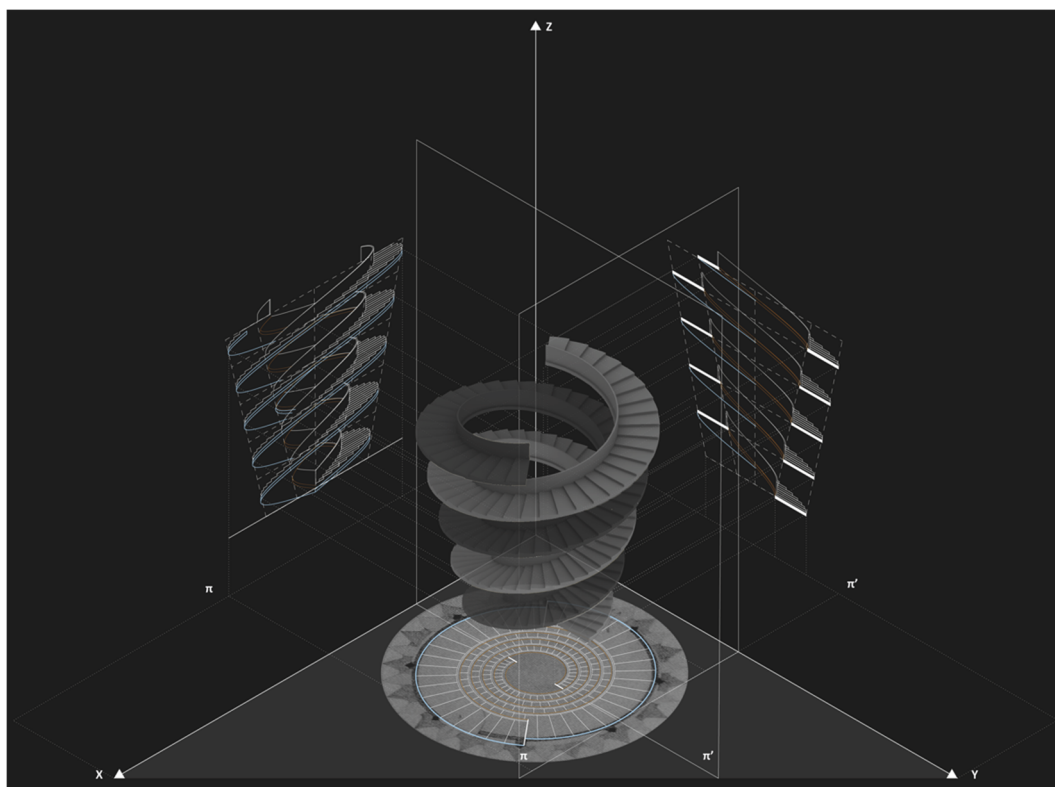




Modellazione generativa e patrimonio culturale: un approccio metodologico alternativo

Antonio Calandriello (1); Giuseppe D'Acunto (2)

(1) DICEA, Università degli Studi di Padova; (2) Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia



Assonometria del modello digitale della scala di Giuseppe Momo realizzato attraverso la modellazione algoritmica.
Elaborazione digitale di Enrico Caldo.

Abstract

Lo studio qui proposto vede l'applicazione della 'modellazione generativa' come strumento di analisi applicato ad alcuni manufatti di epoche diverse, nello specifico scale e rampe, che hanno come denominatore comune lo sviluppo elicoidale del proprio intradosso. La 'modellazione algoritmica' o 'modellazione generativa' negli ultimi anni sta suscitando sempre maggiore interesse all'interno del mondo dell'architettura e del design come potente mezzo di progettazione capace di concatenare modifiche e automatizzare i processi in una modellazione definita non distruttiva. Contemporaneamente, rappresenta uno straordinario mezzo di analisi e di verifica. Le superfici elicoidali, che nei secoli hanno caratterizzato alcune complesse configurazioni formali di diverse architetture, risultano, vista la loro complessa genesi geometrica, particolarmente complicate da modellare in ambiente digitale. Lo studio ha previsto la modellazione degli elicoidi generativo attraverso la progettazione di specifici algoritmi che sono stati poi verificati e utilizzati come strumento di analisi per il Cultural Heritage, applicandoli ai casi studio individuati..

