

Il disegno e la progettazione col personal computer

Parte quinta

1.5 Le Viste CAD (segue dalla parte quarta)

1.5.1 La Generazione delle immagini

Le trasformazioni geometriche giocano un ruolo importante nella generazione delle viste (immagini bitmap bidimensionali da inviare allo schermo o alla stampante). Nei programmi di modellazione vengono usate per esprimere la posizione degli oggetti l'uno rispetto agli altri e per realizzare l'effetto di differenti punti di vista e/o direzioni nella visualizzazione stabilita (vista frontale, assonometria, prospettiva, ecc.). Come abbiamo ricordato, è necessario per motivi di costruzione degli oggetti nello spazio la definizione di uno o più sistemi di riferimento utente (ad esempio, l'utente sceglie su quale dei tre piani XY, YZ o ZX disegnare); il programma stesso si occupa della trasformazione dalle coordinate dal sistema dell'utente al sistema di riferimento del programma. Per la trasformazione, l'algoritmo di visualizzazione definisce il sistema di coordinate relativo all'osservatore della scena (l'origine del sistema coincide con la posizione dell'occhio dell'osservatore). Nel visualizzare l'immagine sullo schermo il programma verifica, in base ai parametri forniti dall'utente, quale parte del disegno risulta visibile. La vista sul piano dello schermo viene ottenuta proiettando i vertici di tutte le facce che compongono gli oggetti presenti mediante le rette che congiungono i vertici con l'origine del sistema dell'osservatore.

Per ottenere una *Vista prospettica*, quindi, basta che l'utente definisca la distanza tra il punto di osservazione e lo schermo e la direzione di visione perpendicolare allo schermo. Il rapporto tra la distanza dell'osservatore dal piano di proiezione e le dimensioni dello schermo definiscono l'ampiezza del campo visivo; un rapporto piccolo corrisponde ad un campo visivo molto ampio (in pratica si ha lo stesso effetto dell'uso di un obiettivo grandangolare), un rapporto elevato corrisponde ad un campo visivo ristretto (teleobiettivo). L'*Assonometria* è trattata come un caso particolare di proiezione prospettica in cui la distanza tra il punto di proiezione è molto maggiore delle dimensioni dello schermo, tanto da poter supporre che i raggi di proiezione siano paralleli tra loro e perpendicolari allo schermo. Alcuni programmi di grafica supportano separatamente il caso di proiezioni parallele e delle proiezioni prospettiche vere e proprie.

Viste in Pianta, Prospetto e Assonometria (Minicad)

Dopo l'applicazione delle trasformazioni di visualizzazione le reti tridimensionali che costituiscono gli oggetti presenti nella scena vengono visualizzate come se le facce che le compongono fossero trasparenti. Questo tipo di visualizzazione, che si chiama *Wireframe*, può creare difficoltà nella interpretazione spaziale del modello soprattutto se la scena è composta da molti oggetti. Per ovviare a tale problema i programmi di grafica tridimensionale danno all'utente la possibilità di utilizzare comandi che consentono di eliminare dalla scena le linee nascoste, cioè quei segmenti che sono invisibili perché coperti da altre facce che si trovano più vicine all'osservatore.

- *Eliminazione delle linee nascoste (Hide)*: Viene eseguita utilizzando le informazioni relative al sistema di riferimento dello schermo successivamente ad una trasformazione prospettica, cui viene aggiunta una terza coordinata che tiene conto della profondità relativa dei vertici degli oggetti presenti nella vista stabilita. In questo modo la trasformazione viene effettuata solo sulla parte della scena effettivamente visibile riducendo il tempo di calcolo (che, spesso, è piuttosto lungo e complesso). In alcuni programmi l'eliminazione delle linee nascoste viene eseguita contemporaneamente alla rasterizzazione dell'immagine, cioè nel momento in cui viene calcolata l'intensità dei singoli pixel che compongono lo schermo. In questo caso il tempo di calcolo dipende dal numero di pixel che compongono l'immagine ed è indipendente dalla complessità della scena.
- *Ombreggiatura (Shade)*: Una volta identificate le facce visibili di un oggetto, il processo di ombreggiatura produce una colorazione (in base agli attributi stabiliti) di tali superfici in modo da aumentare il realismo della scena visualizzata.

