a circa 900.000 anni fa, ospitato nella sezione paleontologica del Museo.

Il lavoro è nato all'interno del progetto di Distretto Culturale Evoluto "PlayMarche" e rappresenta il tentativo di mettere a punto nuovi strumenti, caratterizzati da economicità, semplicità di gestione e sostenibilità, per la fruizione e lo studio delle collezioni paleontologiche.

Parole chiave:

ricostruzione 3D, modellazione 3D, paleontologia, fossile.

ABSTRACT

New 3D reconstruction methods applied to paleontological heritage

Camerino University Science Museum and Studio Tecnico GeoInformatiX tested a new 3D reconstruction method which is the recent evolution of the photogrammetric technique Structure from Motion (SfM), on a Hippopotamus antiquus skull and lower jaw dating 900,000 B.P., hosted in the paleontological section of the Museum.

The work has been realized with the support of the Distretto Culturale Evoluto "PlayMarche" project in order to develop new tools that could promote an affordable, easy to manage and sustainable fruition of paleontological collections.

Key words:

3D reconstructon, 3D modeling, palaeontology, fossil, Structure from Motion.

INTRODUZIONE

Il Museo delle Scienze dell'Università di Camerino pone grande attenzione all'uso degli strumenti digitali nelle proprie attività, condividendo, fin da subito, strategie di crescita e maggiore vicinanza al pubblico promosse a livello internazionale (Gibbs et al., 2007). Fin dal 1994, infatti, sono stati prodotti ipertesti in ambito espositivo per offrire al pubblico l'opportunità di sviluppare percorsi di ricerca autonomi, con scelta soggettiva di modi, tempi e ritmi, oltre che come memoria di esposizioni temporanee, in piena sintonia con le finalità dei moderni musei scientifici (Falchetti, 2013). Successivamente, nell'ambito del Progetto Finalizzato "Beni Culturali" del CNR, che ha visto la realizzazione di una campagna di precatalogazione delle collezioni scientifiche ospitate in musei, istituti scolastici e centri

di ricerca delle Marche, sono state messe a punto schede informatizzate semplificate per il salvataggio di dati scientifici (Magnoni & Blasetti, 2005). La piattaforma ha permesso finora di raccogliere circa 7000 schede catalografiche descrittive del patrimonio del nostro Museo e di altre sei strutture. Un risultato essenziale per collegare e valorizzare strutture museali dislocate nel territorio, a volte in condizioni svantaggiate, ampliato con la messa in rete dei musei scientifici provinciali, realizzato con l'Associazione Sistema Museale della provincia di Macerata (AA.VV., 2011; Blasetti et al., 2015).

Importante ricordare, tra le ricadute più rilevanti del collegamento fra musei locali, la scuola di restauro paleontologico svoltasi a Serravalle di Chienti (MC) nel 2014 e 2015 in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici delle Marche e il Comune di Serravalle.



Fig. 1. Il cranio con mandibola di *Hippopotamus antiquus* del Museo delle Scienze di Camerino.

Negli ultimi anni l'attenzione si è focalizzata sulle opportunità culturali e turistiche della messa in rete di strutture museali. Ne è un esempio la Fossilvia, nata con il Progetto Regionale "Stravolgiamo i luoghi della cultura", per la realizzazione di itinerari che collegavano le collezioni paleontologiche di tre musei scientifici dell'Appennino marchigiano, fruibili tramite QR Code, oltre a iniziative teatrali, musicali e di incontro con il pubblico.

Nello stesso solco anche il Progetto PIT, finalizzato alla creazione di un sistema informatico a sostegno dei musei e luoghi della cultura provinciali, che ci ha visto produrre contenuti informativi fruibili nelle varie strutture partecipanti tramite sito web, touchscreen e file audio. La partecipazione al progetto di Distretto Culturale Evoluto "PlayMarche", infine, ci ha impegnato su più fronti, dalla realizzazione di contenuti fruibili in "hub" espositivi e informativi creati in luoghi come l'Arena Sferisterio di Macerata e Casa Leopardi a Recanati, fino alla realizzazione di un gioco digitale destinato a invogliare il pubblico, specie quello giovanile, a visitare i musei e le aree archeologiche partecipanti. Una sezione del gioco riguarda i musei paleontologici e, in particolare, i nostri reperti fossili quaternari (Blasetti & Magnatti, 2013).

