

Nuovi quaderni di Applicazioni della Geometria descrittiva

①

Collana diretta da Riccardo Migliari

Comitato Scientifico

Andrea Casale, Stefano Cinti Luciani, Marco Fasolo,
Graziano Valenti, Camillo Trevisan

Riccardo Migliari

Geometria dei modelli

Rappresentazione grafica e informatica
per l'architettura e per il design

Appendice di Massimiliano Ciammaichella

EDIZIONI KAPPA

Riccardo Migliari

Geometria dei modelli

Rappresentazione grafica e informatica
per l'architettura e per il design

HANNO COLLABORATO

Marco Gaiani

per i paragrafi dedicati
alle superfici *mesh*

Anna De Santis

per la bibliografia

Clelia Ialongo

per i disegni della Parte terza

Rodolfo Migliari

per i modelli di figura 4 e 136

PROGETTO GRAFICO
E IMPAGINAZIONE

Blu omelette

COORDINAMENTO EDITORIALE
ED EDITING

Tiziana Fiorucci

STAMPA

Tipolitografia CSR

Via di Pietralata 157
00158 Roma

CD ROM

Il CD allegato contiene i programmi
di modellazione think3 (*thinkdesign*,
thinkreal e *thinkshape*) in versione
demo. I docenti e gli allievi delle scuole
di ogni ordine e grado possono ottenere
le licenze che abilitano la piena
funzionalità di questi programmi.

Per ulteriori informazioni:

info.it@think3.com

COPYRIGHT 2003

Edizioni Kappa

Via Silvio Benzo 2
00177 Roma
Tel 0039 06 273903
Fax 0039 06 2147053

Prefazione	7
Parte prima. Concetti introduttivi	13
Introduzione	14
I modelli dell'architetto e del designer	14
Fasi della costruzione di un modello	15
Caratteristiche del modello	17
Le viste	18
Gli enti geometrici	20
Enti geometrici fondamentali	20
Enti geometrici dello spazio proiettivo o ampliato	20
Enti geometrici generati dal movimento di un punto	22
Enti geometrici generati dal movimento di una linea	23
Simbologia	24
Il piano di lavoro	25
Operazioni per la visualizzazione del modello	26
Proiezione da un centro di un punto	26
Proiezione da un centro di una retta	27
Proiezione da una direzione di un punto e di una retta	30
Proprietà delle figure che non variano nella proiezione	31
Prospettività	32
Omologia piana	34
Omologia speciale	35
Omologia affine	36
Omotetia	36
Traslazione	37
Proiezione nei modelli informatici	37
Operazioni per la costruzione del modello	38
Traslazione di un piano nello spazio	38
Rotazione di un piano o ribaltamento	38
Omologia di ribaltamento	39
Intersezione	40
Intersezione di due superfici	41
Intersezione di due piani	41
Intersezione di una linea e una superficie	41
Intersezione di una retta e di un piano	41
Operazioni di ricostruzione nello spazio dell'oggetto rappresentato	43

Parte seconda. La costruzione dei modelli	45
Due passi nella storia	46
Modelli ottenuti per proiezione parallela: la doppia proiezione ortogonale	50
Costruzione degli enti geometrici fondamentali	52
Punti	52
Rette	53
Piani	54
Rappresentazione di piani, rette e punti in posizioni particolari	55
Piani proiettanti in prima proiezione	55
Piani proiettanti in seconda proiezione	55
Piani di profilo	56
Rette frontali	56
Rette orizzontali	56
Punti appartenenti al primo e secondo piano di proiezione e alla linea di terra	56
Principali operazioni di sezione	57
Retta intersezione di un piano generico con piano proiettante	57
Sezioni principali del piano: frontale, orizzontale e retta	57
Punto intersezione di una retta con un piano	60
Retta intersezione di due piani	61
Principali operazioni di misura	64
Misura dell'angolo di pendenza di una retta	64
Misura dell'angolo di pendio di un piano	69
Misura di una figura piana	70
Costruzione di una figura piana	73
Costruzione di enti geometrici tra loro perpendicolari	73
Rappresentazione di una linea grafica	76
Descrizione delle linee curve nei modelli grafici	76
Descrizione delle linee curve nei modelli informatici	81
Rappresentazione del cerchio come sezione conica	87
Il teorema di Dandelin	88
Relazione fra cerchio ed ellisse	90
Modelli ottenuti per proiezione parallela: l'assonometria	94
L'assonometria ortogonale	96
Impostazione diretta della assonometria ortogonale	98
Costruzione delle scale assonometriche	102

