

Digital Mont'e Prama: dalla digitalizzazione accurata alla valorizzazione di uno straordinario complesso statuario

***Enrico Gobetti, Ruggero Pintus, Fabio Bettio, Fabio Marton, Marco Agus,
Marcos Balsa Rodriguez***

CRS4 Visual Computing - <http://www.crs4.it/vic/>

Sommario

L'articolo illustra i principali risultati del progetto *Digital Mont'e Prama*. Il progetto è partito da una grande campagna di digitalizzazione 3D del complesso di Mont'e Prama, una straordinaria collezione di frammenti lapidei di epoca nuragica, raffiguranti sia modellini di nuraghe sia arcieri, guerrieri e pugili a scala superiore a quella naturale. La campagna di acquisizione ha coperto 37 statue montate su supporti metallici, acquisite a una risoluzione di 0,25 millimetri attraverso oltre 6200 scansioni e 3400 fotografie con luce controllata. Tecnologie innovative sono state studiate e sviluppate al fine di acquisire, elaborare e ricostruire rappresentazioni 3D molto dettagliate delle statue. Questi surrogati digitali, oltre a documentare lo stato di conservazione degli oggetti, sono sfruttati per una varietà di applicazioni di valorizzazione, che vanno da repliche fisica per musei tattili, framework per l'esplorazione su dispositivi mobili e installazioni interattive high-end in ambienti museali basate su sistemi di proiezione a grande scale.

Keywords: Mont'e Prama, 3D Digitation, Virtual Exploration, 3D printing, museum installations.

English Abstract

The paper outlines the main outcomes of the Digital Mont'e Prama project, which started from a large scale acquisition campaign of the Mont'e Prama complex, an extraordinary collection of stone fragments from the Nuragic era, depicting larger-than-life archers, warriors, boxers, as well as small models of prehistoric nuraghe (cone-shaped stone towers). The acquisition campaign has covered 36 statues mounted on metallic supports, acquired at 0.25mm resolution, resulting in over 6200 range scans (over 1.3G valid samples) and over 3400 10Mpixel photographs. Innovative technologies were studied and developed in order to acquire, process, and reconstruct highly-detailed 3D

representations of the statues. These digital surrogates, in addition to documenting the conservation status of the objects, are exploited for a variety of valorization applications, ranging from physical replicas for tactile museums, to network-based frameworks for interactive exploration on mobile devices and high-end projection-based interactive installation in museum settings.

Parole Chiave: Mont'e Prama, Digitalizzazione 3D, Esplorazione Virtuale, Riproduzione Materica, Installazioni Museali

Introduzione



Figura 1. Digital Mont' Prama: installazione presso il museo archeologico di Cagliari.

Le sculture nuragiche di Mont'e Prama sono la più grande novità dell'archeologia sarda degli ultimi decenni. Ritrovate in una miriade di frammenti nell'area della singolare necropoli di Mont'e Prama, nel Sinis di Cabras, queste grandi sculture calcaree riproducono gli schemi figurativi e lo stile dei più elaborati bronzetti nuragici dell'età del Ferro e sono di enorme importanza storica e artistica. Anche se la loro precisa datazione non è ancora certa, alcune tra le più accreditate ipotesi potrebbero farne fra le più antiche sculture a tutto tondo del bacino mediterraneo (Usai, 2014). Le sculture ricomposte da un accurato progetto di restauro sono finora 38, suddivise in 5 arcieri, 4 guerrieri, 16 pugilatori e 13 modelli di nuraghe. Le dimensioni delle sculture variano dal metro circa per i nuraghi ai 2.5m per le sculture antropomorfe.

Dopo una prima mostra tenutasi a Li Punti tra l'autunno del 2011 e la primavera del 2012, il Ministero per i Beni e le Attività Culturali e la Regione Autonoma della Sardegna hanno definito il programma di esposizione che si concluderà con l'allestimento museale definitivo; attualmente, il programma prevede iniziative temporanee di alta qualità nelle sedi del Museo Archeologico Nazionale di Cagliari, del Museo Civico di Cabras e del Museo Nazionale Preistorico Etnografico "Luigi Pigorini" di Roma. Altre iniziative a scala nazionale e internazionale sono altresì previste.

