

La modellazione 3D delle collezioni della Specola.

Salvatore Speciale, INAF – Osservatorio astronomico di Palermo, Piazza del Parlamento 1, 90134 Palermo, Italy

La riproduzione in alta definizione di un modello tridimensionale può ormai considerarsi prassi nel campo della documentazione del patrimonio culturale in quanto la possibilità di esaminare un'opera, diciamo off line, nei suoi dettagli nascosti, permette di ottenere dati ed informazioni, di carattere sia generale che specifico, utili alla fruizione consapevole, al restauro ed alla conservazione.

I principi della *fotogrammetria*

Nel contesto contemporaneo, sempre più sta assumendo un ruolo centrale l'utilizzo della *fotogrammetria* intesa come: «il processo di operazioni effettuate in ambito digitale con il quale, a partire da immagini *raster*, cioè semplici foto ottenute da una camera digitale, si giunge alla creazione di un modello tridimensionale».

La semplicità del processo rientra nella logica dell'*image based*, (modellazione tridimensionale basata su immagini e metodi di rendering a partire da immagini bidimensionali), che si concretizza nello *Structure from Motion* (SfM), che è l'automatismo, fondato sui principi della fotogrammetria, che porta a creare un modello caratterizzato da una *mesh*, struttura superficiale continua, avvolta da una *texture*, cioè ricoperta da una immagine raster, ottenuta a partire dalle foto con le quali si è ottenuto lo stesso modello.

In fotogrammetria, analogamente a quanto avviene nella visione umana, se un oggetto viene ripreso in almeno due immagini, prese da punti di vista differenti, le diverse posizioni dell'oggetto nelle immagini (la cosiddetta parallasse) consentono di ottenere viste stereoscopiche e derivare informazioni 3D, punti nello spazio, dalle aree di sovrapposizione nelle immagini.

Le nuove tecnologie portano le moderne camere digitali ad essere fornite di ottimi sensori, i file *raster* creati sono ormai sempre definiti da milioni di pixel, e proporzionalmente il risultato della *fotogrammetria* raggiunge quest'ordine di punti. In particolare quindi risulterà estremamente significativo l'aspetto percettivo, grazie alla *texture*, del modello tridimensionale, caratterizzato da una mappatura, la *mesh*, prettamente corrispondente al reale.

Considerando l'incidenza di tali fattori, si capisce il motivo per cui si possano ottenere migliori risultati operando una serie di pre-elaborazioni delle immagini, ad esempio eliminando automaticamente le deformazioni ottiche dalle foto (se il sistema obiettivo-camera è noto al software di sviluppo, è possibile applicare le correzioni ottiche opportune).

Molto utile si è rivelato l'uso estensivo delle immagini HDR (*High Dynamic Range*

Imaging) nella *fotogrammetria*, un metodo che si propone di aggiungere più "gamma dinamica" alle fotografie, ampliando il rapporto tra luce e buio attraverso la sovrapposizione di non meno di tre riprese (*bracketing*), scattate in sequenza con livelli di esposizione diversi.

Attrezzature utilizzate

Sony NEX-7 + Sigma 30mm f/2.8 EX DN E.

Cavalletto Manfrotto mod. 144.

Filtro polarizzatore.

Due illuminatori led 100 Watt, autocostruiti, con attacco Bowens.

Due SoftBox Quantum con attacco Bowens.

Due pinze Ianiro modificate con led da 50 Watt e paraluce.

Kit di cavalletti, fondali, pannelli bianchi e filtri diffusori (*LEE* 216).

TurnTable autocostruito con i target incollati sopra.



Software utilizzato

CaptureOne 20 Express per Sony, liberamente scaricabile.

3DF Zephyr di 3DFLOW versione Lite (<http://3dflow.net/it/>).

Meshlab (<http://meshlab.net>) Open Source creato da CNR-IST Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione (<http://vcg.isti.cnr.it/>).

Blender (<http://blender.org>) Open Source.

3DHOP (3d Heritage Online Presenter) libreria Open Source (<http://3dhop.net>), sviluppato da CNR-IST Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione (<http://vcg.isti.cnr.it/>).

SetUp

Oggetto fotografato su *turntable*, sfondo bianco, illuminazione diffusa e indiretta (di rimbalzo dalle pareti bianche) quanto più uniforme possibile per evitare *flare* e riflessioni superficiali.

Dataset formato da tre set di foto verticali, su tre orbite diverse, riprendendo tutto il soggetto compreso la porzione di tavolo con i target, che servono come riferimento per la messa in scala del modello.

Completamento del *dataset* con foto ravvicinate di dettaglio.

Fotocamera su cavalletto e scatto remoto per via dei tempi lunghi di ripresa.

Sensibilità 100 iso, tempi 1" – 2", aperture f/11 – f/16, filtro polarizzatore (invero poco efficiente sui riflessi metallici).

Modalità manuale per la messa a fuoco, tempo e apertura.

E' necessaria una abbondante sovrapposizione tra le diverse fotografie (70-80%) per migliorare il risultato della ricostruzione 3d.

