

Tecniche innovative per la produzione digitale delle costruzioni in pietra a faccia vista. Il caso del Trullo sovrano in Alberobello. Innovative techniques for digital production of construction stone walls. The case of "Trullo Sovrano" in Alberobello.

Il caso in studio ha esaminato la possibilità di realizzare il modello digitale del Trullo Sovrano in Alberobello, con l'applicazione di nuove tecniche di modellazione tridimensionale.

La restituzione grafica del "parlato architettonico" di strutture complesse, come quelle dei trulli, presenta notevoli difficoltà in gran parte dovute alla particolare conformazione della superficie di copertura, composta di centinaia di "chiancarelle". A tale scopo, si è sperimentato l'utilizzo della tecnica dello Sculpting Digitale, che ha permesso l'implementazione di mesh poligonali simulate l'andamento e la forma dei materiali lapidei presenti.

Tale approccio, inoltre, ha consentito una pipeline molto più fedele al processo di taglio della pietra, mediante un controllo "manuale" simile a quello che il "mastrotrullaro" adotta in fase di costruzione.

The case study test the digital modeling of the "Trullo Sovrano" in Alberobello, by new techniques for 3D modelling.

The graphic rendering of the "spoke architecture" of complex structures, such as those of the trulli, presents considerable difficulties in large part due to the particular shape of the surface coverage, composed of hundreds of "chiancarelle".

To do this, we have experienced technology of Digital Sculpting, which has allowed the implementation of polygonal meshes simulative the performance and shape of the stone materials.

This approach also allowed a pipeline much more faithful to the process of cutting the stone, using a "manual" control like the chisel of the "mastrotrullaro".



Giovanni Mongiello

Ingegnere. Ricercatore, SSD ICAR 17, Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Bari. Docente di Disegno. L'attività di ricerca si è focalizzata sulle nuove forme della rappresentazione digitale applicate al rilievo dei beni culturali. Ha indagato le architetture virtuali presenti nelle piattaforme dei social network e dei videogiochi.



Riccardo Tavolare

Responsabile Tecnico del Laboratorio di Modellazione Architettonica ed Urbana, si occupa di tecnologie di modellazione e computer grafica. Dopo studi e certificazioni in ambito informatico, si specializza negli ambienti di modellazione digitale, approfondendo temi come il compositing video, lo sculpting digitale, il rigging strutturale e VisualFX.



Ornella Chimienti

Laureata in Ingegneria Edile presso il Politecnico di Bari.

Durante il percorso formativo approfondisce le caratteristiche del patrimonio architettonico pugliese e in particolare le costruzioni a cono e in pietra a secco. Nel laboratorio di tesi sperimenta metodi rappresentativi digitali per la modellazione 3D strutturale di tali tipologie edilizie

Parole chiave: sculpting digitale, coperture a cono, trulli, modellazione 3D

Keywords: digital sculpting, conical roof, trullo, 3d modeling

GENESI DELLA TIPOLOGIA

Il campo del rilievo architettonico ha subito negli ultimi anni un cambiamento esponenziale, dovuto principalmente alla capacità di restituire modelli digitali tridimensionali con grande accuratezza. In questo studio si esamina la possibilità di realizzare il modello digitale (3D) del Trullo Sovrano in Alberobello - Bari, con l'applicazione di nuove tecniche di modellazione tridimensionale. Non si può argomentare sull'architettura a trullo senza fare una riflessione sulle regole costruttive con cui questi manufatti sono realizzati. In effetti, si tratta di strutture architettoniche che sono espressione dell'operato di infinite generazioni di contadini e di pastori che, elaborando i loro ragionamenti edilizi, hanno concepito una diversa maniera di edificare le loro abitazioni e strutture a supporto delle specifiche attività [1]. La parola trullo deriva dal greco antico *trullos* (cupola) ad indicare un tipo di costruzione a secco con copertura conica. La nascita dei trulli, risale a qualche secolo fa, quando le grandi proprietà terriere erano in possesso di baroni e enti ecclesiastici. I contadini e pastori occupati nelle terre, avendo bisogno di un posto in cui ripararsi, iniziarono a utilizzare la pietra presente nella zona per costruire a secco dei ripari, dando origine a questa tipologia. Un caso particolare è quello di Alberobello, feudo dei Duchi Caracciolo di Martina Franca fino al 1481, quando divenne feudo dei Conti Acquaviva di Conversano. I feudatari permisero ai contadini di risiedere sul posto e per questo concessero di costruire per loro stessi, delle abitazioni-ricovero rustiche, di forma semplice, in pietra a secco, ma a crudo, cioè con l'assoluto divieto di uso di malta, calce ecc. Così i Conti eludevano la «Prammatica de Baronibus», voluta dagli Aragonesi, che vietava ai baroni di erigere senza il regio benessere, nuovi agglomerati urbani. Le costruzioni in pietra a secco, infatti, potevano essere facilmente demolite in caso d'ispezione [2]. La costruzione della struttura iniziava con l'identificazione del sito e la delimitazione del perimetro che doveva avere la costruzione. Si passava, quindi, a erigere la muratura perimetrale, costi-