Keywords

modellazione generativa; modellazione parametrica; analisi; algoritmi generativi; modellazione 3D; sintassi spaziale.

1. Introduzione

La modellazione algoritmica o modellazione generativa è un tipo di modellazione digitale che produce dei modelli tridimensionali attraverso l'uso di algoritmi generativi. L'algoritmo generativo (o generativo della forma) si definisce tale quando il risultato di una sequenza di algoritmi, che dialogano tra loro, ha come output una geometria più o meno complessa. Si distingue dalla modellazione parametrica in quanto quest'ultima si caratterizza per il ruolo centrale dei dati iniziali, che assumono la funzione di 'parametri' nella configurazione geometrica di un modello tridimensionale generato attraverso l'uso di algoritmi (Tedeschi 2011, p. 17).

I vantaggi che hanno i software che adottano tali strategie di modellazioni 'non distruttive' sono molteplici: è possibile creare dei modelli con superfici molto complesse che è possibile modificare agendo su alcuni parametri numerici; si possono provare soluzioni diverse molto velocemente; si possono creare efficientemente oggetti appartenenti ad una stessa categoria (o 'famiglia' per utilizzare un termine afferente al mondo BIM); si possono riutilizzare porzioni di 'definizioni', ovvero schemi di costruzione per geometrie simili, riducendo notevolmente i tempi di modellazione; si hanno a disposizione diversi strumenti di analisi relativamente a curve e superfici. Nonostante ciò, la modellazione parametrica ha dei limiti che riguardano principalmente gli strumenti a disposizione per poter realizzare e modificare le geometrie desiderate.

Nel caso specifico del presente studio, i limiti in questione, usati come premessa per le successive considerazioni metodologiche, riguardano la creazione degli elicotidi. Infatti, all'interno della maggior parte dei software di modellazione queste superfici non sono disponibili come 'primitive', ma è possibile creare le stesse superfici partendo dalle loro curve direttrici: le eliche. Tuttavia, alcune di queste curve sghembe non sono presenti sotto forma di 'strumento' all'interno degli stessi software, come ad esempio le eliche coniche a passo variabile, questo costringe l'utente ad una laboriosa costruzione grafica partendo dalle sue due proiezioni ortogonali. Va da sé che questa soluzione è estremamente *time consuming* e costringe l'utente a ripartire da zero per apportare eventuali modifiche allo sviluppo della curva e, successivamente, della superficie. La modellazione generativa viene incontro a questa esigenza rivelandosi estremamente efficace e versatile.

Questa modulabilità viene sfruttata nel presente studio per analizzare tre scale elicoidali appartenenti a tre edifici di differente epoca: la scala del Bramante (1444-1514) e la scala di Giuseppe Momo (1875-1940) entrambe ai musei Vaticani e la scala del Minareto di Jam realizzata nel 1190 circa. In sostanza, questi tre casi studio rappresentano tre tipologie diverse di elicotidi, tutti a piano direttore ma con diversi elementi generatori, con sviluppo costante nei primi casi e variabili nell'ultimo.

2. Studio geometrico delle scale

La scala del Bramante è stata realizzata, su

commissione di Giulio II, a partire dal 1507 e poi conclusa dopo la morte dell'architetto nel 1514. La rampa doveva collegare l'allora Cortile delle Statue e la villa di Innocenzo VIII, senza attraversare il Palazzo Apostolico e il cortile del Belvedere. Bramante realizza una scala elicoidale cilindrica a passo costante il che lo costringe a non poter modulare l'altezza delle colonne secondo i precetti vitruviani. Le schiere di colonne di ciascun ordine si susseguono in una vertigine continua a gruppi di 8 per ciascuno stile, variando il diametro dei fusti man mano che si sale. Dall'analisi grafica è emerso che l'elicoidale sotteso alla rampa, per via della rastremazione dei fusti, ha una doppia direttrice: un'elica cilindrica esterna e un'elica conica interna. Quest'ultima fa riferimento alla trabeazione che si avvolge lungo un'elica conica a passo variabile e conseguentemente si sviluppa sulla superficie di un cono il cui vertice è rivolto verso il basso. Invece, le basi delle colonne, nella parte rivolta verso i gradini, seguono l'andamento di un'elica ancora una volta cilindrica a passo costante, questo permette alla rampa di mantenere inalterata la pendenza. Per la definizione dell'algoritmo, che si vedrà di seguito, si utilizza quest'ultima elica insieme con quella esterna come curve direttrici dell'elica cilindrica sottesa alla rampa.