Calibratura della fotocamera

L'impiego di una fotocamera, non espressamente costruita per la fotogrammetria, comporta un deciso abbassamento dei costi, ma produce una riduzione nella qualità del risultato finale, legato all'assenza di informazioni sui parametri caratteristici degli obiettivi, da qui la necessità di una procedura per acquisire queste informazioni.

3DF Zephyr Lite, il software usato per la *fotogrammetria*, offre una semplice procedura di calibrazione consistente nella ripresa di una decina di scatti, di un *pattern* proiettato sullo schermo, ripreso da diverse angolazioni, che poi verranno processati per ricavare *lunghezza focale*, *distorsione radiale*, *distorsione tangenziale* e *centro ottico* del sistema corpo macchina/obiettivo.

Il progetto: Il Globo Terrestre di Bonne



Il globo terrestre di Rigobert Bonne, fine XVIII secolo, acquistato a Parigi nel 1790. Il globo è in cartapesta e gesso ricoperto da una carta speciale detta *papier du nom de Jésus*, moderatamente riflettente. La culla, con la rosa dei venti, è in noce e il Meridiano è in ottone.



Il meridiano è l'elemento che più di tutti, con la sua naturale riflettenza, mi ha costretto ad una illuminazione più attenta. Per via delle sovrapposizioni delle parti che compongono lo strumento, e dopo una serie di insuccessi, ho optato per la ripresa fotografica dei singoli componenti per ottenere tre oggetti indipendenti da allineare solo alla fine delle rispettive ricostruzioni.



Il set di foto è composto da 36 scatti su 360° ($10^\circ/\text{step}$) per tre orbite (approssimativamente $45^\circ - 0^\circ - 45^\circ$) più foto di dettaglio su porzioni mancanti (10 o 15 scatti aggiuntivi), il tutto per tre, visto l'uso estensivo del HDR.

Il dataset è stato di 354 scatti, per ognuno degli elementi del globo, per un totale di 1062 scatti.

Nuvola di punti e ricostruzione della superficie

Fatte le foto, con le modalità accennate sopra, sono passato al processo di ricostruzione.

La scelta, del software di fotogrammetria, è caduta su di un prodotto italiano, prodotto da 3DFlow, *3dF Zephyr Lite*, che con relativa facilità mi ha permesso di ottenere una restituzione accettabile.

Il processo di ricostruzione 3D all'interno dell'applicativo si articola in cinque fasi principali:



- 1) Orientamento delle fotocamere
- 2) Generazione della nuvola di punti
- 3) Intensificazione della nuvola
- 4) Creazione della *mesh*
- 5) Generazione della *texture* fotografica

Le posizioni spaziali delle camere, i singoli scatti, sono calcolate e posizionate nello spazio tridimensionale, dalla funzione di orientamento automatico che parte dalla analisi dei singoli pixel presi su coppie di foto contigue, generando delle nuvole di punti tridimensionali, da questi punti un'altra funzione automatica, genererà una maglia poligonale, la *mesh*.

La *mesh* è una collezione di vertici, spigoli e facce che definiscono la forma di un oggetto nella grafica 3D e nella modellazione solida.

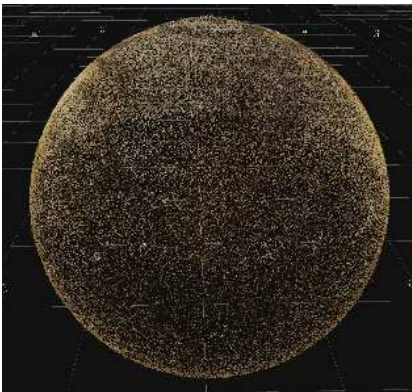
Il programma di *fotogrammetria* ha un *set* di strumenti che consentono di correggere sia la nuvola di punti sia la *mesh*.

E' possibile chiudere i buchi, filtrare punti fuori posto e smussare le superfici.

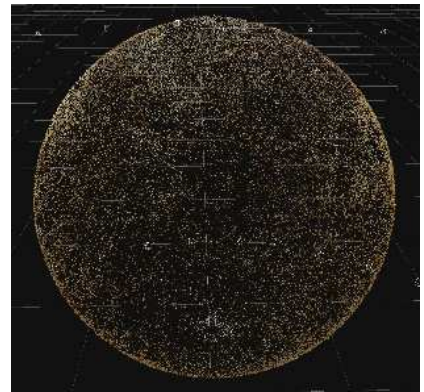
Dal modello, la *mesh*, si può ricavare il modello fotorealistico applicando la *texture*.

La *texture* è ricavata dalle foto di partenza, sempre in modo automatico.

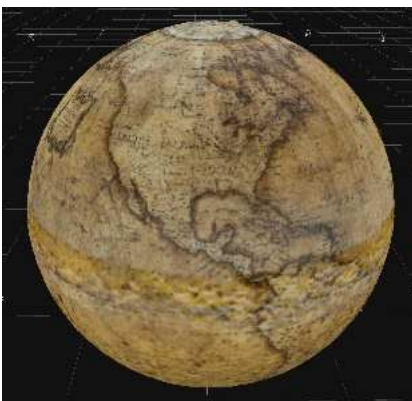
La bellezza della *texture* è generalmente indicativa della qualità globale dell'aspetto grafico di una realizzazione in 3D.