L'ombreggiatura di una superficie dipende da due fattori: le proprietà della luce che illumina la scena e le proprietà dell'oggetto:

Proprietà delle luci:

- Luce ambiente: È una luce diffusa, graduabile come intensità e colore, che colpisce tutte le facce degli oggetti senza variazioni di intensità.
- Luce lontana: Anche essa graduabile, ha le stesse caratteristiche della luce solare e quindi la sua intensità su ogni superficie varia a seconda dell'orientamento.
- Luce puntiforme: Anche essa graduabile, ha i raggi luminosi, diffusi in tutte le direzioni, che si attenuano man mano che ci si allontana dalla sorgente luminosa.

Proprietà delle superfici:

- Componente ambientale : La luce viene riflessa dalla superficie con uguale intensità in tutte le direzioni, il colore della luce diffusa è quello della superficie.
- Riflessione diffusa : La luce proveniente da una sorgente puntiforme viene diffusa con uguale intensità in tutte le direzioni. Il colore della luce diffusa è quello della superficie e l'intensità dipende dall'orientamento della superficie rispetto alla direzione dei raggi luminosi.
- Riflessione speculare : La luce proveniente da una sorgente puntiforme viene riflessa con un angolo di riflessione uguale a quello di incidenza, l'intensità dipende dalla posizione dell'osservatore rispetto alla direzione del raggio riflesso, il colore della luce riflessa dipende dalle caratteristiche della superficie. Per casi di superficie perfettamente speculare (un metallo cromato) la luce ha lo stesso colore di quella incidente.

La caratteristica della componente ambientale è quella di produrre una colorazione uniforme di tutte le superfici visibili: una sfera appare come un disco uniformemente colorato. L'aggiunta della componente diffusa provoca la variazione della illuminazione delle superfici visibili in dipendenza del loro orientamento: una sfera appare sfumata con una zona maggiormente luminosa nel punto della sfera che unisce il suo centro con la posizione della sorgente. La componente speculare rappresenta una zona di luce intensa, dello stesso colore della luce incidente, concentrata attorno al punto di impatto del raggio incidente.

Resa fotorealistica in una Sezione prospettica

Per ridurre il tempo di calcolo sono state sviluppate alcune modalità tipiche di ombreggiatura che partono dal principio che la scena tridimensionale è composta da serie di poligoni. Le ombreggiature possibili sono:

- Costante : Si suppone che la sorgente di luce sia all'infinito; in questo modello si stabilisce la direzione della luce e automaticamente viene calcolata su ogni faccia (in base al suo orientamento) l'intensità di illuminazione. Il solido appare sfaccettato.
- Gouraud : A partire dagli orientamenti delle facce che concorrono in un singolo vertice, viene ricavato l'orientamento del vertice rispetto alla sorgente di luce e quindi l'intensità di luce corrispondente ad ogni vertice della faccia. L'intensità luminosa di ogni punto della faccia viene quindi calcolata per interpolazione lineare delle intensità dei vertici lungo ogni lato e poi tra i lati lungo ogni linea di scansione. Tale algoritmo consente di eliminare le discontinuità dell'ombreggiatura costante, ma non la percezione di bande più chiare o più scure.
- Phong : L'algoritmo di Phong, che consente di ridurre ulteriormente l'effetto banda, consiste nel calcolo del vettore normale in ogni punto del poligono mediante interpolazione lineare dei vettori normali relativi ai vertici e quindi lungo la linea di scansione. L'intensità luminosa viene quindi calcolata per ogni punto a partire dal vettore normale relativo al punto in questione. Questo algoritmo, sebbene richieda calcoli più complessi rispetto a quello di Gouraud consente di ottenere una migliore approssimazione della curvatura delle superfici ed una resa migliore della luce riflessa.