Il processo di restauro e musealizzazione è stato accompagnato negli ultimi anni da un imponente piano di sperimentazione scientifica e tecnologica, denominato *Digital Mont'e Prama* e realizzato dal gruppo Visual Computing del CRS4 in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici delle province di Cagliari e Oristano, avente l'obiettivo di fornire memoria digitale di

grande accuratezza scientifica delle sculture e di creare strumenti di conoscenza e valorizzazione attraverso diverse forme di riproduzione virtuale e materica. Sfruttando sinergie con altre iniziative internazionali del CRS4, il progetto ha portato allo sviluppo di nuove tecnologie per l'acquisizione di forma e colore di modelli 3D complessi, alla completa digitalizzazione ad alta risoluzione di tutte le sculture ricomposte, e allo sviluppo e applicazione di metodi per la riproduzione materica, la distribuzione in rete verso dispositivi mobili e la presentazione museale di repliche virtuali altamente realistiche. Tutto il software utilizzato nel progetto è stato sviluppato al CRS4 nell'ambito delle sue attività di ricerca.

Digitalizzazione accurata di forma e colore

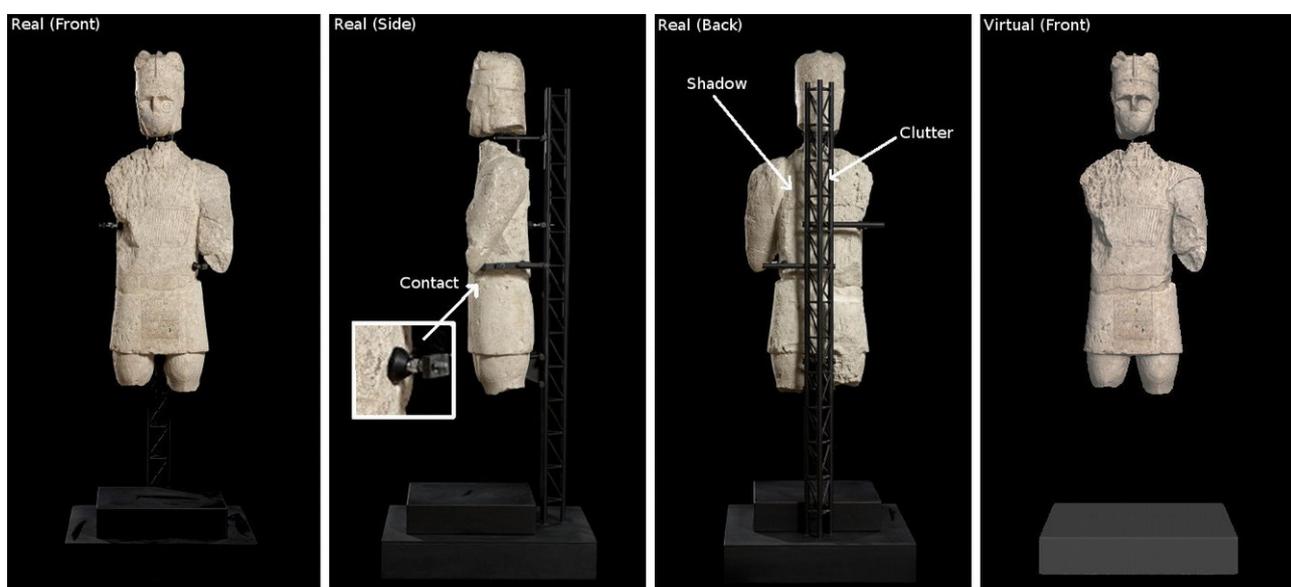


Figura 2. Le sculture sono composte da frammenti mantenuti in posizione attraverso supporti metallici che rendono difficile l'utilizzazione efficace di metodiche standard per l'acquisizione di forma e colore a causa presenza di geometrie estranee, ombre e occlusioni.

