



MINISTERO PER I BENI CULTURALI ED AMBIENTALI
SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGICA DI POMPEI
INFRASUD PROGETTI (IRI-ITALSTAT)

* * *

PROGETTO POMPEI

PRIMO STRALCIO
UN BILANCIO

* * *

BIBLIOPOLIS

MINISTERO PER I BENI CULTURALI ED AMBIENTALI
SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGICA DI POMPEI
INFRASUD PROGETTI (IRI-ITALSTAT)

PROGETTO POMPEI

PRIMO STRALCIO

UN BILANCIO



BIBLIOPOLIS

MOSTRA

CASINA DELL'AQUILA NEGLI SCAVI DI POMPEI

APPENDICE

Un sistema di simulazione tridimensionale di strutture architettoniche integrate con immagini _____

Immaginate che un artista con molta fantasia e tempo a disposizione, costruisca un modellino in legno di un'antica casa romana di Pompei.

Affinché il prodotto finale sia una adeguata rappresentazione della realtà, egli dovrà definire un grado di dettaglio e di precisione nella costruzione degli elementi architettonici (muri, travi, colonne, tetti, etc.), compatibilmente con la sua fruizione.

Ovviamente potrà mettere in risalto e quindi dettagliare maggiormente alcuni elementi di interesse particolare, mentre altri, ritenuti usuali o poco importanti, potranno essere stilizzati in modo più grossolano.

Immaginate che l'artista, anziché dipingere gli elementi del modello con le tinte che ritiene più appropriate, posseda tutte le fotografie degli elementi della struttura architettonica reale (ovviamente in scala con il modello e ortogonali), e con infinita pazienza, ritagli accuratamente le immagini di tutti gli elementi e le incolli sui corrispondenti elementi del modello: la fotografia di una parete sulla corrispondente parte del modello, la fotografia di una faccia di un travetto sulla corrispondente faccia del travetto del modello, la scanalatura di una colonna sulla corrispondente scanalatura della colonna nel modello, e così via.

Immaginate, infine, una micro-camera fotografica montata su un supporto snodabile e estendibile in grado di farla entrare dentro qualsiasi ambiente del modello e quindi di scattare fotografie da qualsiasi punto di vista accessibile.

Con queste premesse l'obiettivo della micro-camera può paragonarsi all'occhio di un ipotetico osservatore che compia una visita all'interno della casa; egli potrà

avere uno sguardo d'insieme o potrà osservare uno scorcio interessante e inusuale, ad esempio dal tetto, oppure osservare una pittura o un mosaico.

Ovviamente nulla potrà riprodurre le sensazioni della presenza fisica e dell'osservazione diretta, cioè «il calpestare le stesse pietre e respirare la stessa aria», ma queste sono considerazioni soggettive che esulano da questo contesto.

Il modello precedente potrà servire anche per prove di ipotesi di restauro, smontando e rimpiazzando parti di esso e valutando l'effetto globale.

È probabile che costruire e utilizzare adeguatamente un modello siffatto abbia dei costi reali e dei tempi di realizzazione talmente elevati da renderlo praticamente non attuabile.

Ci si può porre a questo punto la domanda se non sia possibile, utilizzando delle tecniche moderne, ottenere gli stessi risultati o altri ancora migliori, in modo più competitivo e generalizzabile.

In altre parole, il proporre un diverso concetto di «modello» come adeguato rappresentante della struttura architettonica reale può essere un aspetto interessante per la fruizione dell'opera e nello studio e nel supporto dell'attività, sempre più urgente, di consolidamento e di restauro.

Visto l'attuale prepotente ingresso delle tecniche informatiche in praticamente tutte le attività umane e quindi anche negli studi architettonici e nella progettazione, e del moderno concetto di «immagine» sintetizzata dal computer, si può parlare di modello geometrico di un oggetto reale e della sua rappresentazione visibile, come di un'astrazione del concetto di modello fisico.