1.5.2 La resa foto-realistica

La funzione Ombreggiatura (Shade) non risolve tutti i problemi di una resa foto realistica delle viste realizzate poiché parte da una descrizione, per così dire, molto semplificata degli oggetti e corrispondente ai soli attributi definiti durante il relativo tracciamento. Le versioni più recenti dei Cad 3D, comunque, dispongono di una funzione di **Resa realistica (Rendering)** che, a fronte di un maggior tempo di elaborazione ed attesa, restituiscono immagini nettamente migliori. Questa opzione permette di registrare e stampare immagini con risoluzioni e dimensioni definite dall'utente e che, ovviamente, come immagini bitmapped, possono essere anche post elaborate con i programmi

Paint editor. Buona parte del lavoro di progettazione può essere svolto con il solo aiuto di verifica fornito da questo tipo di visualizzazione, ma se si vuole sostituire una buona prospettiva professionale con una vista tridimensionale realizzata automaticamente dal programma, l'effetto ottenuto (troppo freddo e schematico) è largamente insufficiente. In questo caso è necessario rivolgersi a programmi più completi di modellazione tridimensionale, come **3D Studio, Lightscape** o altri con analoghe caratteristiche, che permettono di raggiungere risultati molto migliori attraverso un completo controllo delle caratteristiche delle superfici (materiali), delle luci e delle atmosfere, etc.. Le opzioni di **Esportazione + Importazione** (Export + Import) assicurano la migrazione del disegno realizzato verso i programmi specializzati nella creazione di immagini foto realistiche (che analizzeremo in una trattazione successiva) dove sarà possibile procedere ad una post elaborazione. Come abbiamo ricordato, il file di scambio che permette una trasmigrazione (completa tra programmi Autodesk, limitata in altri casi) di quanto disegnato è un file proprietario della Autodesk con estensione .DXF. Riguardo alle operazioni di (Export + Import) si ricordino, anche, le possibilità di post elaborazione offerte dai Draw Editors o da parte di altri programmi che possano leggere la codifica **.DXF** e **.WMF**.

Resa fotorealistica con Lightwave

Il primo passo per una resa più realistica è la migliore definizione delle superfici; essa, in programmi di grafica tridimensionale, si ottiene attraverso la scelta, da parte dell'utente, del tipo di materiale con cui è fatto l'oggetto da rappresentare:

Definizione dei materiali: La funzione richiede che siano forniti dall'utente una serie di parametri che indichino l'aspetto ed il comportamento ottico dell'oggetto a seconda del tipo di sorgente di luce. Oltre ai parametri legati al colore della luce diffusa o riflessa dall'oggetto, è necessario, per esempio, definire il grado di brillantezza della superficie (il legno è meno brillante della plastica). Da quanto sopra è evidente la complessità delle diverse indicazioni da fornire al programma per la resa realistica dei vari materiali. Al fine di facilitare l'operazione, i programmi di modellazione sono forniti di librerie, più o meno estese, di materiali già definiti e direttamente utilizzabili dall'utente. La superficie dell'oggetto può essere anche ricoperta da immagini bitmapped preregistrate: in questo caso è possibile simulare effetti quali mattone, marmo, ferro, pietra grezza, ecc., oppure ottenere effetti di materiali ricoperti da una trama tridimensionale (ad esempio è possibile simulare un tessuto).

I programmi più sofisticati ammettono anche la trattazione di materiali trasparenti, la cui definizione è particolarmente complessa in quanto richiede che venga definita la caratteristica di trasmissione del materiale in funzione dello spessore dell'oggetto, il quale risulterebbe altrimenti completamente invisibile. Per riprodurre il fenomeno della rifrazione - che come è noto provoca una deviazione del raggio di luce all'interno del mezzo trasparente - sono indispensabili funzioni di ombreggiatura più complesse come il *Ray tracing*.

