

Obsah

A ROVINNÁ GRAFIKA

17

1. Světlo a barvy v počítačové grafice	JS & JŽ	19
1.1 Vlastnosti lidského systému vidění		19
1.1.1 Elektromagnetické spektrum		19
1.1.2 Lidské oko		20
1.1.3 Citlivost na barvy a jas		23
1.2 Barevné prostory		24
1.2.1 Prostor RGB		24
1.2.2 Barevné prostory pro televizní a videotechniku		29
1.2.3 Chromatický diagram CIE		30
1.2.4 Barvy a monitory		36
2. Obraz a jeho reprezentace		39
2.1 Digitalizace	BB	40
2.1.1 Kvantování		40
2.1.2 Vzorkování		41
2.2 Fourierův obraz		43
2.2.1 Spojitá Fourierova transformace		44
2.2.2 Diskrétní Fourierova transformace		44
2.2.3 Fourierova transformace a obraz		45
2.2.4 Shannonův vzorkovací teorém a frekvenčně omezená funkce		45
2.2.5 Konvoluce		46
2.3 Alias		50
2.4 Antialiasing		51
2.4.1 Pravidelné vzorkování s vyšší frekvencí		53
2.4.2 Stochastické vzorkování		56
2.5 Reprezentace rastrového obrazu		59
2.6 Komprese rastrového obrazu	JŽ	61
2.6.1 Run length encoding		63
2.6.2 Huffmanovo kódování		64
2.6.3 Slovníkové kódování		66

2.6.4	Diskrétní kosinová transformace a JPEG	67
2.7	Příklady rastrových formátů	71
2.7.1	Graphics Interchange Format (GIF)	71
2.7.2	Portable Graphics Network (PNG)	72
2.7.3	Targa (TGA)	74
2.7.4	Tag Image File Format (TIFF)	75
2.7.5	Formáty pro animované sekvence	76
3.	Dvourozměrné objekty	79
3.1	Úsečka a lomená čára JŽ	79
3.1.1	Rasterizace úsečky	80
3.1.2	Kresba přerušované čáry	85
3.1.3	Kresba silné čáry	86
3.2	Kružnice a elipsa	88
3.2.1	Rasterizace kružnice	88
3.2.2	Rasterizace elipsy	91
3.3	Oblast	91
3.3.1	Vyplňování geometricky určené hranice	92
3.3.2	Vyplňování trojúhelníka	95
3.3.3	Další metody vyplňování polygonů	95
3.3.4	Vyplňování hranice nakreslené v rastru	101
3.4	Ořezávání dvourozměrných objektů JS & JŽ	104
3.4.1	Test polohy bodu vzhledem k oknu	105
3.4.2	Ořezání úsečky	106
3.4.3	Ořezání polygonu	108
4.	Úpravy obrazu	115
4.1	Transformace barev JŽ	115
4.1.1	Omezení barevného prostoru	116
4.1.2	Barevná paleta	122
4.2	Obrazy s vysokým dynamickým rozsahem	128
4.2.1	Získání a uložení obrazů s vysokým dynamickým rozsahem	129
4.2.2	Techniky mapování tónů	130
4.3	Geometrické transformace diskrétního obrazu BB	135
4.3.1	Převzorkování	137
4.3.2	Rekonstrukce	137
4.3.3	Změna rozlišení	143
4.4	Warping a morfing	143
4.4.1	Alfa míchání, klíčování na barvu a klíčování na modrou	144
4.4.2	Warping	147
4.4.3	Morfing	153
4.5	Histogram	155
4.5.1	Změny histogramu	158

4.6	Odstraňování šumu a ostření obrazu	164
4.6.1	Odstraňování šumu	164
4.6.2	Ostření obrazu	167
4.6.3	Vytlačení vzor – emboss	171
4.6.4	Malování pomocí počítače	172