tuita da una doppia foderia di blocchi di pietre, riempita al suo interno da pietrisco di risulta con pezzatura più minuta. Se la muratura perimetrale descriveva una forma non circolare, l'ultimo corso della muratura prevedeva agli angoli quattro blocchi di pietra, di forma pentagonale, perfettamente identici, che reggevano la copertura. Questi blocchi sono sporgenti all'interno (fig. 1), dovendo assecondare l'andamento circolare della copertura a cono. Realizzata la parte bassa della costruzione, si passava alla copertura, che nella maggior parte dei casi terminava con il pinnacolo che ha funzioni puramente decorative. La procedura più antica per la costruzione della copertura a cono, ancora oggi, desta notevole interesse per le regole statiche che consentono alla struttura di non crollare sotto il suo peso e che sfrutta il principio dell'arco per scaricare le forze sulla base perimetrale. La composizione del paramento interno della copertura, utilizza solo blocchi di pietra sbazzati a mano, per ottenere il profilo interno del cono inclinato. Il rivestimento esterno viene creato con le chiancarelle o pianche, lastre di pietra di dimensioni varie. Il primo anello veniva posato con una pendenza verso l'esterno, per evitare all'acqua di penetrare all'interno del pacchetto di copertura e conferendo così l'inclinazione ai corsi superiori (fig. 2).

Fig 1. Paramento interno. Raccordo murario con pietra d'angolo.

Fig 2. Posa del primo anello di chiancarelle di copertura.



RICOSTRUZIONE E RAPPRESENTAZIONE DIGITALE
La tipologia edilizia in narrazione, ha caratteri molto particolari, che non risultano essere classificati con lo stesso metro della normale edilizia dei centri storici. Un esame anche superficiale di questi manufatti, evidenzia l'omogeneità della loro compagine costruttiva. Nella vasta letteratura sui trulli, manca una riflessione su questa particolare omogeneità, in quanto, non si è tenuto conto del fatto che l'edilizia a trullo è frutto della cultura materiale che, a differenza dell'edilizia colta, presenta una costanza e ripetitività nelle forme e nelle soluzioni tecniche adottate. Il rilievo della spazialità dei trulli è quindi difficile da realizzare anche con le moderne attrezzature, proprio perché slegata dai canoni formali dell'architettura così detta colta. La rappresentazione di questa tipologia architettonica è realizzata con le tecniche di modellazione solida 3D, in cui si applicano, di fatto, le stesse regole e impostazioni che guidavano la composizione delle scene create dai fotografi, mediante i banchi ottici o le macchine fotografiche e che oggi sono simulate dai più comuni software di modellazione digitale. Il passaggio evolutivo, dalla fotografia tradizionale alla rappresentazione digitale dell'architettura, ha sostituito nell'arco di pochi anni un insieme di soluzioni consolidate e ben collaudate. Questo processo di digitalizzazione ha portato ad un nuovo aspetto, poco considerato, della ripresa digitale di spazi digitali virtuali, di