La digitalizzazione di oggetti d'arte per creare ricostruzioni virtuali sta diventando sempre più comune. Il complesso scultorio di Mont'e Prama, però, pone importanti problemi nell'utilizzo di tecnologie standardizzate, sia per il numero e la dimensione dei reperti da acquisire che, soprattutto, per la particolare complessità dell'acquisizione. Infatti, il processo di digitalizzazione, avvenuto post-restauro e da svolgersi senza contatto, si è dovuto confrontare con reperti ricomposti con l'aiuto di sostegni metallici. Com'è evidente dalla Figura 1, tali supporti, oltre a comportare la presenza di forme non desiderate nel dato acquisito, generano occlusioni che richiedono la ripresa da un gran numero di punti di vista e producono effetti d'ombra. Con le usuali tecniche di digitalizzazione, si sarebbe dovuto compiere un pesante lavoro manuale di post-processing per la pulizia della geometria e del colore, che, comunque,

avrebbe solo potuto mascherare in maniera approssimativa gli effetti di colore dovuti all'ombra proiettata dai supporti.

Per questo motivo, abbiamo ideato una nuova metodica per la digitalizzazione 3D attraverso l'uso combinato di acquisizione fotografica con luce controllata e scansione laser a triangolazione (vedi Figura 3). La procedura, descritta in dettaglio in (Bettio, 2014), lavoro che ha ricevuto il *Best Paper Award a Digital Heritage 2013*, riesce a produrre un modello accurato della forma dell'oggetto e a stimarne l'albedo riducendo al minimo le operazioni manuali sia in fase di acquisizione sia di post-processing. Per migliorare la ricostruzione e ridurre i tempi di calcolo e il numero di operazioni manuali, abbiamo inoltre combinato il metodo con tecniche di automazione di tutte le elaborazioni, soprattutto nelle fasi di ricostruzione delle superfici triangolate da nuvole di punti (Cuccuru, 2009), di registrazione delle foto sui modelli 3D (Pintus, 2014), e di applicazione dei colori ai modelli (Pintus, 2011).