È stato scelto, fra questi reperti, il più rappresentativo della sezione paleontologica, il cranio con mandibola di *Hippopotamus antiquus* risalente a circa 900.000 anni fa (fig.1), per testare un nuovo metodo di ricostruzione 3D, la recente evoluzione della tecnica fotogrammetrica detta Structure from Motion (SfM) nata dall'incontro delle tecnologie dell'Image Processing e della fotogrammetria.

METODOLOGIA E RISULTATI

La fotogrammetria è l'insieme delle tecniche di rilievo che permettono di acquisire misure su forma e posizione di un soggetto tramite l'analisi congiunta di almeno due foto che lo inquadrano da punti di vista differenti. Ogni fotogramma è una prospettiva centrale e, nella fotogrammetria classica, si elabora la "stereo-coppia", ovvero due immagini con ampia sovrapposizione del soggetto, che vengono osservate in stereoscopia. La visione stereoscopica permette la percezione della profondità nell'area di sovrapposizione con la visione del cosiddetto modello stereoscopico.

La fotogrammetria classica richiede costose fotocamere metriche, con ottiche a bassa distorsione e calibrate, ovvero con la documentazione di tutte le deviazioni dei raggi visuali rispetto alla teorica prospettiva centrale. L'elaborazione dei fotogrammi è manuale e fa uso di hardware (HW), schede video, occhiali e monitor 3D costosi.

Negli ultimi anni, la fotogrammetria è stata rivoluzionata dalla metodologia Structure from Motion (SfM) che, sfruttando le notevoli capacità di calcolo dei PC e delle schede video più recenti, ha automatizzato gran parte delle elaborazioni. Il riconoscimento dei punti omologhi nelle aree di sovrapposizione delle foto, un tempo eseguito manualmente dall'operatore su ogni stereo-coppia, viene ora eseguito automaticamente per tutti i fotogrammi. Durante l'elaborazione, il software (SW) realizza anche una autocalibrazione che calcola i parametri di distorsione ottica.

Come ogni procedura fotogrammetrica, la recente metodologia SfM comporta tre fasi operative distinte e successive:

- la presa dei fotogrammi o ripresa;
- l'orientamento dei fotogrammi, ovvero la determinazione delle posizioni dei punti di presa e l'orientamento del sensore;
- la restituzione, ovvero l'utilizzo metrico dei fotogrammi.

La ripresa

Sono state scattate 63 foto da altrettanti punti di presa diversi con fotocamera digitale reflex Nikon D300 e obiettivo con focale fissa micro 55mm F2.8 con auto-scatto e cavalletto: per la maggior parte le immagini includono il soggetto intero e sono integrate da scatti ravvicinati sui dettagli più articolati.

È stata utilizzata un'illuminazione artificiale mista, con faretto alogeni fissi e due lampade mobili al quarzo su treppiedi, spostando queste ultime per meglio illuminare il soggetto dietro al quale era posizionato un drappo nero.

Le foto sono state mascherate prima dell'elaborazione automatica per isolare meglio il soggetto dallo sfondo ed eliminare lo sfondo nell'elaborazione.

L'orientamento

Il SW utilizzato per l'elaborazione del modello (PhotoScan™ di Agisoft) elabora i fotogrammi riconoscendovi i particolari (punti omologhi) di ogni porzione della superficie, che deve essere inquadrata da almeno tre punti di vista differenti per la determinazione della loro posizione.

Confrontando i punti omologhi e le loro posizioni relative (cioè la loro parallasse) nella prospettiva centrale che costituisce ogni foto, il SW ricostruisce la posizione di ogni punto di presa degli scatti e la direzione dell'asse ottico ortogonale al piano del sensore dove viene registrata l'immagine.

Si realizza così l'orientamento nello spazio dei fotogrammi, a ognuno dei quali vengono attribuite le 3 coordinate relative dei punti di presa (x, y, z), ovvero l'incrocio delle diagonali del piano del sensore e i 3 angoli di rotazione dei suoi assi (ω, ϕ, κ).

La restituzione

Una volta stabiliti le posizioni relative e l'orientamento dei fotogrammi, il SW ha creato una nuvola di oltre 12 milioni di punti colorati in 3D che è stata manualmente filtrata ed editata ripulendola dei punti errati o non necessari.

Da una selezione dei punti più significativi della nuvola, usandoli come vertici, è stata creata automaticamente la "mesh" che consiste in una rete tridimensionale di 856.000 triangoli irregolari e incernierati tra loro ai lati; anche la mesh necessita di editing per eliminare dettagli indesiderati (ad esempio i supporti del fossile).