Nel 1929 papa Pio XI affidò a Momo il compito di progettare un nuovo accesso ai Musei Vaticani direttamente da Viale Vaticano. Scavando un volume conico all'interno del terrapieno del bastione cinquecentesco, Momo collocò al suo interno una scala elicoidale a doppia rampa. Il tronco di cono ha il vertice rivolto verso il basso, questa soluzione ha un doppio vantaggio: resiste maggiormente alle pressioni del terreno e la luce, proveniente da un lucernario posto a copertura del 'pozzo', permette di illuminare in maniera uniforme il vano. Gli elicotidi hanno come direttrici due eliche coniche a pendenza variabile e passo costante, che aumenta con il rastremarsi del diametro del cono. Per assecondare la pendenza, Momo, riduce la pedata dei gradini laddove le pendenze diventano più ripide.

L'ultimo caso è rappresentato dalla scalinata del minareto di Jam. Risalente al 1190 circa, è alto 65 metri e si trova in una profonda valle dove confluiscono i fiumi Hari e Jam, nella regione di Shahrak (Afghanistan). La struttura è caratterizzata da due tronchi di cono coassiali sovrapposti. Nel cono inferiore trova posto una doppia scala elicoidale che conduce, con i suoi 35 metri di sviluppo verticale, alla torre superiore. La scala si può sintetizzare in un doppio elicoidale le cui direttrici sono due eliche coassiali a passo variabile che si sviluppano sulla superficie del tronco di cono inferiore.

3. Gli algoritmi

Acquisite le caratteristiche geometriche dei manufatti si è proceduto alla progettazione degli algoritmi che hanno permesso di analizzare e ricostruire tridimensionalmente le rampe elicoidali in oggetto. Una delle proprietà della modellazione generativa è quella di poter facilmente preservare, senza distruggere, una porzione di 'definizione' che genera la forma che è quella comune, ed invariata, a

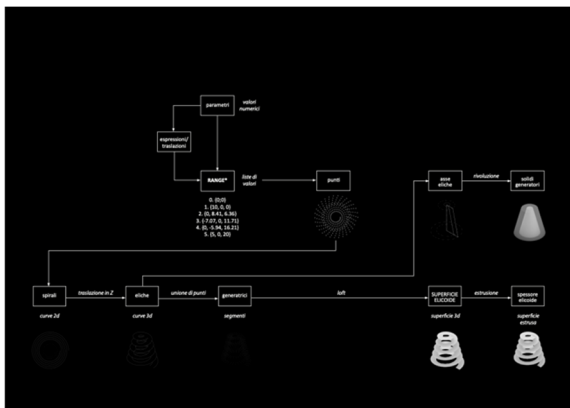


Figura 1. Workflow della definizione dell’algoritmo. Elaborazione digitale di Enrico Caldo.

tutti gli algoritmi utilizzati. Individuata la strategia di lavoro e stabiliti i parametri numerici, si è proceduto con la costruzione dell’algoritmo. La differenza tra i vari algoritmi finali consiste principalmente nella fase di riordino dei dati, che vengono riorganizzati in sottoinsiemi definiti ‘range’ (fig. 1).

Come primo *output* di questo riordino si ottiene una griglia di punti che darà origine alle curve piane (spirali e circonferenze) prime proiezioni mongiane delle eliche. La struttura degli algoritmi è sintetizzabile in cinque punti: i parametri (numeri); lo sviluppo dei dati in *range* (numeri e punti); l’identificazione delle curve (curve piane e gobbe); identificazione delle superfici; modello finale.

Gli algoritmi finali hanno permesso di coprire una vasta gamma di elicoidi, ben oltre di quelli necessari all’analisi, e nello specifico: elicoidi cilindrici, conici a passo costante e variabile con asse verticale, elicoidi conici a passo costante e variabile e con asse obliquo (fig. 2). Successivamente sono stati applicati ai casi studio e verificato quanto il manufatto architettonico, nel suo modello geometrico desunto da un rilievo diretto, si discostasse dal modello digitale ideale.