Gli elementi, che in questo lavoro sono i componenti del modello geometrico, ovvero punti, linee, curve e loro composizioni, solidi, poliedri, visti nello spazio tridimensionale, sono rappresentazioni di oggetti che nella nostra esperienza sensoriale sono associati a termini come distanza, lunghezza, altezza, larghezza, spessore.

Infatti, avendo fissato un opportuno punto di riferimento, (origine del sistema), è possibile definire la collocazione spaziale di un generico elemento come insieme di terne di numeri (distanze dagli assi coordinati).

Ad esempio un muro molto semplificato può essere composto da sei faccie, cioè la parete di fronte e quella dietro, la sommità e il fondo, e i due fianchi laterali; in questo caso ciascuna faccia è un poligono definito da quattro punti.

Quindi l'insieme delle sei liste di numeri, ciascuna contenente le coordinate dei punti ordinati secondo l'ordine di percorrenza del poligono, può essere una rappresentazione matematica del muro nello spazio, relativamente al sistema di riferimento prefissato.

Anche oggetti di gran lunga più complessi come colonne e nicchie possono essere

descritti come insieme di poligoni o faccie di dimensioni tali da fornire una approssimazione sufficientemente realistica dell'oggetto fisico.

È molto conveniente trattare gli elementi di questo modello matematico come solidi, perché vi si possono fare operazioni logico-matematiche (unione, intersezione, sottrazione, resezione); ad esempio, una finestra su un muro si può ottenere come sottrazione logica del solido rappresentante la finestra dal solido che rappresenta il muro.

Lo strumento con cui si possono adeguatamente trattare i dati che definiscono questo tipo di modello è ovviamente il computer; infatti la nuova possibilità di interazione uomo-macchina finalizzata allo studio di oggetti reali e ben definiti, ha aperto, già da alcuni anni, nuove prospettive e ha fatto nascere discipline come «la modellazione di solidi» e «l'elaborazione di immagini», già utilizzate pienamente in molte attività e con sviluppi tutt'ora imprevedibili.

Il processo di acquisizione, creazione e sintesi dell'immagine è certamente un aspetto fondamentale delle tecniche informatiche applicate allo studio delle strutture architettoniche. Infatti, se è vero che un'immagine vale quanto mille parole e che può essere «letta» a vari livelli, è anche vero che affinché ciò avvenga è necessario che la rappresentazione della realtà sia immediata e non ambigua comprensione.

Attualmente è possibile con i moderni dispositivi di acquisizione e *monitor video*, rappresentare un'immagine in modo sufficientemente fedele, anche se si tratta sempre di un'immagine discreta (cioè formata da un numero finito di punti di colore o di toni di grigio), e i più recenti sviluppi sono orientati, migliorando sia il *software* che l'*hardware*, alla realizzazione di immagini caratterizzate da grande realismo, come quelle ottenute con tecniche fotografiche.

L'immagine di una struttura architettonica non può prescindere, poiché rappresenta un oggetto nello spazio e non nel piano, da una particolare attenzione alle leggi della prospettiva. Esse sono le leggi che permettono di rendere sullo schermo bidimensionale del *monitor video* gli oggetti tridimensionali, e correttamente utilizzate permettono di rendere completa la leggibilità dell'immagine.

La ricerca condotta dalla Sezione di Informatica del Dipartimento di Scienze Antropologiche, Archeologiche e Storico-territoriali dell'Università di Torino (*), si

(*) L'analisi e lo sviluppo del *software* sono state fatte da A. Michelis, S. Iovacchini, M.R. Cagnazzo e dal sottoscritto, coordinate dal Prof. G. Gullini, sull'elaboratore IBM 4361/4 in ambiente VM/CMS, con stazione grafica 5080.

Il modellatore di solidi, utilizzato nella prima fase della ricerca, fa parte del prodotto CATIA (*Computer Aided Threedimensional Interactive Application*) della *Dassault Systèmes*.

Per il trattamento delle immagini è stato utilizzato il prodotto IAX (*Image Processing System*), gentilmente messo a disposizione dalla Soc. IBM.

Le immagini sono state gentilmente fornite dal Consorzio «Neapolis».