L'assonometria obliqua	103
Estensione del teorema di Pohlke	105
Assonometria militare	106
Assonometria cavaliera	109
Assonometria speciale	113
Modelli ottenuti per proiezione da un centro: la prospettiva	114
Costruzione del modello prospettico frontale	114
Rappresentazione di una retta del geometrico obliqua rispetto al quadro	118
Introduzione alla misura: segmenti di rette perpendicolari al quadro	121
Costruzione del modello prospettico d'angolo	125
Misura dell'asse x	128
Costruzione e significato del cerchio di misura	130
Soluzione dei problemi di inaccessibilità	133
Tracce inaccessibili	133
Fughe inaccessibili	134
Costruzione e misura degli angoli	134
Costruzione dell'angolo di pendenza di una retta	134
Costruzione dell'angolo di pendio di un piano	137
Misura dell'angolo di pendenza di una retta	138
Ribaltamento di un piano proiettante	138
Misura dell'angolo di pendio di un piano	139
Costruzione di rette e piani inclinati	140
Costruzione di una retta di data pendenza	140
Costruzione di un piano di dato angolo di pendio	140
Costruzione di enti geometrici perpendicolari	141
Costruzione della prospettiva del cerchio	142
Costruzione dell'omologia tra prospettiva del cerchio e suo ribaltamento	144
Proiezione del cerchio in un'ellisse	146
Proiezione del cerchio in una parabola	147
Proiezione del cerchio in un'iperbole	147
Rette limite dell'omologia	147
Conclusione	149

Parte terza. I modelli di linee e superfici	151
Linee speciali: spirali, volute, eliche	152
Spirali	152
Volute	153
Eliche	156
Superfici e loro sezioni piane	158
Classificazione delle superfici	159
Rappresentazione delle superfici	160
Contorno apparente	160
Superfici primitive	162
Sfera	162
Costruzione della sfera in doppia proiezione ortogonale	163
Costruzione della sfera in assonometria ortogonale	164
Costruzione della sfera in assonometria obliqua	165
Costruzione della sfera in assonometria militare	166
Costruzione della sfera in prospettiva	166
Sezioni piane della sfera	168
Sezione della sfera in doppia proiezione ortogonale	168
Sezione della sfera in assonometria obliqua	172
Cilindro	174
Costruzione del cilindro in doppia proiezione ortogonale	175
Costruzione del cilindro in assonometria ortogonale	176
Costruzione del cilindro in assonometria obliqua	177
Sezioni piane del cilindro	179
Sezione del cilindro in doppia proiezione ortogonale	180
Sezione del cilindro in assonometria obliqua	182
Cono	184
Costruzione del cono in doppia proiezione ortogonale	185
Costruzione del cono in assonometria ortogonale	186
Costruzione del cono in assonometria obliqua	188
Sezioni piane del cono	188
L'ellisse sezione del cono	189
La parabola sezione del cono	192
L'iperbole sezione del cono	194