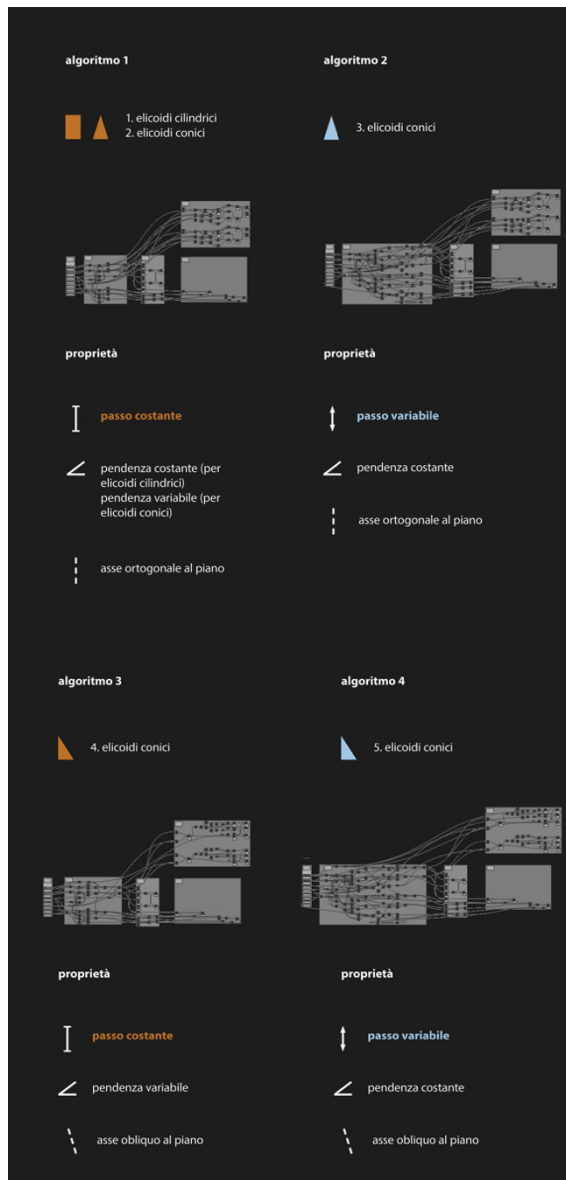


Figura 2. Schema riassuntivo degli algoritmi e delle rispettive caratteristiche. Elaborazione digitale di Enrico Caldo.

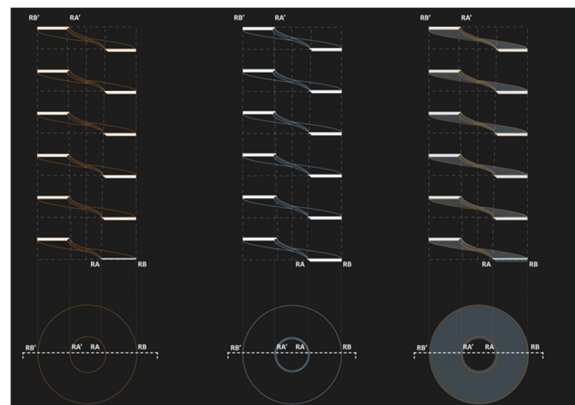


Figura 3. Schema comparativo tra il ridisegno della scala del Bramante (in arancione) e il modello digitale ottenuto dalla modellazione generativa (in azzurro). Elaborazione digitale di Enrico Caldo.

4. Conclusioni

La ‘modellazione generativa’, che solitamente viene utilizzata come strumento progettuale, ha dimostrato la sua efficacia e adattabilità anche come strumento di analisi applicato al Cultural Heritage. Dall’analisi è emerso come il modello digitale della scala del Bramante sviluppato con gli algoritmi sopra descritti, essendo anche la più semplice (elicoide cilindrico a passo costante), sia molto fedele al rilievo metrico-formale dell’opera (fig. 3). Per la scala di Momo emerge che se il progettista si è mantenuto fedele al modello ideale dell’elicoide per quanto concerne il passo e la pendenza, non ha fatto lo stesso per gli elementi ‘accessori’ come gradini e parapetto. La rampa si allarga nella parte inferiore e superiore, probabilmente per questioni legate ad adattamenti progettuali (fig. 4). Nel minareto di Jam, la rampa elicoidale rispetta i dettami geometrici solo parzialmente, specificatamente nella parte

iniziale per poi disperdersi verso l'alto. Il passo variabile risponde solo parzialmente alle variazioni logaritmiche sottese all'elicoide conico a passo variabile (fig. 5).