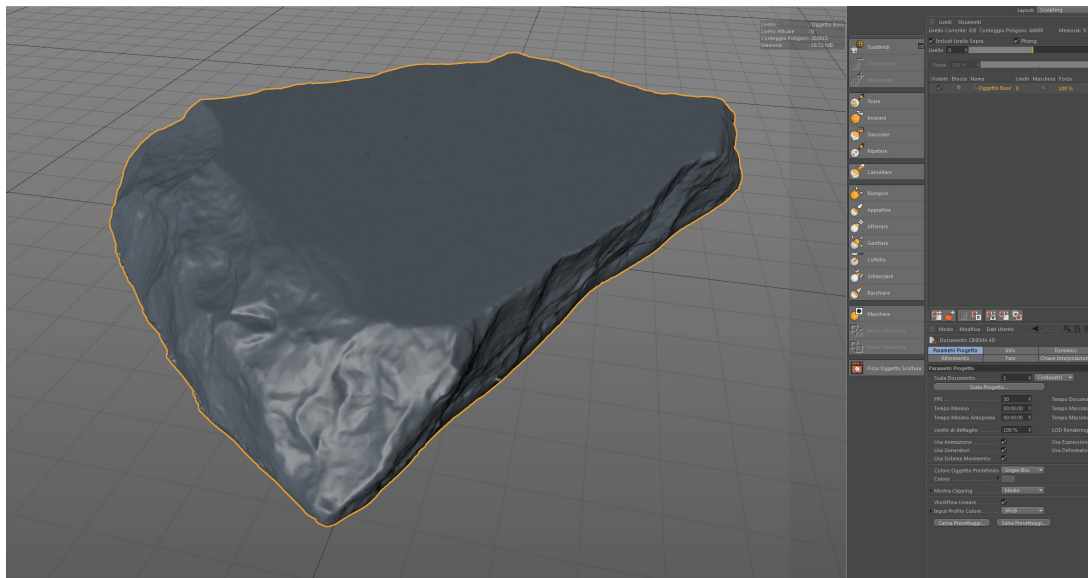


Fig 3. Fase intermedia di modellazione digitale della chianca

modelli tridimensionali nati come digitali e che in questa dimensione hanno mantenuto la propria essenza [3]. Sostanzialmente, si è avuta la smaterializzazione della macchina fotografica, sostituita dai programmi di modellazione e di rendering, dove il tradizionale mirino è stato sostituito dal monitor del computer. In questi dispositivi di ripresa virtuali tutto è possibile: usare illimitati tipi di obiettivi, utilizzare infinite impostazioni di tempi e aperture del diaframma, calarsi completamente in un ambiente virtuale dove l'illuminazione e le condizioni atmosferiche della scena sono scelte dal grafico. Il creativo digitale dovrà comprendere come le infinite posizioni delle luci virtuali possano non dare i risultati migliori se non vengono impostate con sapienza e ripetuti miglioramenti [4]. Passando alla fase della modellazione solida (3D) del trullo, la particolare conformazione della superficie di copertura, composta di centinaia di chiancarelle, presenta notevoli difficoltà. Infatti, nella creazione del modello tridimensionale, non è possibile approssimare la superficie esterna, realizzando un cono liscio e uniforme, perdendo

la caratteristica del paramento in pietra composto dalle chiancarelle lavorate grossolanamente. Per ovviare a tale problema, si è scelto di sperimentare una tecnica di modellazione tridimensionale che consente di emulare la genesi costruttiva di una chianca mediante operatori di Sculpting digitale. Questa scelta è stata motivata dalla notevole difficoltà intrinseca che presenta la realizzazione del modello digitale della copertura conica, costituita da chianche, la cui unicità geometrica deve necessariamente essere riprodotta e conservata per evitare di sintetizzare e snaturare la natura stessa del materiale. A tale scopo, si è utilizzato il software Pixologic Sculptris (software specifico, dedicato alla scultura digitale) e il programma Maxon Cinema 4D. Attraverso lo studio percettivo in ambiente digitale, si è applicata la procedura sopra descritta, mediante taglio e successiva manipolazione poligonale, in aggiunta alle indicazioni che i mastri-trullari utilizzano per la finalizzazione delle chianche. Si è partiti dalla scelta di una geometria parametrica basilare, le cui dimensioni (6 x 35 cm) comprendono quelle della chianca originale.

Mediante la creazione di un rivestimento con mesh poligonale, si è ottenuta una tassellatura dinamica ed una suddivisione in circa 300.000 poligoni, ottimizzati successivamente, mediante estrazione di facce non tracciabili visivamente, a circa 200.000 (fig. 3) Tale numero, ha rappresentato un funzionale compromesso tra capacità di modifica geometrica e peso poligonale del modello, anche nelle successive operazioni di compositing. Mediante operatori di taglio, con strumenti di diametro contenuto, si sono lavorate le facce perimetrali della pietra, simulando così rugosità e disomogeneità proprie del materiale lapideo. Per una delle facce, si è proceduto ad un taglio per una lunghezza di circa 6 cm, in modo da simulare la pendenza necessaria per lo scivolamento delle acque. (fig. 4) Tale procedura è stata reiterata manualmente, quindi senza l'utilizzo di operatori di clonazione, fino ad ottenere un numero sufficiente di chianche per la copertura visiva della sezione rappresentata nella scena digitale.