La mesh è visualizzabile come "wireframe", ovvero l'insieme dei lati dei triangoli che la compongono, o come modello solido ombreggiato, con la visualizzazione delle superfici dei triangoli simulando l'effetto di una illuminazione virtuale.

Infine il SW ha creato la tessitura fotografica che veste la mesh, elaborando per ogni suo triangolo la porzione della foto più idonea in termini di punto di vista (quella con asse ottico più ortogonale alla superficie) e di nitidezza. In assenza di punti di controllo sul soggetto, ovvero delle coordinate di punti notevoli secondo un sistema di riferimento locale, il modello che viene creato non ha le giuste dimensioni. È stato necessario quindi scalarlo, dopo aver preso le coordinate dei punti di controllo (fig. 2): sono state misurate le coordinate relative a un'origine locale di alcuni punti notevoli e ne sono state calcolate le distanze relative.

Importando il modello in MeshLab™ (un noto SW opensource per l'elaborazione e l'editing delle mesh triangolari) è stato possibile calcolare il fattore di scala, attribuirgli l'unità di misura (cm) e le corrette proporzioni.

Sul modello ottenuto possono quindi essere prese misure (fig. 3) e si possono realizzare sezioni virtuali (fig. 4) con MeshLab™.

Il processo illustrato, sequenziale e semiautomatico, è molto più economico delle tradizionali scansioni con laserscanner o con i più recenti scanner a luce bianca per il costo notevolmente inferiore delle strumentazioni HW e SW necessarie e i tempi di posa inferiori. Come HW è sufficiente una fotocamera digitale amatoriale di buona qualità su cavalletto, un PC recente dotato di RAM sufficiente e una buona scheda video. Riguardo al SW, oltre a quelli proprietari come quello utilizzato, esistono ormai diverse suite di prodotti opensource che funzionano: la tecnologia SfM è attualmente uno dei settori SW in più rapido sviluppo e diffusione.

FRUIZIONE

Da alcuni anni esiste SketchFab, un portale web (v. sito web 1) ove è possibile pubblicare, anche con account gra-

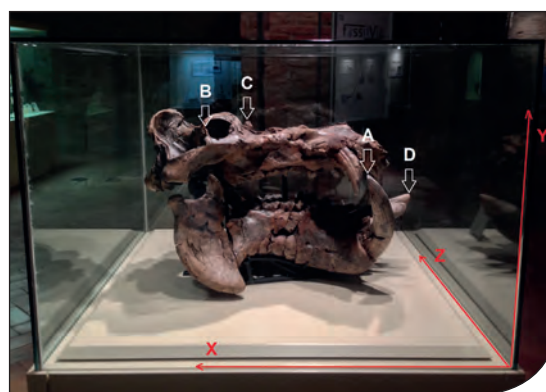


Fig. 2. Misurazione delle coordinate dei punti di controllo A, B, C, D.

tuiti con limitazioni alle dimensioni del file, modelli 3D di varia natura: i modelli possono essere ruotati a 360°, traslati e zoomati tramite semplici comandi col mouse. È possibile la visualizzazione in pagine web da PC, smartphone e tablet senza dover installare plugin o app. Sono ormai numerosi i musei che hanno cominciato a inserire online i loro reperti in questo modo: il più attivo è il British Museum di Londra che attualmente sta pubblicando un modello archeologico al giorno.

In attesa della conclusione del progetto PlayMarche, il cranio di ippopotamo realizzato nel 2014 è stato pubblicato su SketchFab assieme ad altri modelli di fossili realizzati nel progetto DCE: il modello 3D interattivo è visibile al link dedicato (v. sito web 2).

Il modello è presente anche su 3DVirtualMuseum (v. sito web 3 e sito web 4), il portale italiano che raccoglie gratuitamente i modelli 3D di beni culturali nazionali già pubblicati su SketchFab. Frutto di un progetto del 2015 della Regione Emilia Romagna, il sito è ora gestito dall'Associazione Culturale 3D Lab che promuove la diffusione delle pratiche di creazione e gestione delle ricostruzioni.

CONCLUSIONI

La messa a punto di questi nuovi strumenti per la fruizione e lo studio delle collezioni paleontologiche, caratterizzati da economicità, semplicità di gestione e sostenibilità, potrà essere secondo noi molto utile ai musei per mostrare via web i più importanti fra i reperti in proprio possesso sia al pubblico generico che agli studiosi. Entrambi potranno ammirare le peculiarità di ogni struttura ed essere spinti a raggiungerla, per il semplice piacere della fruizione o per motivi di studio.