B TROJROZMĚRNÉ MODELY 175

5. Křivky a plochy		177
5.1	Vlastnosti křivek	JS & BB 178
5.2	Modelování křivek	181
5.3	Interpolační křivky	183
5.3.1	Hermitovské kubiky	184
5.4	Aproximační křivky	185
5.4.1	Bézierovy křivky	185
5.4.2	Bézierovy kubiky	190
5.4.3	Coonsovy kubiky	190
5.4.4	Spline křivky	192
5.4.5	Uniformní kubický B-spline	193
5.4.6	NURBS	195
5.5	Vlastnosti parametrických ploch	199
5.6	Interpolační plochy	203
5.7	Aproximační plochy	204
5.7.1	Hermitovské plochy	205
5.7.2	Dvanáctivektorová plocha	205
5.7.3	Šestnáctivektorová plocha	205
5.7.4	Plochy spojující dvě křivky	207
5.8	Plochy zadané okrajem	209
5.8.1	Bilineární Coonsova plocha	209
5.8.2	Bikubická plocha	210
5.8.3	Obecná bikubická plocha	211
5.9	Bézierovy plochy	212
5.10	B-spline plochy	217
5.11	Šablonování	220
5.11.1	Přímkové plochy	221
5.11.2	Rotační šablonování	223
5.12	Implicitní plochy	224
5.12.1	Zobrazování implicitních ploch	227
5.13	Dělené povrchy	JS 228
5.13.1	Dělicí schémata	229
5.13.2	Schéma dělení Doo-Sabin	231

5.13.3	Schéma dělení Catmull-Clark		233
6.	Reprezentace a modelování těles		237
6.1	Trojúhelníky a sítě trojúhelníků	JŽ	237
6.2	Hraniční reprezentace těles		240
6.2.1	Manifoldy a Eulerova rovnost		240
6.2.2	Vrcholy, hrany a stěny		242
6.2.3	Hranová reprezentace		243
6.2.4	Jednoduchá plošková reprezentace		244
6.2.5	Strukturovaná plošková reprezentace		244
6.2.6	Bodová reprezentace		246
6.3	Konstruktivní geometrie těles		246
6.4	Modelování pomocí deformací	JS	248
6.4.1	Barovy deformace		249
6.4.2	Volné tvarování těles		251
7.	Objemová reprezentace těles	PF	255
7.1	Mřížky		255
7.2	Trojrozměrné objekty a data v diskrétní mřížce		256
7.2.1	Základní objemové elementy – voxel a buňka		257
7.2.2	Digitální topologie a spojitost		258
7.3	Nalezení povrchu v objemových datech		259
7.3.1	Sada obrysů v rovnoběžných řezech		259
7.3.2	Převod izoplochy na síť trojúhelníků		260
8.	Procedurální modelování	BB	265
8.1	Fraktální geometrie		266
8.1.1	Soběpodobnost		266
8.1.2	Fraktální dimenze, fraktál		268
8.1.3	Multifraktály		271
8.1.4	Lineární deterministické fraktály		272
8.1.5	Náhodné fraktály		274
8.2	Procedurální a fraktální modely v počítačové grafice		282
8.2.1	Difúzí omezená agregace a korály		282
8.2.2	Krajiny		283
8.2.3	Planety, pobřeží a oblaka		286
8.3	Systémy částic		288
8.3.1	Ekosystémy a rostliny		289
8.3.2	Dynamické simulace		291
8.3.3	Jiné aplikace systémů částic		293
8.4	Lindenmayerovy systémy		294
8.4.1	dL-systémy		295
8.4.2	Otevřené L-systémy		297

8.4.3 Simulace rostlin	300
----------------------------------	-----

C ZOBRAZOVÁNÍ PROSTOROVÝCH DAT 301

9. Promítání	JS	305
9.1 Kamera		307
9.2 Rovnoběžné promítání		309
9.3 Středové promítání		312
9.4 Jednotné promítání		315
9.5 Pohledový objem		316
10. Světlo		319
10.1 Základní pojmy	BB	320
10.1.1 Prostorové úhly		321
10.1.2 Základní radiometrické pojmy		323
10.1.3 Radiance		324
10.2 Dvoustěrová odrazová distribuční funkce – BRDF		325
10.2.1 Vlastnosti BRDF		326
10.3 Lokální osvětlovací model		328
10.4 Odraz světla		328
10.4.1 Difúzní odraz		329
10.4.2 Zrcadlový odraz		330
10.4.3 Lesklý odraz		332
10.5 Phongův osvětlovací model	JŽ & BB	333
10.6 Světelné zdroje		336
10.7 Stínování		339
10.7.1 Konstantní stínování		339
10.7.2 Gouraudovo stínování		340
10.7.3 Phongovo stínování		341
10.8 Opticky aktivní prostředí	PF	342
10.8.1 Odvození integrálu pro zobrazování objemů		343
11. Řešení viditelnosti	JŽ	349
11.1 Vlastnosti zobrazovaných dat		351
11.2 Rastrové algoritmy viditelnosti		352
11.2.1 Paměť hloubky		352
11.2.2 Malířův algoritmus		353
11.2.3 Malířův algoritmus se stromem BSP		356
11.2.4 Dělení obrazovky		358
11.2.5 Algoritmus plovoucího horizontu		359
11.3 Liniové algoritmy viditelnosti		361
11.4 Zpracování poloprůhledných objektů		363