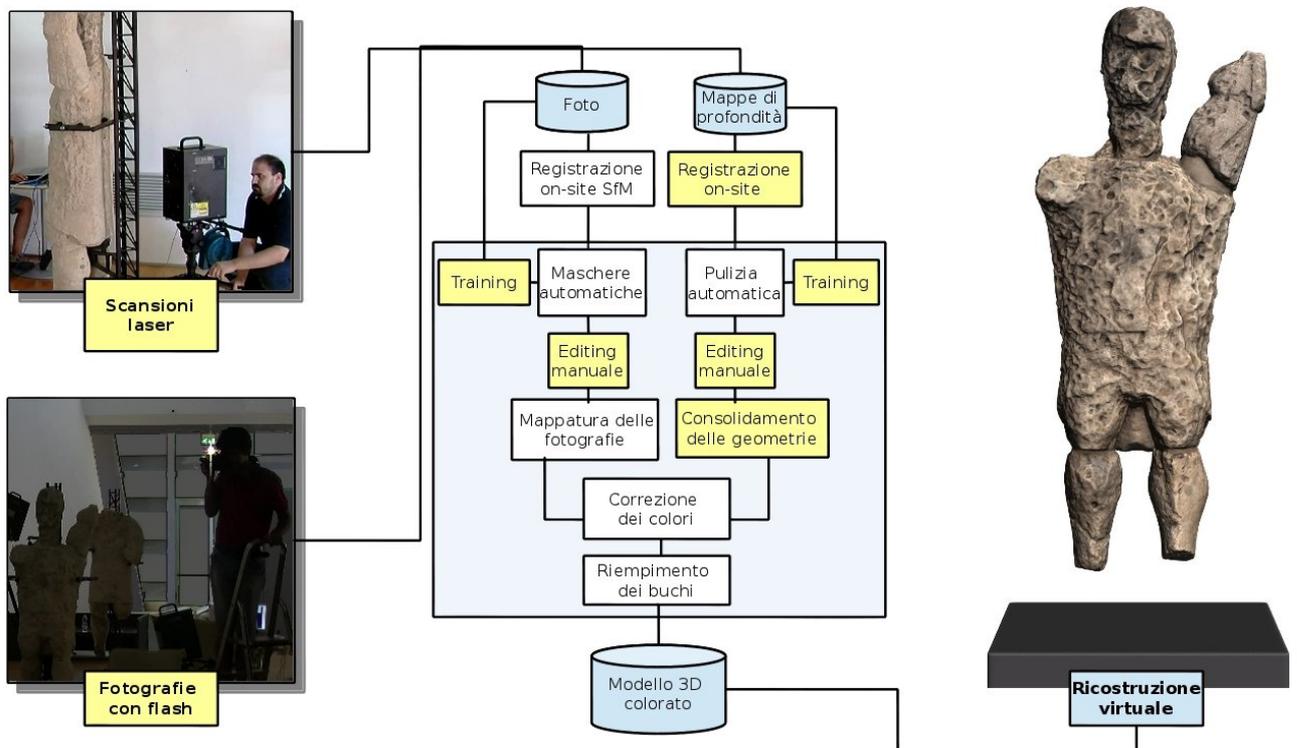


Figura 3. Pipeline di ricostruzione dei modelli digitali 3D da scansioni laser e fotografie. Tecniche innovative descritte in (Bettio, 2014) sono state ideate e utilizzate per rimuovere le geometrie estranee e le ombre generate dai supporti.

Le operazioni sul campo hanno riguardato l'acquisizione della geometria con scanner laser a triangolazione, per produrre mappe di profondità e di riflettanza, mentre il colore è stato acquisito attraverso fotografie, utilizzando il flash montato sulla camera come unica sorgente d'illuminazione. La forma di tutte le sculture è stata acquisita a una risoluzione di 0,25 mm mediante un Minolta Vivid 9i in modalità tele, per un totale di oltre 6200 scansioni e oltre 1.3 miliardi di campioni validi. Il colore è stato acquisito mediante una Nikon D200

con lente 50mm scattando oltre 3800 foto a dieci Mpixel. Tutte le fotografie sono state prese con un flash in una stanza scura, con otturatore 1/250s, apertura f/11.0+0.0, e ISO 400.

Tutto il resto del lavoro è stato compiuto in *post-processing*. Un metodo semi-automatico è stato ideato per separare l'ingombro dei supporti dal materiale della scultura. Da un piccolo *training set* di mappe e fotografie segmentate a mano, un algoritmo di classificazione ha appreso una descrizione statistica del materiale della scultura, che è stata poi utilizzata per generare delle maschere di segmentazione sia per le mappe di profondità che per le fotografie a colori e utilizzate per rimuovere i dati 3D e di colore indesiderati, quali i supporti e le loro ombre. Il processo di segmentazione ha richiesto in media per ogni scultura nove minuti per la creazione delle maschere manuali, e sei minuti per la classificazione automatica su un processore 8-core. L'applicazione del processo automatico su tutte le trentotto sculture ha richiesto soltanto cinque ore, con una riduzione di un ordine di grandezza rispetto agli approcci manuali.

I modelli 3D, liberi da dati estranei, sono poi stati creati utilizzando le nostre pipeline per la ricostruzione 3D e la mappatura di colore (Bettio, 2014). Le deviazioni di colore introdotte dalla luce del flash sono state corrette durante la fase di proiezione e fusione dei colori grazie alla conoscenza della posizione relativa della sorgente d'illuminazione rispetto a ogni punto illuminato. Invertendo un modello d'illuminazione basato su un'approssimazione Lambertiana della superficie, il colore apparente è stato trasformato in un'approssimazione dell'albedo.