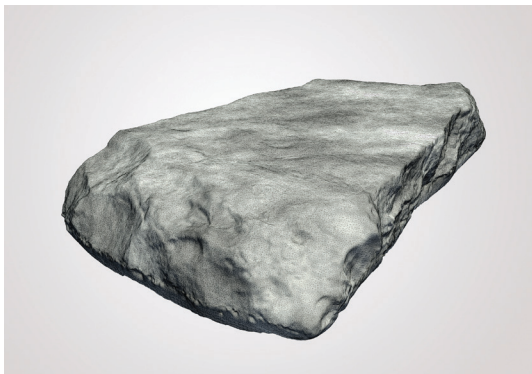


Fig. 4. Fase terminale di modellazione digitale della chianca

Fig. 5. Rappresentazione stratigrafica della sezione (a destra)

La sovrapposizione dei solidi così generati, ha rispettato l'inclinazione reale della pietra di circa 5-6 cm, che, nelle coperture a cono, si rende necessaria per il corretto allontanamento delle acque meteoriche. Il compositing finale, con il resto del modello digitale, costruito tramite tecniche di modellazione solida, è terminato con il posizionamento e la configurazione di fonti luminose e camere virtuali per realizzare una scena di forte impatto comunicativo e rappresentativo, che fornisce all'osservatore immediata percezione della stratigrafia costituente il trullo e consente di registrare la composizione materica che viene, in questo modo, fotografata in modo sintetico, dando risalto alle differenze granulometriche (fig. 5).

CONCLUSIONI

La realizzazione di un modello digitale critico, elaborato con questa metodica, mira a conservare, nella massima integrità, le strutture edilizie storiche, soprattutto per quanto riguarda i loro caratteri più essenziali e qualificanti. Non si deve dimenticare l'alto valore antropologico del patrimonio dei trulli. Le strutture qui considerate, fanno parte del patrimonio dell'umanità, sotto l'egida dell'UNESCO, e questo consente di conservare intatti interi complessi urbanistici, che





presentano compiutezza formale, e sono tali da costituire fatto monumentale nel loro insieme, prima ancora che nei loro caratteri specifici. A tale scopo, questo processo di modellazione digitale consente una riproduzione e conservazione formale e strutturale del patrimonio fisico dei trulli, specie dove, altre tecniche di modellazione digitale, esauriscono le loro potenzialità rivelatrici. L'utilizzo dello Sculpting, inoltre, riveste importanti caratteri formativi anche per il disegnatore, poiché obbligato a ripercorrere le fasi di genesi geometrica degli elementi lapidei così come lavorati dai mastri trullari. Infine, la possibilità di ricreare sezioni tridimensionali consente di approfondire lo studio e, quindi, la conservazione delle tecniche di costruzione originarie, evidenziando l'applicazione di soluzioni strutturali funzionali, sostenibili ed economiche. In sostanza, siamo in presenza di un'edilizia anonima ma allo stesso tempo profondamente tipizzata e legata alla cultura contadina che la ha generata e che, mediante la computer grafica, può essere rappresentata e tutelata in modo più efficace.

NOTE

[1] Mongiello, Luigi, (1992), Trulli e costruzioni a pignone, Adda, Bari, p. 5.

[2] Fumarola, Massimo Pietro, (1990), In Valle d'Itria - Cicerone di me stesso, Fasano Br, pp.46-63

[3] Verdiani, Giorgio, (2013), La composizione e la luce, esperienze presenti di un futuro passato: Disegnarecon, S.I.

[4] Appiano, Ave, (1996), Comunicazione visiva. Apparenza, realtà, rappresentazione, Utet, Torino, p.11

BIBLIOGRAFIA

Spencer, Scott, (2010), ZBrush Digital Sculpting Human Anatomy, Wiley Publishing Inc.

Vaughan, William, (2012), Digital Modeling, Pearson Education Inc.

Mongiello, Luigi, (1992), Trulli e costruzioni a pignone, Adda, Bari

Mongiello, Luigi, (1989), Correlazioni tra funzioni operative e forme architettoniche: Umanesimo della pietra, Martina Franca.

Rohlf, Gerhard, (1963), Primitive costruzioni a cupola in Europa, Leo S. Olschki, Firenze

Arnheim, Rudolf, (2005), Arte e percezioni visiva, Feltrinelli

AA.VV., (2013), Modelli complessi per il patrimonio architettonico-urbano, Gangemi Ed