11.5	Zobrazování bodově reprezentovaných objektů		364
12.	Stíny	JŽ	367
12.1	Projekční metody		369
12.2	Stínové těleso		372
12.3	Stínová paměť hloubky		375
13.	Textury	BB	379
13.1	Mapování textur		381
13.1.1	Inverzní mapování válcové a kulové plochy		382
13.1.2	Mapování prostorové textury		384
13.1.3	Mapování prostředí		385
13.1.4	Hrboláté textury		386
13.1.5	MIP-mapping		388
13.2	Procedurální textury		390
13.2.1	Perlinova šumová funkce		390
13.2.2	Skládání šumových funkcí		393
14.	Reprezentace scény		397
14.1	Graf scény	JŽ	398
14.2	Pomocné datové struktury		401
14.2.1	Hierarchie obálek		402
14.2.2	Dělení prostoru		405
14.3	Detekce kolizí	BB & JŽ	410
15.	Globální zobrazovací metody		413
15.1	Zobrazovací rovnice	BB	414
15.2	Notace transportu světla		416
15.3	Základní optické jevy		417
15.4	Globální osvětlovací techniky		419
15.4.1	Monte Carlo metody		420
15.5	Metody vycházející od pozorovatele		421
15.5.1	Sledování paprsku		422
15.5.2	Sledování cesty		423
15.6	Metody vycházející od světelného zdroje		425
15.6.1	Sledování fotonů		427
15.6.2	Monte Carlo sledování světla		427
15.7	Dvousměrové metody		428
15.7.1	Dvousměrové sledování cesty		428
15.7.2	Fotonové mapy		429
15.8	Zrychlení stochastických metod vzorkování		430
15.9	Sledování paprsku	JŽ	431
15.9.1	Rozšíření Phongova osvětlovacího modelu		434

15.9.2	Sledování paprsku a CSG reprezentace		435
15.9.3	Urychlování metody sledování paprsku		436
15.10	Radiozita	BB	442
15.10.1	Podstata metody		442
15.10.2	Řešení radiozitivní rovnice		444
15.10.3	Hierarchická radiozita		450
15.10.4	Stochastické metody řešení		454
16.	Vizualizace objemových dat	PF	457
16.1	Vizualizovaná data		458
16.2	Skalární objemové algoritmy		459
16.2.1	Algoritmy zobrazující povrchy		460
16.3	Přímé zobrazování objemů		461
16.3.1	Metody nehledající povrch		463
16.3.2	Jednoduché zobrazení povrchu		463
16.3.3	Zobrazení povrchu s normálou		464
16.3.4	Integrace světla na dráze paprsku		465
16.3.5	Projekční metody		470
16.3.6	Zlepšení interpretace dat		470
17.	Nefotorealistické zobrazování	JŽ	473
17.1	Výhody NPR		473
17.2	Rozdělení metod NPR		475
17.3	Aplikace NPR		477
D	ANIMACE A VIRTUÁLNÍ REALITA		481
18.	Počítačová animace		483
18.1	Nízkoúrovňová počítačová animace	BB	484
18.1.1	Klíčování		484
18.1.2	Animační křivky		484
18.2	Vysokoúrovňová počítačová animace	JS	487
18.2.1	Segmentová struktura a stavový prostor		487
18.2.2	Reprezentace animovaného objektu		489
18.2.3	Přímá a inverzní kinematika		490
18.2.4	Inverze jakobiánu		493
18.3	Skeletální animace	JŽ	494
18.3.1	Míchání vrcholů		497
18.4	Virtuální humanoid		499
18.4.1	Struktura humanoida		499
18.4.2	Norma H-Anim		501
18.4.3	Data pro animaci virtuálních humanoidů		502