Figura 4. Ricostruzione virtuale: confronto di una foto originale (immagine a sinistra) con la visualizzazione del modello 3D illuminato con una luce virtuale posizionata in modo da enfatizzare i dettagli geometrici. La foto al centro è senza colore, mentre la foto a destra utilizza la riflettanza diffusa misurata.

I modelli digitali ottenuti sono utilizzabili sia per la documentazione e conservazione del dato che per lo studio e la visualizzazione a fini di ricerca e divulgazione. La Figura 4 mostra un esempio di visualizzazione di una scultura

ricostruita, con e senza colore, e una foto originale del modello. Si può notare la risoluzione elevata del modello virtuale e la qualità della visualizzazione.

Promozione e valorizzazione basata su modelli digitali 3D

La promozione e la valorizzazione del patrimonio culturale sono parte integrante del processo di gestione del patrimonio stesso. I musei sono ormai diventati ambienti nei quali il visitatore accresce la propria esperienza tramite meccanismi attivi d'interazione e interpretazione e devono essere integrati in un eco-sistema in cui collezioni reali e digitali sono fuse per essere presentate sia a un'utenza locale, per arricchire le visite, sia remota, per attirare e/o fidelizzare i visitatori.

Le attuali tecnologie di presentazione dei modelli 3D, al contrario di quelle ormai consolidate per immagini o video, non consentono, però, di sfruttare tutta questa potenzialità per simulare adeguatamente la qualità percettiva e ritornare al visitatore l'aura di un ambiente o di un'opera d'arte. Con i limiti attuali, derivanti dall'utilizzo di modelli semplificati, è pertanto difficile l'impiego di copie virtuali senza perdere le caratteristiche uniche dell'originale. Per la fruizione ed esplorazione interattiva dei modelli 3D delle sculture di Mont'e Prama, abbiamo pertanto realizzato sulla base di nostri precedenti risultati di ricerca un sistema hardware e software di visualizzazione tale da poter essere utilizzato in installazioni museali da gruppi numerosi ed eterogenei di visitatori, presentando loro i modelli alla massima qualità possibile (Marton, 2014) e per accedere alla stessa qualità di visualizzazione in maniera ubiqua attraverso terminali mobili. Inoltre, per permettere la fruizione tattile, stiamo anche lavorando sull'accurata riproduzione materica dei dettagli in riproduzioni a diverse scale.

Esplorazione ad alta qualità in ambiente museale

Fino a poco tempo fa, le ricostruzioni 3D hanno trovato il loro uso più efficace e diffuso attraverso presentazioni visive per lo più passive, come video o animazioni. L'interesse si sta, tuttavia, sempre più spostando verso metodi più attivi e flessibili, come i sistemi di navigazione virtuali, che coinvolgono maggiormente i visitatori, migliorandone l'esperienza complessiva di visita, che tende a essere personale, auto-motivata, ed esplorativa.

Nel nostro approccio (vedi Figura 5), un sistema interattivo permette al visitatore di esplorare virtualmente alla massima risoluzione ogni singola scultura utilizzando uno schermo tattile collegato a un sistema a retroproiezione a grande schermo, di dimensione tale da consentire la visualizzazione a scala reale. La separazione tra i dispositivi d'interazione e visualizzazione consente di utilizzare superfici di proiezione di grosse dimensioni e permette a un numero elevato di visitatori di osservare lo schermo nella propria interezza senza problemi di occlusione, apprezzando i modelli da

distanza di comfort al dettaglio desiderato. In questo design lo schermo tattile non fornisce alcuna informazione visiva durante l'esplorazione dei modelli, per incoraggiare gli utenti a focalizzare la loro attenzione soltanto sulle sculture proiettate.



Figura 5 Sistema di esplorazione interattiva dei modelli ad alta risoluzione per installazioni museali: un setup innovativo, descritto in (Marton, 2014), e basato su tecnologie di visualizzazione multirisoluzione (Cignoni 2004) ed interfacce di navigazione interattiva semplificate (Balsa, 2014), consente ad i visitatori di apprezzare le ricostruzioni virtuali delle sculture fino al dettaglio più fine. La foto mostra l'istallazione al museo archeologico di Cagliari.