L'inserimento in rete di informazioni e dati accessibili con questa tipologia di strumenti è ancora più sentito oggi, a fronte di una lunga e difficile crisi sismica che ha messo letteralmente in ginocchio una larga parte del Centro Italia. In questi territori, alcuni musei sono stati costretti alla temporanea chiusura o al trasferimento e, con ogni probabilità, vedranno ridimensionata o annullata per anni la possibilità di fruizione diretta di beni e reperti anche paleontologici. Gli strumenti digitali, e le ricostruzioni 3D in particolare, saranno certamente indispensabili per conservare la vicinanza e il legame, la possibilità di accesso e di studio di questi beni e per mantenere acceso l'interesse su di loro.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV., 2011. *Rete dei Musei Scientifici della Provincia di Macerata*. Associazione Sistema Museale della Provincia di Macerata, Macerata, 40 pp.

BLASETTI A., MAGNATTI M., 2013. *L'altopiano degli ippopotami*. Collana "Quaderni del Museo", n. 4, Camerino (MC).

BLASETTI A., MAGNONI M.L., INVERNIZZI M.C., 2015. *La Rete dei Musei scientifici della Provincia di Macerata*. In: Atti ISPRA, Geologia & Turismo... a 10 anni dalla fonda-

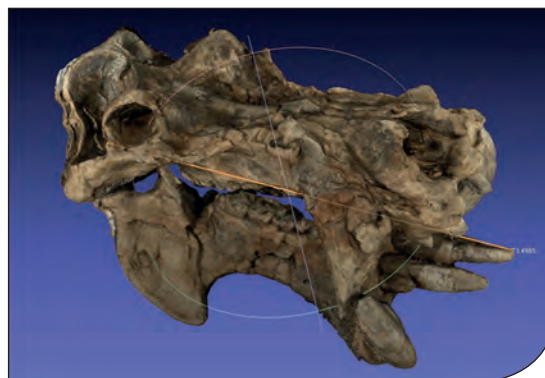


Fig. 3. Il modello scalato permette di misurare distanze (in cm) anche tra punti non intervvisibili.

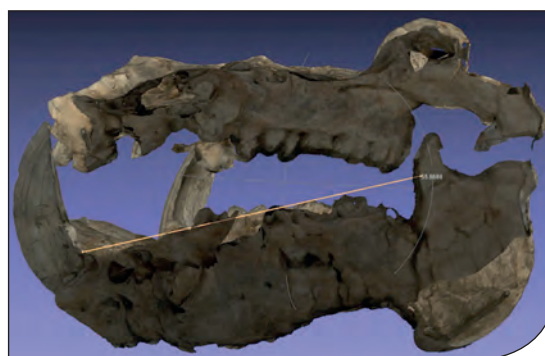


Fig. 4. Esempio di sezione virtuale che è possibile realizzare con MeshLab™.

zione. 5° Congresso Nazionale Geologia e Turismo, Bologna, 6-7 giugno 2013, pp. 383-390.

FALCHETTI E., 2013. *Costruire l'educazione nei Musei della Natura. Immaginare. Esplorare, sperimentare*. Collana del Sistema museale RESINA. Regione Lazio, Area servizi e Strutture Culturali, Roma, 95 pp.

GIBBS K., SANI M., THOMPSON J., 2007. *Lifelong Learning in Museums: A European handbook*. EDISAI, Ferrara, 180 pp.

MAGNONI M.L., BLASETTI A., 2005. Censimento e precatalogazione delle collezioni scientifiche di interesse storico nelle Marche. In: XV Convegno ANMS, Museo oggi, tra reale e virtuale. Trieste 23-26 novembre 2005. *Atti del Museo Civico di Storia Naturale di Trieste*, vol. 51 (Suppl.): 85-88.

Siti web (ultimo accesso 10.04.2018)

- 1) SketchFab
<https://sketchfab.com/>
- 2) Pagina di SketchFab con modello 3D interattivo del cranio di ippopotamo
<https://skfb.ly/VSBj>.
- 3) 3DVirtualMuseum
<http://www.3d-virtualmuseum.it/>
- 4) <http://www.3d-virtualmuseum.it/opere/marche-macerata-camerino-museo-delle-scienze-universita-di-camerino>