

Modellazione tradizionale e CAD

2.1 La Modellazione 3D

2.1.1 Il ruolo dei modelli nella progettazione

Probabilmente i modelli hanno alle spalle una storia più che millenaria ma è nel Rinascimento che essi assumono una funzione importante nella comunicazione del progetto. A partire dal '400 si assiste ad una notevole produzione di modelli utilizzati per comunicare il progetto ai committenti; i materiali utilizzati erano vari a seconda delle parti da modellare: veniva usato il legno, per i modelli più grandi, ma anche l'argilla o la cera per i dettagli o addirittura dei metalli preziosi per modelli più ridotti o destinati ai "grandi" del tempo. Praticamente per ogni progetto importante, non solo a carattere religioso, si arrivò a produrre molteplici modelli d'insieme e di dettaglio.

Alcuni grandiosi e spettacolari sono arrivati fino a noi in ottimo stato di conservazione e sono visibili tuttora in alcuni musei. I modelli lignei vennero utilizzati anche nei concorsi di progettazione: Brunelleschi si aggiudicò la commessa per la Cupola del Duomo di Firenze presentando un grande modello in legno e mattoni per dimostrare la sua capacità di costruirla senza nessuna armatura. Successivamente, il Brunelleschi si aggiudicò la realizzazione della lanterna dello stesso Duomo con un modello estremamente dettagliato dell'opera (serviva di guida e controllo per il lavoro degli operai) vincendo la concorrenza di altri architetti partecipanti al concorso, anche essi, con splendidi modelli. Anche per Leon Battista Alberti la mente concepiva la "idea del progetto" ma solo i disegni e poi il modello potevano migliorare e perfezionare questa idea, inevitabilmente imperfetta, fino ad una sua compiuta realizzazione.

La qualità del modello assunse dal '500 un'importanza maggiore e gli artigiani vennero sempre più impegnati nella realizzazione di modelli completi e dettagliati che servissero da guida e copia nell'esecuzione. Per la Basilica di San Pietro a Roma, furono prodotti numerosi modelli in legno tra i quali uno, del Sangallo, così grande da poterlo osservare anche dall'interno.

Da allora - anche se le tecniche di rappresentazione grafica sono diventate più efficaci e complete per il lavoro corrente del progettista - il modello del progetto ha conservato sempre una importanza decisiva per comunicare al committente (spesso incapace di "sintetizzare" e comprendere le idee contenute nei disegni tecnici) i contenuti formali e funzionali dell'oggetto progettato. Anche un disegno prospettico - per quanto ben fatto - non riesce, sia nel campo ingegneristico o del design che nel campo architettonico a comunicare che una pallida idea di quanto si andrà a realizzare.

Il modello "fisico", al contrario, permette anche al committente, più digiuno di disegno tecnico, di osservare e valutare in anticipo il progetto non solo dal punto formale, ma anche da quello sostanziale e pratico: nell'architettura può meglio individuare le caratteristiche distributive e funzionali delle varie parti, valutare difficoltà e costi; nel design può valutare ogni caratteristica dell'oggetto (ci possiamo, per esempio, sedere in un prototipo di auto) e così via.

Oggi, per il costo e le valide alternative esistenti, non si realizzano più modelli di grande dimensione, come ad esempio il ricordato modello del Sangallo, anche se i campi di applicazione continuano ad essere tanti: modelli di studio volumetrici, strutturali, urbanistici, topografici a curve di livello, ecc. Essi, però, sono sempre eccessivamente semplificati ed effimeri in quanto spesso realizzati prima che il progetto assuma una matura e completa definizione: modificare un modello o passare ad una scala più dettagliata significa un nuovo investimento in tempo e risorse economiche, spesso improponibile. Anche le viste fotografiche di un ottimo modello tradizionale - di uso

ampiamente generalizzato nella documentazione - sono qualcosa di completo e definitivo, che può essere solo fruito, non elaborato o trasformato: bastano poche visibili differenze per rendere le foto inutilizzabili.