Il design della tecnica di esplorazione ha tenuto conto dei requisiti raccolti durante una fase di analisi, che ha coinvolto esperti nel settore e potenziali visitatori, appartenenti a varie fasce di età e di diversa estrazione sociale e culturale. In generale, era richiesta una metafora di navigazione che fornisse feedback in tempo reale, aumentasse il senso di controllo e di comfort, supportasse un movimento continuo e fluido ed agevolasse la transizione tra l'esplorazione globale del modello e l'ispezione dei dettagli. Per soddisfare tali requisiti, abbiamo ideato un'interfaccia utente che combina un metodo di navigazione semplificato con un sistema di selezione di punti d'interesse per spostare la camera in punti di vista precalcolati.

La tecnica di navigazione è descritta in dettaglio in (Balsa, 2014) e consiste in una rivisitazione della classica *Virtual Trackball*, che fa corrispondere spostamenti 2D sul *touch screen* a rotazioni attorno a due assi del sistema di coordinate della camera, entrambi ortogonali alla direzione di vista. Tali rotazioni avvengono rispetto a un centro di rotazione, su cui gli utenti non devono preoccuparsi di operare alcun controllo, poiché esso è calcolato in modo automatico. Infatti, quando un movimento di traslazione o rotazione è completato, un nuovo perno è calcolato sulla base dell'attuale punto di vista, ponendolo approssimativamente al baricentro della superficie visibile attraverso di un campionamento stocastico dei punti visibili sulla superficie in quell'istante (Balsa, 2014). L'utente ha inoltre a disposizione uno strumento di navigazione guidata basato sulla selezione dei punti d'interesse più vicini (Marton, 2014; Balsa, 2015), che consente all'utente di esplorare l'oggetto attraverso posizioni di osservazione che sono state precedentemente definite e commentate. La selezione di una delle immagini sposta il punto di vista sino alla posizione associata all'immagine e mostra in sovra-impressione le informazioni associate. Tali informazioni restano visibili sino a quando l'utente non decide di spostarsi in un'altra posizione.

Poiché il sistema deve visualizzare sculture decorate e contenenti dettagli finissimi, occorre tener conto che i modelli contengono informazioni d'interesse a diversa scala, e in particolare sia la macrostruttura delle sculture che i dettagli di lavorazione più fini, visibili utilizzando dati sub-millimetrici. Per assicurare prestazioni in tempo reale su dataset di notevoli dimensioni visualizzati a elevata risoluzione, abbiamo sfruttato speciali strutture dati multirisoluzione e algoritmi adattativi (Cignoni, 2004; Marton, 2014). Grazie a tali tecniche, la complessità di tutte le operazioni dipende solo dalla complessità (limitata) dell'immagine da presentare agli utenti, piuttosto che dalla complessità (potenzialmente illimitata) del modello. Si possono pertanto garantire in ogni momento un'elevata accuratezza della visualizzazione e prestazioni in tempo reale durante l'esplorazione dei modelli, sia a livello di macrostruttura sia a quello di microstruttura. Un singolo PC grafico riesce infatti a sostenere frame-rate superiori ai 30 fotogrammi al secondo presentando i modelli ad una risoluzione di 0.5 triangoli/pixel.

Due versioni del sistema sono state installate presso i Musei Archeologici di Cagliari e Cabras, a corredo delle esposizioni delle sculture di Mont'e Prama (vedi Figura 5). L'inaugurazione delle esposizioni è avvenuta a Marzo del 2014, e da allora, il sistema interattivo è stato utilizzato da decine di migliaia di persone. Un'altra installazione è stata visibile a Roma, al Museo Nazionale Preistorico Etnografico "Luigi Pigorini" per il periodo 29 novembre 2014 - 21 marzo 2015.