è concretizzata nello sviluppo di un prodotto *software* (un insieme strutturato di programmi), particolarmente mirato alla rappresentazione di strutture architettoniche integrate con immagini digitalizzate, con lo scopo di descrivere e di simulare gli interventi di restauro.

Il processo di formazione del prodotto finale si articola nelle seguenti fasi:

- 1 - rilevamento dei dati geometrici e delle immagini e costruzione dei relativi archivi
- 2 - costruzione del modello geometrico
- 3 - integrazione delle immagini con il modello
- 4 - visualizzazione.

1 - Il rilevamento delle informazioni da fornire in ingresso al sistema è sempre, nel campo informatico, un aspetto critico. Infatti nella fase di analisi del problema, precedente il rilevamento, è necessario definire il livello di dettaglio e di conseguenza il grado di precisione delle misure che si intendono effettuare sulla struttura.

Il livello di dettaglio deve essere compatibile con il modo di utilizzo del prodotto finale; in questo caso sbagliare può portare, da una parte, ad avere un modello eccessivamente grossolano e non soddisfacente, e dall'altra parte, ad utilizzare un modello talmente ricco di informazione, ma purtroppo difficilmente gestibile (in termini di tempi di calcolo, e di utilizzo di risorse *hardware*) e quindi praticamente non utilizzabile al pieno delle sue possibilità.

Nulla impedisce, però, di produrre diversi modelli per rappresentare la struttura o parte di essa, con differenti livelli di dettaglio, ponendo quindi in evidenza particolari di pregio che altrimenti sarebbero eccessivamente stilizzati.

Il rilevamento dei dati che costituiranno la geometria degli elementi del modello, può essere effettuata con le tecniche tradizionali (distanziometro, rotella, etc.) o preferibilmente con le tecniche fotogrammetriche (fotografie stereoscopiche che permettono di ottenere le coordinate spaziali dei punti dell'oggetto rappresentato). Queste ultime hanno l'ulteriore vantaggio di consentire la restituzione dell'informazione nel luogo di lavoro e quindi di poter essere più efficacemente controllabili.

Il risultato del rilevamento, comunque effettuato, deve essere un insieme di numeri opportunamente identificati in modo univoco come rappresentanti degli elementi della struttura.

A questo punto, programmi che trattano la geometria e che definiscono matematicamente i solidi, o meglio ancora, l'utilizzo, come è stato fatto nella prima fase della ricerca, di un prodotto *software* di modellazione di solidi, permettono di costruire l'archivio geometrico, che sarà utilizzato nelle fasi successive.

Per quanto concerne la restituzione delle immagini degli elementi della struttura, bisogna distinguere tra immagini di parti di specifico interesse, come pittura su pareti e mosaici, da quelle che non possiedono questa caratteristica, come intonaco di restauro su parete o un muro indifferenziato di pietre o un travetto di sostegno di copertura.

Tutte devono possedere il requisito di essere immagini di un elemento piano non distorte dalla prospettiva, e in questo caso sono molto utili strumenti come l'ortoproiettore che è in grado di restituire immagini ortonormali, ma mentre le prime devono essere esattamente collocate sulle faccie del modello a cui corrispondono nella realtà, le seconde possono essere immagini (tessiture) generalizzate, opportunamente composte e trattate, tali da poter essere applicate ai relativi elementi del modello, quali che siano le loro dimensioni, senza per questo mancare di realismo.

Infatti, ad esempio, l'applicazione di una porzione della stessa immagine di parete costituita da pietra grezza, su tutte le pareti del modello con la stessa caratteristica, sempre quando queste non siano di particolare interesse, porta ad un notevole risparmio di tempi umani e di calcolo, senza perdere significativamente di fedeltà.

2 - Del modello geometrico si è già accennato precedentemente; si può solo ribadire che esso può essere composto di varie parti trattabili separatamente e che possono essere riunite quando questo risulti necessario. Infatti, i tempi di calcolo, che per questo tipo di processi sono notevolmente lunghi, possono essere resi più accettabili operando una frammentazione delle parti che di volta in volta si intende visualizzare.