Nuvola di punti



Nuvola intensificata



Mesh



Texture

Messa in scala ed esportazione

I singoli oggetti sono stati messi in scala tramite l'inserimento di alcuni target, sul *turntable*, a distanza nota e collocati nello stesso spazio di ripresa degli oggetti fotografati.

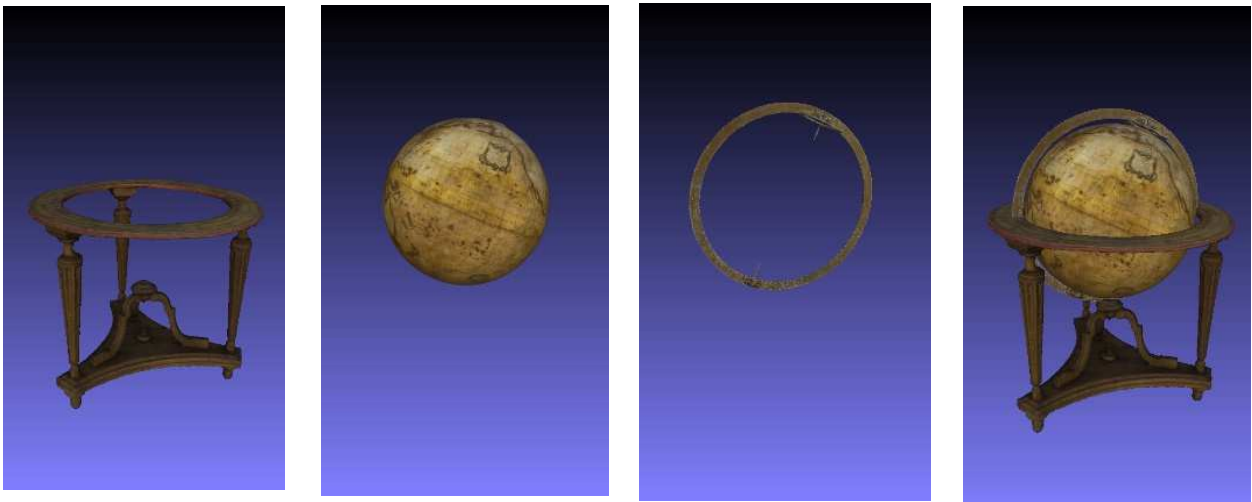
La scala corretta è il rapporto tra la dimensione di un oggetto, nella sua rappresentazione, e la dimensione reale dello stesso, entrambe espresse nella stessa unità di misura.

In pratica si misura la distanza tra due target nella rappresentazione, si mette in rapporto con quella reale, che conosciamo; il risultato serve allo *scaling* dell'oggetto con l'applicazione del filtro opportuno.

Il software usato per questo scopo è *meshlab*.

Con *meshlab* posso misurare il modello, calcolare e applicare la scala corretta e infine cancellare la porzione di piano contenente i target.

Con *meshlab* ho posizionato gli oggetti su coordinate comuni per poi potere rimontare le tre parti ben allineate.



I modelli sono stati esportati in file OBJ per la presentazione finale.

Il file .OBJ (*Wavefront*) è un file che memorizza informazioni sulle *mesh*.

I modelli ottenuti sono stati prodotti alla risoluzione più elevata possibile, questo però mi ha creato qualche difficoltà di gestione.

Un prossimo passo sarà quello di generare modelli più leggeri per una fruibilità maggiore su piattaforme solo visuali, web o di scambio (Sketchfab).

Il trattamento si chiama decimazione ed è fattibile applicando filtri opportuni sia in *3DF Zephyr* che in *meshlab*.

Hosting e visualizzazione

I primi tentativi di condivisione sul web, dei modelli a piena risoluzione, mi avevano quasi persuaso della non fattibilità del progetto. Mi è venuta in aiuto una ulteriore risorsa italiana, sempre del CNR-VST, *3DHOP* (*3d Heritage Online Presenter*), una soluzione open source.

La soluzione *3DHOP* si basa su una struttura dati multi-risoluzione che consente al client di eseguire in modo efficiente la visualizzazione dipendente dalla vista. Insieme alla bassa granularità della multi-risoluzione, questo approccio consente la visualizzazione interattiva di grandi modelli 3D senza requisiti di larghezza di banda elevati (8 Mbit/s è sufficiente per una buona interazione con modelli enormi).

Il visualizzatore utilizza un formato proprietario, compresso, che permette, con semplicità, di rototraslare il modello, e di scegliere la visualizzazione delle sue parti.

E' presente anche un semplice sistema di misura di distanze.

Per l'hosting dei modelli tridimensionali, è stato creato un server ad hoc, virtualizzato, per ospitare questo e i futuri sviluppi di questo progetto.

<http://virtuale.oapa.inaf.it/3DHOP/Terrestre.html>



Tratto da Il Museo della Specola: progetti per la conservazione, la fruizione, la comunicazione (2018-2020) - <https://doi.org/10.20371/INAF/TechRep/132>