Superfici di rivoluzione	196
Costruzione di una superficie di rivoluzione	197
Sezioni piane delle superfici di rivoluzione	198
Sezione del toro	200
Modanature o superfici di traslazione	202
Costruzione dell'ugnatura	204
Superfici rigate	205
Costruzione di una superficie rigata	205
Casi particolari	206
Iperboloide rotondo	208
Paraboloide iperbolico	210
Elicoide rigato	212
Superfici a pendenza uniforme	215
Superfici di rototraslazione	216
Superfici NURBS	218
Superfici NURBS complesse	220
Superfici skinned o $S(u)$	220
Superfici swept	220
Superfici spined	222
Superfici di interpolazione bidirezionale o $S(u, v)$	222
Superfici di Coons	222
Superfici proporzionali	222
Superfici organiche	224
Superfici poliedriche	226
Superfici poliedriche regolari	226
Proprietà geometriche elementari dei solidi platonici	230
Superfici poliedriche tronche e stellate	233
Strutture geodetiche	234
Superfici mesh	235
Caratteristiche e costruzione delle superfici mesh	237
Superfici mesh e superfici NURBS a confronto	239
Proprietà delle superfici mesh	240
Modellazione delle superfici mesh	241
Intersezioni delle superfici	244
Intersezione di una sfera con un cilindro rotondo	246
Intersezione di due cilindri	248
Intersezione di due coni	252
Intersezione di cono e cilindro	252
Intersezione di due superfici di rivoluzione	254

Parte quarta. I modelli della luce	257
La propagazione della luce e i suoi modelli geometrici	258
Modelli di sorgente luminosa	258
Effetti della luce sui corpi	260
Ombra propria, portata e autoportata	260
Chiaroscuro e grado di intensità luminosa	261
Intensità luminosa e chiarezza apparente	263
Punti brillanti e riflessi	263
Prospettiva aerea	264
La costruzione delle ombre nei modelli grafici	268
Le spezzate separatrici d'ombra	268
Costruzione dell'ombra di una retta	269
Costruzione dell'ombra portata in proiezione parallela	270
Casi particolari dell'ombra portata in proiezione parallela	270
Costruzione dell'ombra di un solido in proiezione parallela	271
Costruzione dell'ombra portata in prospettiva	273
Casi particolari dell'ombra di una retta in prospettiva	276
Costruzione accurata dell'immagine del Sole	278
La costruzione del chiaroscuro nei modelli grafici	280
La costruzione delle isofote di una superficie	284
La resa delle ombre e del chiaroscuro nei modelli informatici	287
 Appendice di Massimiliano Ciammaichella	 289
A come @rchitettura	289
Lo spazio digitale dell'architettura: modelli di riferimento	291
Alfabeto geometrico	294
 Bibliografia	 303

I *Quaderni di Applicazioni della Geometria descrittiva* nacquero nel 1982, per iniziativa di Orseolo Fasolo e mia, con una affettuosa dedica al Dipartimento di Rappresentazione e Rilievo dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", che allora ci accoglieva entrambi. Vent'anni dopo, con il nome di *Nuovi Quaderni di Applicazioni della Geometria descrittiva*, la vecchia collana rinasce in un ambito accademico più vasto, per volontà di docenti di Geometria descrittiva e Disegno appartenenti a vari Atenei italiani.

Il disegno è qui inteso come insieme di quei modelli, grafici informatici e fisici, che, trasformandosi l'uno nell'altro, convergono verso l'idea progettuale.