Inoltre, l'utilizzo di un prodotto *software* di modellazione, specie se utilizzato interattivamente, risulta essere un valido strumento di supporto alla costruzione del modello.

3 - L'integrazione delle immagini con il modello geometrico viene fatta in modo analogo, con le dovute distinzioni, a quello dell'ipotetico artista che ritagli le immagini e le applichi sulle corrispondenti parti del suo modello in legno.

Si tratta di stabilire un'equivalenza tra entità differenti, come la generica faccia del modello geometrico, misurata in millimetri o in metri, comunque in modo continuo, con un'altra entità, immagine digitalizzata, che è costituita da un insieme discreto di punti (*pixel*).

In pratica, una generica faccia viene riempita con l'immagine della tessitura o, se si vuole, una generica faccia viene presa dallo spazio tridimensionale nel quale è definita, e, applicata sull'immagine piana, ne ritaglia una parte.

Questa operazione viene ripetuta per tutte le facce del modello utilizzando tessiture diverse secondo le categorie delle facce.

Alcune indicazioni numeriche: la sola travettatura che sostiene la copertura del peristilio della *Casa del Menadro* è formata da quasi mille facce, ciascuna di esse ritagliata dall'immagine *standard* di una trave, e le pareti delle stanze prospicienti lo stesso peristilio sono formate da oltre settecento facce, e infine una generica *insula*, priva di qualsiasi intervento di restauro, quindi con i soli muri grossolanamente stilizzati, alcune migliaia di facce.

I tempi di calcolo per produrre una visualizzazione delle parti precedenti variano dall'ora di tempo reale per i primi due esempi, alle cinque-dieci ore nell'ultimo esempio, dell'elaboratore utilizzato.

Per quanto riguarda la collocazione delle immagini proprie, cioè quelle che devono occupare un posto esattamente definito nel modello, è necessario fornire al sistema le coordinate di tre punti qualsiasi della faccia nello spazio e i corrispondenti tre punti nel piano dell'immagine. Se questo è fatto correttamente, l'immagine si sovrapporrà totalmente o in parte sulla tessitura eventualmente già collocata sulla faccia.

4 - La visualizzazione del modello integrato con le immagini implica la simulazione, nel piano bidimensionale dello schermo, della ricollocazione nello spazio tridimensionale delle facce trattate, in modo che l'immagine globale che ne risulta restituisca all'osservatore la sensazione di vedere un oggetto reale.

Tutto ciò si ottiene applicando ad ogni punto dell'immagine della faccia trattata le leggi matematiche della prospettiva definita per quella particolare visualizzazione.

È anche ovviamente necessario tener memoria della distanza dall'osservatore dei suddetti punti, in modo che sia possibile ad un'altra faccia più vicina, coprire parzialmente o interamente quella più lontana, proprio come avviene nella realtà.

A questo punto il modello geometrico è stato trasformato in un'immagine costituita da un numero più o meno visibile di facce «colorate» con tessitura o immagini proprie, le quali subiscono tutti gli effetti di ricoprimento e deformazione prospettica implicite nell'osservazione umana di un oggetto reale.

In conclusione, questa tecnica permette, oltre alla visualizzazione del modello da qualsiasi punto di vista (inclusi punti che nella realtà sono impossibili, come da sotto il livello del terreno), di valutare l'effetto sull'intero complesso, di operazioni che, se effettuate nella struttura, sarebbero distruttive, come l'eliminazione di un muro, o di un colonnato per poter osservare in un solo colpo d'occhio le pareti dipinte che altrimenti sarebbero parzialmente coperte dalle colonne.

In particolare l'intervento di restauro può essere notevolmente avvantaggiato dal fatto di poterlo vedere applicato e di poterlo modificare più volte, fino ad ottenere un risultato soddisfacente.

Sono tutt'ora da rendere operative le tecniche di trattamento efficiente del colore e della simulazione dell'illuminazione, in particolare delle ombre portate, che dovrebbero completare questo modesto contributo dell'informatica, disciplina moderna che può concorrere a meglio comprendere l'antico.

CLAUDIO MASIERO