Foto ravvicinata di modello fisico moderno. (Scala 1:500)

2.1.2 I modelli virtuali

I modelli “digitali” 3D siano essi numerici (*mesh*) o matematici (*NURBS*), al contrario, permettono nuovi ruoli e modalità nell’utilizzo della creatività progettuale come, anche, nella successiva esecuzione dell’opera. Con le tecnologie digitali il modello non è qualcosa di definitivo, ma è un processo che comincia con l’acquisizione delle informazioni di base, procede con l’elaborazione di quelle informazioni, con la ricerca e la sperimentazione delle varie soluzioni, produce molteplici output di vario genere: su monitor, su carta, su pellicola, su file da sottoporre ad ulteriore elaborazione, ecc. fino ai modelli fisici realizzabili automaticamente per mezzo di macchine a controllo numerico (*rapid prototyping*). Mano a mano che l’idea si concretizza e definisce, in ogni dettaglio (anche il più particolareggiato), diviene sempre più capace di generare e sostituire ogni tipo di disegno o immagine ottenuta con metodi tradizionali, mantenendo, per di più, le sue caratteristiche di modificabilità ed integrabilità. Alle viste fotografiche “virtuali” , in questo caso, sarà piuttosto semplice apportare modifiche e correzioni: aggiornare o sostituire particolari, aggiungere elementi ambientali, cambiare materiali, colori, illuminazione. Il disegnatore cad, “*fotografo virtuale*”, (poichè per un bel rendering 3d occorrono buone competenze fotografiche) potrà realizzare una immagine il più possibile vicina alla realtà, od, anche, effetti pittorici, spettacolari, poco realistici, in grado di sostituire – con vantaggio – qualsiasi prospettiva eseguita con metodi grafici tradizionali.

Esempio di scenografia realizzata con programma Cad 3D

La creazione di modelli 3D è, però, ben più complessa del disegno cad 2D e richiede, anche, tempi più lunghi ed una collaudata metodologia di lavoro. Ma essa offre gli indubbi vantaggi già ricordati: alla fine del lavoro si disporrà di un vero e proprio *modello completo di ogni dettaglio*, visualizzabile (anche dinamicamente) da un qualsiasi punto di vista, ombreggiabile realisticamente, ecc., senza perdere nessuna delle opportunità offerte dal disegno bidimensionale. Sarà possibile, infatti, generare automaticamente viste 2D come piante, prospetti, ecc. nelle scale più opportune, generare automaticamente tutte le viste assonometriche e le sezioni necessarie, generare - sempre automaticamente - dettagli costruttivi, abachi e tabelle di analisi tecnica, e quanto altro possa servire per la realizzazione.

Esempio di vista prospettica di modello 3D. (Sala per spettacoli)

2.1.3 La modellazione tridimensionale CAD

Per facilitare la creazione e la visualizzazione dei modelli, nel CAD 3D si può passare alle diverse viste parallele e prospettiche utilizzando comandi diversi. Le possibilità previste (ad esempio in Autocad) sono:

- *Visualizzare le proiezioni parallele scegliendo viste 3D reimpostate.*

- *Specificare dinamicamente una vista 3D o digitando le coordinate del PV punto di vista.*
- *Visualizzare una proiezione parallela del modello in base al piano XY dell'UCS corrente.*
- *Visualizzare in prospettiva da qualunque angolo e distanza.*
- *Visualizzare le proiezioni parallele e prospettiche in modo interattivo.*

La modellazione tridimensionale può essere di tre tipi diversi: **wireframe**, **di superficie** e **solida**. Ogni tipo di modellazione prevede tecniche di creazione e modifica specifiche. Un'oggetto wireframe è una descrizione di base essenziale: non contiene alcuna superficie ed è costituito solo da punti, linee e curve che descrivono gli spigoli. Un modello di superficie oltre agli spigoli contiene anche la definizione della superficie stessa. Un'oggetto solido è definito tipologicamente all'origine dal modellatore di solidi.

In genere, è possibile convertire i solidi in superfici e le superfici in modelli wireframe, ma non è possibile convertire i modelli wireframe in superfici e le superfici in solidi. Poiché ciascun tipo di modellazione prevede metodi diversi di costruzione e modifica risulta complicato, se non impossibile, combinare tipi di modellazione diversi.