19. Zobrazování rozsáhlých scén	JŽ	505
19.1 Výpočty viditelnosti		506
19.1.1 Základní techniky odstraňování neviditelných polygonů		507
19.1.2 Odstraňování zastíněných objektů		508
19.1.3 Předzpracování viditelnosti		515
19.2 Zjednodušování scény		516
19.2.1 Geometrické stupně detailu		518
19.2.2 Zjednodušování sítě trojúhelníků		519
19.2.3 Zjednodušená reprezentace objektů pomocí obrázků a bodů		520
20. Virtuální realita	JŽ	523
20.1 Druhy aplikací VR		524
20.2 Speciální postupy ve virtuální realitě		527
20.2.1 Pozadí scény		527
20.2.2 Avatar a navigace		527
20.2.3 Stereoskopické pohledy		529
20.3 Formáty VRML a X3D		530
20.4 Prostorový zvuk		532
20.4.1 Vnímání zvuku		532
20.4.2 Simulace zvukového pole		533
20.4.3 Výstup prostorového zvuku		537

E MATEMATIKA PRO POČÍTAČOVOU GRAFIKU **539**

21. Transformace	JS & BB	541
21.1 Homogenní souřadnice		542
21.2 Dvourozměrné geometrické transformace		543
21.2.1 Posunutí		543
21.2.2 Otáčení		544
21.2.3 Změna měřítka		544
21.2.4 Zkosení		545
21.2.5 Skládání transformací		545
21.3 Trojrozměrné geometrické transformace		547
21.3.1 Posunutí		547
21.3.2 Otáčení		547
21.3.3 Otáčení kolem obecné osy		547
21.3.4 Změna měřítka		548
21.3.5 Zkosení		549
21.4 Kvaterniony		549
21.4.1 Komplexní čísla a rotace v rovině		550
21.4.2 Definice kvaternionů a základní vlastnosti		550
21.4.3 Rotace pomocí kvaternionů		552

21.4.4	Sférická lineární interpolace	553
22.	Často používané vzorce	JS & PF 555
22.1	Pojmy a značení	555
22.2	Základy práce s vektory	556
22.2.1	Velikost vektoru a vzdálenost dvojice bodů	556
22.2.2	Součet a rozdíl vektorů, opačný vektor	556
22.2.3	Skalární součin vektorů	557
22.2.4	Vektorový součin	558
22.3	Bod	559
22.3.1	Vzdálenost dvou bodů	559
22.3.2	Vzdálenost bodu od přímky v rovině	559
22.3.3	Vzdálenost bodu od přímky v prostoru	561
22.3.4	Vzdálenost bodu od úsečky	562
22.3.5	Poloha bodu vůči přímce a úsečce	562
22.3.6	Poloha bodu vůči kružnici a kouli	562
22.3.7	Vzdálenost bodu od roviny	563
22.3.8	Poloha bodu vůči mnohoúhelníku (polygonu)	564
22.4	Přímka a paprsek	564
22.4.1	Průsečík paprsku a přímky v rovině	565
22.4.2	Odchylka paprsku a přímky v prostoru	565
22.4.3	Vzdálenost dvou mimoběžek v prostoru	565
22.4.4	Poloha paprsku vůči rovině	565
22.4.5	Průsečík paprsku s osově orientovaným kvádrem	566
22.4.6	Průsečík paprsku a mnohoúhelníka	567
22.4.7	Průsečík paprsku s kulovou plochou	567
22.5	Užitečné drobnosti	568
22.5.1	Plocha mnohoúhelníka	568
22.5.2	Gaussovo rozložení	568
22.6	Interpolace	569
22.6.1	Interpolace hodnotou nejbližšího souseda	570
22.6.2	Lineární interpolace	570
22.6.3	Kubická interpolace	571
22.6.4	Bilineární interpolace	571
22.6.5	Interpolace vyššího řádu	573
22.7	Diskrétní Fourierova transformace	573
22.7.1	Rekurzivní rozklad DFT	574
22.7.2	Rychlá Fourierova transformace	575
22.7.3	Použití algoritmu FFT	576