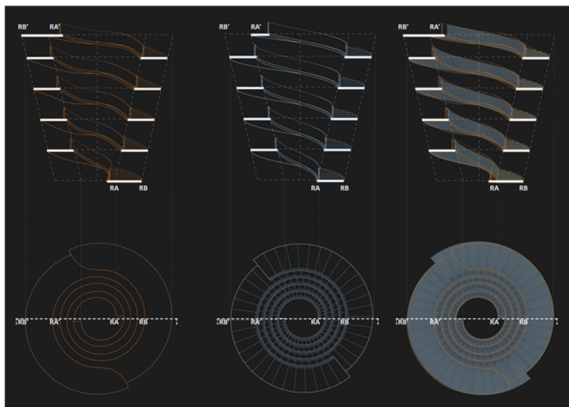


Figura 4. Schema comparativo tra il ridisegno della scala di Momo (in arancione) e il modello digitale ottenuto dalla modellazione generativa (in avio). Elaborazione digitale di Enrico Caldo.

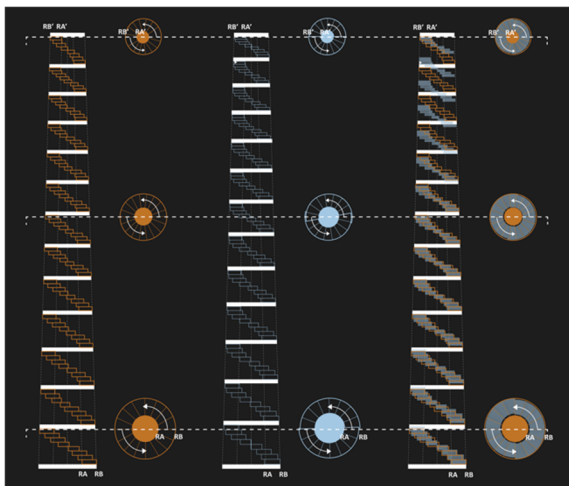


Figura 5. Schema comparativo tra il ridisegno della scala del minareto di Jam (in arancione) e il modello digitale ottenuto dalla modellazione generativa (in avio). Elaborazione digitale di Enrico Caldo.

Bibliografia

Tedeschi, A., 2011. *Architettura parametrica. Introduzione a Grasshopper*, II edizione. Potenza: Le Pensur.

Biografia degli autori

Antonio Calandriello

DICEA, Università degli studi di Padova; antonio.calandriello@unipd.it.

Antonio Calandriello, Phd in Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura (*curriculum* Disegno), è professore a contratto per il SSD ICAR17 – Disegno presso l'Università di Padova. Ha svolto attività di didattica sui temi della rappresentazione e rilievo dell'architettura in diversi atenei tra cui l'Università Iuav di Venezia e la VIU - Venice International University. La sua attività di ricerca si concentra principalmente sui temi della rappresentazione e rilievo di architettura, sulla storia e metodi di rappresentazione e sui temi delle ricostruzioni digitali in campo archeologico.

Giuseppe D'Acunto

Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia; dacunto@iuav.it.

Giuseppe D'Acunto (Salerno 1973), architetto, PhD in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente, professore ordinario per il SSD ICAR17 – Disegno presso l'Università Iuav di Venezia. Dal 2002 svolge un'intensa attività didattica sui temi della rappresentazione in diversi Atenei italiani ed esteri tra cui, oltre all'Università Iuav di Venezia, la School of Public Works di Yaoundé, il Politecnico di Milano, l'Università degli Studi di Bergamo e l'Università degli studi di Napoli Federico II. L'attività didattica e quella di ricerca sono dedicate principalmente a i temi riguardanti la rappresentazione, dai fondamenti e applicazioni della geometria descrittiva alla storia dei metodi della rappresentazione.