- **Modellazione solida:**

E' il tipo di modellazione 3D più facile da utilizzare ma anche la più limitata. Con il modellatore di solidi (comando *Disegna > Solidi*) è possibile creare alcune forme 3D di base, solitamente: **Cono**, **Cilindro**, **Sfera**, **Cuneo** e **Anello** (Toro). I solidi così creati possiedono anche proprietà fisiche (massa, peso, centro di gravità ecc.). Per creare solidi più complessi è necessario ricorrere ad operazioni booleane unendo più forme: aggiungendole o sottraendole oppure trovandone il volume di sovrapposizione: comandi *Modifica solidi > Unisci*, *Modifica solidi > Sottrai*, *Modifica solidi > Interseca* (i pulsanti sono disponibili anche nella relativa barra). E' sempre possibile suddividere i solidi in mesh od oggetti wireframe oppure tagliarli in due parti ed effettuare sezioni trasversali 2D.

- **Modellazione wireframe:**

La modellazione wire-frame viene definita anche modellazione per spigoli perché consiste nel rappresentare un oggetto fisico attraverso i suoi soli spigoli. Essa consente di creare dei modelli wireframe - in pratica uno scheletro di un oggetto 3D ottenuto attraverso linee e curve - posizionando gli **Oggetti 2D** (piani) in qualsiasi punto dello spazio 3D immettendo direttamente le coordinate 3D. Le informazioni contenute sono soltanto quelle relative alle entità geometriche elementari. Le operazioni di disegno sono più laboriose poiché i singoli oggetti devono essere disegnati e posizionati in modo indipendente e richiede pratica ed esperienza. Si possono disegnare direttamente, anche, alcuni oggetti wireframe 3D: **Polilinee 3D** (linea di tipo *Continua*) e le **Spline**. Impostando la relativa variabile UCS si può definire il piano sul quale si intende disegnare l'oggetto; eventualmente, copiando e spostando si può ottenere la posizione corretta voluta. La progettazione in wireframe richiede una buona confidenza col sistema di visualizzazione, selezione degli oggetti, uso degli snap ad oggetto, ecc.: è sempre molto utile pianificare ed organizzare, preventivamente, le geometrie di costruzione del modello stesso ed abituarsi a manipolare continuamente il sistema UCS in 3D.

- **Modellazione di superfici:**

E' più sofisticata rispetto della modellazione wireframe poiché oltre agli spigoli, prevede anche la definizione delle superfici di un oggetto 3D. Il modellatore definisce le superfici sfaccettate mediante un reticolo poligonale o mesh. Poiché le facce della mesh sono piane, essa può fornire solo una rappresentazione "*approssimativa*" delle superfici curve.

1. **Superfici sfaccettate o mesh.**

La **mesh** (rete in inglese) disegna la superficie come un'insieme di facce piane. Una matrice di $M \times N$ vertici, quindi, stabilisce il numero delle facce di una **mesh rettangolare** ove M e N

indicano rispettivamente il numero di colonna e di riga di ogni vertice da definire. Per una **mesh poliedrica** si devono fornire le coordinate dei vertici della faccia e quindi definire ogni faccia indicando un numero per tutti i relativi vertici. Le mesh possono essere, ad esempio, utilizzate per realizzare un modello topografico 3D di un terreno difficilmente ottenibile in altro modo. Si possono ottenere mesh in vari modi: utilizzando i relativi comandi 3D, per facilitare il procedimento di disegno, oppure fornendo direttamente al programma i parametri ed i punti della mesh.

Si possono, anche, creare mesh di superficie tra due oggetti già disegnati: essi definiscono i limiti della superficie rigata così ottenuta. I due oggetti possono essere linee, archi, cerchi, ellissi, archi ellittici, polilinee 2D, polilinee 3D o spline. Gli oggetti specificati (entrambi aperti o entrambi chiusi) possono anche essere punti ma solo per uno dei due lati.

2. Superfici di Coons

Sono superfici (mesh) con una curva in direzione M e un'altra in direzione N, ottenute interpolando tra quattro "spigoli" formanti una sequenza chiusa. Gli spigoli possono essere costituiti da linee, polilinee, spline o archi purchè condividenti i punti finali.