Il fondatore della collana amava ricordare che l'insegnamento universitario non si basa su programmi ministeriali, come avviene per la scuola secondaria, ma su un sapere che è compito della ricerca scientifica tenere continuamente aggiornato. Mai come ora ciò ci appare vero. L'avvento dell'informatica, infatti, ha prodotto una vera rivoluzione: ha spostato l'accento dalla visualizzazione alla modellazione (studio delle superfici e dei volumi); ha ampliato la "tavolozza" delle forme disponibili per la progettazione (NURBS); ha messo a disposizione di tutti tecniche che richiedevano, prima, tempo e abilità, oltre che buon gusto, come il chiaroscuro (*rendering*). Sono convinto, perciò, che la vecchia Geometria descrittiva di mongiana memoria debba essere riscritta e questo ho cercato di fare negli ultimi anni, prima con il volume *Scienza della rappresentazione* (Roma, Nuova Italia Scientifica, 1992), poi con i *Fondamenti della Rappresentazione Geometrica e Informatica dell'Architettura*, edito da Kappa nel 2000, e, infine, con quest'ultimo lavoro che, nelle intenzioni, doveva essere null'altro che una seconda edizione dei *Fondamenti* ... La quantità e la qualità delle modifiche e delle integrazioni ne hanno fatto un libro affatto diverso. Era però da prevedersi, considerando le sollecitazioni cui è sottoposta attualmente la Scienza della rappresentazione a causa della rapida evoluzione degli strumenti informatici. Questa mia fatica è soprattutto volta all'insegnamento, perché non voglio che gli studenti sentano estranea questa disciplina, che insegna a pensare lo spazio, come l'ho sentita estranea io quando fu insegnata a me nelle vesti che indossava allora, quelle del tardo Settecento.

Voglio ora dare qualche spiegazione sui modelli che illustrano questo libro. Nella precedente edizione i medesimi modelli erano stati realizzati con il programma MicroStation della Bentley, principalmente in ragione delle buone condizioni

di acquisto che la casa produttrice praticava agli studenti. È estremamente utile, infatti, che il docente e gli studenti possano disporre del medesimo ambiente di lavoro nel primo approccio alla modellazione. Un anno fa, Marco Gaiani mi ha segnalato la possibilità di ottenere l'uso gratuito di un modellatore, per la durata degli studi. Questa possibilità era ed è offerta agli studenti e ai loro docenti da *think3*. Perciò, dopo aver sottoscritto l'accordo proposto, ho pensato di riscrivere il mio libro, ampliandolo e accludendo il software necessario per visualizzare i modelli, che viene gentilmente concesso dalla casa produttrice.

Un'iniziativa lungimirante come questa era attesa da tempo e voglio perciò ringraziare, tra i primi, Stefano Cinti Luciani, Stefano Ruscelloni, Massimo Signani e Tiziana Moriggi, per aver permesso l'avvio di una didattica della rappresentazione affatto nuova, oltre che per la cortese e sollecita collaborazione che hanno sempre prestato all'autore e ai suoi collaboratori.

Ma vorrei anche aggiungere qualche brevissima considerazione su *thinkdesign*, che spero possa tornare utile a chi voglia usarlo, come l'ho usato io, per studiare, per rinnovare e per insegnare la Geometria descrittiva. Le figure che illustrano questo libro sono semplici riproduzioni dello schermo del computer; anche se appaiono come *renderings* sofisticati, corredati di luci, trasparenze e riflessioni, si tratta semplicemente delle schermate che il programma presenta all'operatore.

A me sembra che, in ciò, *thinkdesign* sia il migliore prodotto attualmente disponibile, e non è poca cosa, per un progettista di architettura, di macchine o di design. L'architettura oggi è sensibile al profondo cambiamento cui ho fatto cenno. Lo dimostrano le molte opere di illustri architetti e designer. Tra questi spiccano gli architetti del gruppo dECOi, che desidero qui ringraziare, e particolarmente Gabriele Evangelisti, per aver consentito la pubblicazione del suo lavoro, quale importante testimone della evoluzione nella quale questo contributo vive.

Un altro ringraziamento debbo a Marco Gaiani, per le idee e le conoscenze che mi ha offerto con una generosità assai rara nell'ambiente universitario. E, ancora, ringrazio Camillo Trevisan, per aver pazientemente discusso con me le problematiche relative al rinnovamento della Scienza della rappresentazione. Infine un sentito ringraziamento va ai colleghi romani tutti e, particolarmente, a Mario Docci, Laura De Carlo e Andrea Casale, per il forte sostegno che hanno dato alla trasformazione della nostra scienza e al conseguente aggiornamento dei contenuti e delle tecniche del suo insegnamento.