Distribuzione in rete e applicazioni per dispositivi mobili

Per assicurare la fruizione remota dei modelli 3D delle sculture di Mont'e Prama, sulla base delle tecnologie di visualizzazione sviluppate per il sistema museale, stiamo realizzando un'architettura *client-server* per l'esplorazione

interattiva dei modelli su dispositivi mobili, i cui primi risultati sono descritti in dettaglio in (Balsa, 2013) e (Balsa, 2014).

La visualizzazione delle sculture di Mont'e Prama su piattaforme mobili avviene riducendo la banda e la memoria locale necessarie attraverso un metodo di compressione che permette la visualizzazione diretta del dato compresso e migliorando i meccanismi di richiesta asincrona durante la visualizzazione per evitare che l'applicazione si blocchi quando i dati richiesti non sono ancora disponibili.



Figura 6. Esplorazione interattiva dei modelli digitali su dispositivi mobili: un'interfaccia semplificata (Balsa, 2014) ed un'architettura client-server (Balsa, 2013) consentono di visualizzare i modelli digitali ad alta risoluzione su smartphone e tablet di nuova generazione.

Una versione semplificata dell'interfaccia realizzata per l'applicazione museale è utilizzata per realizzare un'applicazione mobile su dispositivi Android. In Figura 6, si possono osservare alcuni esempi di esplorazione di modelli ad alta risoluzione delle sculture di Mont'e Prama su smartphone e tablet di nuova generazione.

Arricchimento della fruizione attraverso riproduzioni materiche

La disponibilità di un modello digitale 3D completo ad alta risoluzione di ogni scultura rende possibile con le attuali tecnologie di stampa 3D di realizzarne repliche fisiche a qualsiasi scala e in molti tipi di materiale. Negli ultimi anni, le tecniche di stampa 3D sono diventate sempre meno costose e hanno migliorato la loro qualità di stampa. Nel campo dei beni culturali, la stampa 3D avviene spesso utilizzando materiali in polvere, come il gesso, che producono oggetti dall'aspetto sabbioso e dal colore diffuso e opaco, che possono essere eventualmente colorati per rappresentare delle trame di colore definite dall'utente. Nonostante questi materiali siano appropriati per la riproduzione di

sculture in pietra, le loro proprietà ottiche e fisiche limitano la presenza di dettagli fini nelle riproduzioni a piccole scale. Abbiamo pertanto sviluppato dei metodi innovativi che migliorano la riproduzione di colore e forma delle stampanti 3D, per migliorare la percezione dei dettagli attraverso ombreggiature (Cignoni, 2008) e per conservare dettagli fini in repliche in scala (Cignoni, 2010). In Figura 7 vengono mostrati alcuni modelli in gesso alla scala 1:10. La stampante utilizzata è una ZCorp-Z450.



Figura 7 Riproduzione materica. Nuovi metodi di miglioramento delle stampe 3D, descritti in (Cignoni,2008) e (Cignoni, 2010) sono stati ideati ed utilizzati per ottenere delle repliche fisiche con dettagli riconoscibili anche a piccola scala. La figura mostra riproduzioni in scala 1:10.

Conclusioni

L'esperienza del progetto Digital Mont'è Prama rappresenta un notevole esempio di sinergia tra competenze tecnologiche, informatiche e archeologiche. La speranza è che i risultati positivi del progetto possano contribuire a sensibilizzare i soggetti coinvolti nel settore in modo che la digitalizzazione accurata e la valorizzazione attraverso strumenti innovativi del patrimonio culturale diventi prassi diffusa. A tal proposito, la nostra esperienza ci porta a essere convinti che le tecnologie digitali possano rendere l'accesso ai beni culturali sempre più semplice, immediato, e appagante, e che le ricadute

possano essere sempre più positive sia sul piano della conoscenza che sul piano della preservazione.