Si possono creare dei solidi 3D - con dettagli e raccordi difficili da realizzare altrimenti - anche con semplici operazioni, come le seguenti, da eseguire su entità 2D disegnate in precedenza:

Solido di rivoluzione. Simulazione del noto Vaso di Pier Della Francesca

- **Solidi da rivoluzione**

Con il modellatore di solidi (comando *Disegna > Solidi > Rivoluzione*) è possibile creare ogni forma 3D ottenibile dalla rotazione di un profilo intorno ad un asse definito sul piano di lavoro UCS corrente. Il comando può essere utilizzato per polilinee (chiuso), poligoni, rettangoli, cerchi, ellissi e regioni, ma non per gli oggetti 3D o quelli riuniti in un blocco. Si può ottenere la completezza, o meno, della rotazione indicando un dato angolo.

- **Solidi da estrusione**

Con il modellatore di solidi (comando *Disegna > Solidi > Estrusione*) è possibile creare ogni forma 3D ottenibile dalla traslazione di un profilo lungo una traiettoria definita sul piano di lavoro UCS corrente. Il comando può essere utilizzato per polilinee (chiuso), poligoni, rettangoli, cerchi, ellissi, spline (chiuso), anelli e regioni, ma non per gli oggetti 3D o quelli riuniti in un blocco. Il vettore di direzione (traiettoria) può essere una linea o una polilinea 2D o 3D aperta. Con l'estrusione si ottiene una serie di poligoni paralleli (mesh) disposti lungo il percorso specificato. Oltre alla traiettoria da compiere o altezza (ad esempio, di una parete) si può definire, anche, un'angolo di rastremazione. Ovviamente, un oggetto non può avere altezze diverse in punti diversi.

Prima di utilizzare un'insieme di linee, archi, ecc. nelle due operazioni precedenti è necessario convertire il tutto in un'oggetto unico polilinea o trasformarlo in una regione.

2.1.4 Dal disegno 2D al 3D

Solitamente i disegni tecnici che compongono le tavole 2D contengono molte informazioni non necessarie - ad esempio dettagli, retini, testi, quote, arredi, ecc. - che ostacolano e complicano il lavoro di costruzione del modello tridimensionale elettronico

Nel creare il modello 3D, è sempre possibile, comunque, partire da un disegno tecnico 2D completato secondo le norme UNI ma sarà necessario **epurarlo preventivamente** di tutto il "superfluo": il disegno da utilizzare come base di partenza dovrà contenere soltanto gli elementi che possono essere direttamente estrusi o che definiscono oggetti indispensabili come, ad esempio pareti, pavimenti e solai, scale, strutture atipiche, ecc. Per epurazione preventiva si intende una

definitiva cancellazione di tutte le entità geometriche non necessarie e non il loro semplice spostamento su un layer inattivo: la presenza di queste entità (anche se non visibili) continuerebbe, infatti, ad appesantire il file e ad ostacolare il lavoro successivo sul modello tridimensionale. E' preferibile, quindi, che il lavoro di progettazione proceda come un processo ad albero e che si diramino (salvando tutti gli *stadi di avanzamento* più importanti) due serie di file separate per il 2D ed il 3D.

Prima di procedere nella costruzione del disegno 3D è necessario controllare che tutte le superfici da estrarre siano composte da polilinee chiuse. Se non si è proceduto, fin dall'inizio, a disegnare la pianta con *polilinee* ma con *rette separate* non si potranno ottenere dei solidi ma soltanto dei piani. Nella seconda ipotesi è necessario accertarsi col comando **CH** se vi sono segmenti separati e polilinee non chiuse passando poi a convertirle: il comando **Edita > Oggetto > Polilinea** consente, infatti, di modificare rette ed archi convertendoli in polilinee come quelle necessarie.

(Giorgio Rossetti*)

(Le parti precedenti e successive sono disponibili per il download nella sezione **Punto CAD**)

* Il Prof. Rossetti è docente di Architettura presso il Liceo Artistico Statale DeChirico di Roma ed è raggiungibile all'indirizzo e-mail giorgio_rossetti@fastwebnet.it