1.5.3 Il Ray tracing

Gli algoritmi di ray tracing permettono di tracciare i raggi di luce, emessi dalla sorgente, durante tutto il loro percorso fino all'occhio dell'osservatore tenendo conto di tutti i fenomeni fisici che la luce subisce nel percorso (riflessioni, diffusioni, rifrazione). La funzionalità di ray tracing fornisce una immagine estremamente realistica della scena, ma, ovviamente, richiede tempi di calcolo estremamente lunghi e tali da renderla, in pratica, inutilizzabile su computer di scarsa potenza. Quando nella scena sono presenti sorgenti di luce diverse dalla componente ambiente, la resa della scena non può mai considerarsi realistica se non sono considerate le ombre che la presenza di un oggetto produce sugli altri oggetti. L'algoritmo di generazione delle ombre è dello stesso tipo di quello utilizzato per la rimozione delle superfici nascoste. Viene prodotta una scena tridimensionale, vista da ognuna delle sorgenti di luce, che consente di definire per ogni sorgente la zona d'ombra corrispondente ad ognuno degli oggetti presenti nella scena. Al momento della rasterizzazione l'intensità di ogni pixel viene determinata tenendo conto della quantità di luce che colpisce l'oggetto, cioè non vengono considerati i contributi di quelle sorgenti di luce rispetto alle quali il punto rappresentato risulta compreso nella zona d'ombra.

Ray tracing di un'ambiente virtuale

I programmi di CAD, in genere, non supportano la definizione delle ombre in quanto non necessarie nella resa della scena per gli scopi del programma che sono essenzialmente di tipo progettuale; la presenza delle ombre, infatti, può provocare una cattiva interpretazione di alcuni particolari. Al contrario, tutti gli algoritmi più complessi di Rendering foto realistico sono normalmente integrati nei pacchetti più evoluti e specifici (ad esempio i ricordati 3D Studio o, meglio ancora, Lightscape entrambi della Autodesk) i quali consentono anche la realizzazione di Animazioni

(sequenze di immagini) che, ovviamente, richiedono un elevato realismo della scena. E', naturalmente, affidata alla sensibilità dell'operatore la gestione dei parametri in gioco a seconda del risultato finale che si vuole ottenere e a seconda del tempo prevedibile per le elaborazioni.

1.5.4 La creazione degli sfondi

L'ambientazione delle viste viene realizzata dai programmi Cad 3D su uno sfondo vuoto ove solo gli oggetti tracciati compaiono "galleggianti" nello spazio. Per eliminare questo effetto sono possibili solo due strade:

- La creazione di una scena circostante il più estesa e reale possibile. Ciò, mentre non crea grandi problemi nel caso di ambienti interni, richiede una progettazione aggiuntiva - anche di dettaglio - riguardante zone di cui non era previsto lo studio. In genere, nel caso di esterni, ci si limita alla progettazione delle immediate vicinanze dell'edificio (marciapiedi, terrazzamenti, ecc.). In tal modo, si riesce a ridurre notevolmente l'effetto sopra descritto ma non si risolve completamente il problema. Le immagini realizzate saranno simili alle eventuali riprese fotografiche di un plastico tradizionale mentre per un vero effetto foto realistico è necessario estendere la scena fino all'orizzonte visibile.
- L'applicazione di un fondale adatto al soggetto o alla scena realizzata. Il procedimento (un vero e proprio fotomontaggio) è molto semplice: il tempo per realizzarlo come l'effetto ottenuto dipendono soltanto dalla disponibilità di fondali adatti e dalla abilità e sensibilità artistica dell'operatore. In pratica il programma aggiunge automaticamente una foto o uno sfondo (già realizzati e registrati su disco come bitmapped) nelle parti non occupate dagli oggetti presenti a video dopo il processo di rendering. E' evidente come particolare attenzione dovrà essere posta nel controllo dell'effetto prospettico e come spesso sia necessario ricorrere ad artifici per nascondere zone di immagine con alberi, personaggi, ecc. esattamente come si fa, spesso, nel caso di prospettive tradizionali.