Ringraziamenti

Il lavoro è stato svolto dallo staff del gruppo Visual Computing del CRS4. Gli autori ringraziano in particolare Jose Diaz, Alberto Jaspe, Giovanni Pintore, Antonio Zorcolo, Roberto Combet, Emilio Merella e Alex Tinti per il supporto tecnico, l'effettuazione della campagna di acquisizione e l'aiuto nella realizzazione delle installazioni museali, così come Katia Brigaglia e Cinzia Sardu per il supporto logistico e amministrativo. Gli autori ringraziano inoltre Marco Minoja, Elena Romoli e Alessandro Usai della Soprintendenza per i Beni Archeologici per le Province di Cagliari e Oristano per il supporto al progetto e la continua collaborazione, e Daniela Rovina, Alba Canu, Luisanna Usai e il personale di Centro di Restauro e Conservazione dei Beni Culturali di Li Punti per il loro aiuto durante la campagna di scansione. Questo lavoro è stato supportato dal progetto UE FP7 290277 (DIVA), dal progetto HELIOS (RAS L7), dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici per le Province di Cagliari e Oristano e dalla Regione Sardegna.

Bibliografia

M. Balsa Rodriguez, E. Gobbetti, F. Marton, A. Tinti. Compression-domain Seamless Multiresolution Visualization of Gigantic Meshes on Mobile Devices. **Proc. ACM Web3D International Symposium**, 99-107, June 2013.

M. Balsa Rodriguez, M. Agus, F. Marton, E. Gobbetti. HuMoRS: Huge models Mobile Rendering System. **Proc. ACM Web3D International Symposium**, 7-16. 2014.

F. Bettio, R. Pintus, A. Jaspe Villanueva, E. Merella, F. Marton, E. Gobbetti. Mont'e Scan: Effective Shape and Color Digitization of Cluttered 3D Artworks. **ACM Journal on Computing and Cultural Heritage**, 8(1), 4:1-4:23, 2015.

M. Balsa Rodriguez, M. Agus, F. Marton, E. Gobbetti. Adaptive Recommendations for Enhanced Non-linear Exploration of Annotated 3D Objects. **Computer Graphics Forum**, 34, 2015. Proc. EuroVis 2015. To appear.

P. Cignoni, F. Ganovelli, E. Gobbetti, F. Marton, F. Ponchio, and R. Scopigno. Adaptive TetraPuzzles - Efficient Out-of-core Construction and Visualization of Gigantic Polygonal Models. **ACM Transactions on Graphics**, 23(3), 796-803, 2004.

P. Cignoni, E. Gobbetti, R. Pintus, R. Scopigno. Color Enhancement Techniques for Rapid Prototyping. **VAST**, 9-16, 2008.

P. Cignoni, R. Pintus, E. Gobbetti, Roberto Scopigno. Shape Enhancement for Rapid Prototyping. **The Visual Computer**, 26(6--8), 831-840, 2010.

G. Cuccuru, E. Gobbetti, F. Marton, R. Pajarola, R. Pintus. Fast low-memory streaming MLS reconstruction of point-sampled surfaces. In **Graphics Interface**, 15-22, 2009.

R. Pintus, E. Gobbetti, M. Callieri. Fast Low-Memory Seamless Photo Blending on Massive Point Clouds using a Streaming Framework. **ACM Journal on Computing and Cultural Heritage**, 4(2), article 6, 2011.

R. Pintus, E. Gobbetti. A Fast and Robust Framework for Semi-Automatic and Automatic Registration of Photographs to 3D Geometry. **ACM Journal on Computing and Cultural Heritage**, 2015.

F. Marton, M. Balsa Rodriguez, F. Bettio, M. Agus, Alberto Jaspe Villanueva, Enrico Gobbetti. IsoCam: Interactive Visual Exploration of Massive Cultural Heritage Models on Large Projection Setups. **ACM Journal on Computing and Cultural Heritage**, 7(2), article 12, 2014.

A. Usai, M. Minoja (a cura di), **Le sculture di Mont'e Prama - Contesto, scavi e materiali**, Gangemi 2014.