Applicazione di un fondale (immagini bitmapped)

Un'altra possibilità di miglioramento viene messa a disposizione dall'uso di immagini di sfondo ottenute da alcuni programmi particolari (o moduli aggiuntivi) che consentono la **Modellazione automatica dei terreni** a partire dalle informazioni planimetriche sugli stessi (curve di livello, presenza di fiumi o laghi, boschi, ecc.). In genere è sufficiente, per ottenere ottimi risultati, servirsi di informazioni planimetriche simili - anche se non esattamente uguali - a quelle della zona su cui si deve ambientare il modello. Questo tipo di programmi consente, partendo da file di descrizione .DEM (disponibili per molte zone del globo), di realizzare immagini di sfondo in cui si può non solo controllare risoluzione, dimensione del quadro e punto di vista ma anche introdurre speciali atmosfere (caratteristiche della stagione, ora del giorno, presenza di nebbia, ecc.). La particolarità di questi programmi e la metodologia di lavoro necessaria meritano una successiva trattazione a parte.

Modellazione automatica di un terreno

1.5.5 La registrazione delle immagini

Da quanto detto in precedenza è chiaro che le immagini prodotte in modo foto realistico sono di tipo bit mapped e come tali vengono registrate nei formati tipici (.GIF, .TGA, .JPG ecc.) e non nel formato proprietario (.DWG per il programma AutoCad); esse possono, quindi, essere successivamente utilizzate o rielaborate in altri programmi di tipo Paint (ed eventualmente, dopo conversione, in altri programmi di tipo Draw), oppure utilizzate in presentazioni a video (come serie di diapositive) ed in animazioni di tipo realistico che simulano un percorso intorno od attraverso la scena rappresentata. La dimensione e la risoluzione delle immagini è definita dall'utente al momento del rendering, insieme alle altre caratteristiche da utilizzare per il processo (tipo di ombreggiatura, presenza o assenza delle ombre, tipo delle sorgenti di luce presenti nella scena, materiali utilizzati, ecc.). Per quanto riguarda le animazioni realistiche del modello 3D, che sicuramente costituiscono una delle presentazioni più suggestive e spettacolari, è possibile stabilire il numero dei fotogrammi (determina la durata dell'animazione) ed il movimento relativo della foto camera (punto di vista) rispetto agli oggetti presenti in modo tale da simulare una vista dinamica particolarmente efficace. Il numero di fotogrammi da realizzare ovviamente condiziona l'effetto ma anche il dispendio di memoria e di tempo necessario per realizzarle.

1.5.6 La Presentazione del progetto

La presentazione del progetto, sia destinata a pratiche burocratiche, che al cantiere per la costruzione o, infine, al committente (spesso digiuno di problemi tecnici) per la sua approvazione, ha un'importanza sempre maggiore e deve essere gestita in modo completo ed organizzato. Nei programmi di Cad 3D più recenti sono, quindi, integrati potenti moduli aggiuntivi grazie ai quali è possibile realizzare quasi tutto, dalla semplice rappresentazione dei disegni tipici tradizionali (Piante, Prospetti, Sezioni, Particolari, ecc.) alla vista assonometria o prospettica più o meno realistica. Ciò non solo al termine dei lavori di progettazione ma in qualsiasi momento durante l'intera fase progettuale; in qualsiasi momento, fin dal primo "schizzo iniziale", è possibile visualizzare rapidamente il "disegno" in un'immagine "plastica" visibile da qualsiasi punto di osservazione. E' possibile verificare immediatamente, attraverso tabelle create automaticamente, tutti i parametri essenziali (superfici e volumi; natura, numero e costo degli elementi da mettere in opera, ecc.).

Spazio carta (Paper space) in Autocad 2500

Nello spazio carta si possono preventivamente comporre e visualizzare gli elaborati finali come verranno stampati comprensivi di varie viste, tabelle di componenti, blocchi di testo esplicativi, testatine, ecc. Come abbiamo ricordato le versioni più complete e recenti dei programmi Cad sono perfettamente integrate nei vari servizi del Sistema operativo Windows compresa un agevole comunicazione con tutte le applicazioni eventualmente utili della Suite di Office (Excel per i conteggi e le statistiche, Word per la creazione dei testi molto lunghi o necessari di cura particolare nella formattazione, Powerpoint per le presentazioni a video del progetto e delle animazioni, ecc.). Tra i tanti servizi disponibili nelle ultime versioni, infine, è da sottolineare la possibilità di invio, attraverso la Rete Web, dell'intero progetto o di parti di esso. (G. Rossetti *)

*(Le parti precedenti 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*