

Obsah

A	ROVINNÁ GRAFIKA	1
1	Světlo a barvy v počítačové grafice	3
1.1	Vlastnosti lidského systému vidění	3
1.1.1	Elektromagnetické spektrum	3
1.1.2	Lidské oko	5
1.1.3	Citlivost na barvy a jas	7
1.2	Barevné prostory	8
1.2.1	Prostor RGB	8
1.2.2	Barevné prostory pro televizní a video techniku	13
1.2.3	Chromatický diagram CIE	14
1.2.4	Barvy a monitory	20
2	Obraz a jeho reprezentace	23
2.1	Digitalizace	24
2.1.1	Kvantování	24
2.1.2	Vzorkování	26
2.2	Fourierův obraz	27
2.2.1	Spojité Fourierova transformace	28
2.2.2	Diskrétní Fourierova transformace	28
2.2.3	Fourierova transformace a obraz	29
2.2.4	Shannonův vzorkovací teorém a frekvenčně omezená funkce	29
2.2.5	Konvoluce	30
2.3	Alias	34
2.4	Antialiasing	35
2.4.1	Pravidelné vzorkování s vyšší frekvencí	37
2.4.2	Stochastické vzorkování	40
2.5	Reprezentace rastrového obrazu	43
2.6	Komprese rastrového obrazu	45
2.6.1	Run length encoding	47
2.6.2	Huffmanovo kódování	48
2.6.3	Slovníkové kódování	49

2.6.4	Diskrétní kosinová transformace a JPEG	51
2.7	Příklady rastrových formátů	55
2.7.1	Graphics Interchange Format (GIF)	55
2.7.2	Portable Graphics Network (PNG)	56
2.7.3	Targa (TGA)	58
2.7.4	Tag Image File Format (TIFF)	59
2.7.5	Formáty pro animované sekvence	60
3	Dvourozměrné objekty	63
3.1	Úsečka a lomená čára	63
3.1.1	Rasterizace úsečky	64
3.1.2	Kresba přerušované čáry	69
3.1.3	Kresba silné čáry	70
3.2	Kružnice a elipsa	72
3.2.1	Rasterizace kružnice	72
3.2.2	Rasterizace elipsy	75
3.3	Oblast	75
3.3.1	Vyplňování geometricky určené hranice	76
3.3.2	Vyplňování trojúhelníka	79
3.3.3	Další metody vyplňování polygonů	79
3.3.4	Vyplňování hranice nakreslené v rastru	85
3.4	Ořezávání dvourozměrných objektů	88
3.4.1	Test polohy bodu vzhledem k oknu	89
3.4.2	Ořezání úsečky	90
3.4.3	Ořezání polygonu	93
4	Úpravy obrazu	97
4.1	Transformace barev	97
4.1.1	Omezení barevného prostoru	98
4.1.2	Barevná paleta	104
4.2	Obrazy s vysokým dynamickým rozsahem	110
4.2.1	Získání a uložení obrazů s vysokým dynamickým rozsahem	111
4.2.2	Techniky mapování tónů	112
4.3	Geometrické transformace diskrétního obrazu	117
4.3.1	Převzorkování	118
4.3.2	Rekonstrukce	120
4.3.3	Změna rozlišení	124
4.4	Warping a morfing	125
4.4.1	Alfa míchání, klíčování na barvu a klíčování na modrou	126
4.4.2	Warping	129
4.4.3	Morfing	135
4.5	Histogram	136
4.5.1	Změny histogramu	139

4.6	Odstraňování šumu a ostření obrazu	146
4.6.1	Odstraňování šumu	146
4.6.2	Ostření obrazu	149
4.6.3	Vytlačený vzor — emboss	153
4.6.4	Malování pomocí počítače	153
B	TROJROZMĚRNÉ MODELY	157
5	Křivky a plochy	159
5.1	Vlastnosti křivek	160
5.2	Modelování křivek	163
5.3	Interpolační křivky	165
5.3.1	Hermitovské kubiky	166
5.4	Aproximační křivky	167
5.4.1	Bézierovy křivky	167
5.4.2	Bézierovy kubiky	171
5.4.3	Coonsovy kubiky	173
5.4.4	Spline křivky	174
5.4.5	Uniformní kubický B-spline	174
5.4.6	NURBS	177
5.5	Vlastnosti parametrických ploch	181
5.6	Interpolační plochy	185
5.7	Aproximační plochy	186
5.7.1	Hermitovské plochy	187
5.7.2	Dvanáctivektorová plocha	187
5.7.3	Šestnáctivektorová plocha	187
5.7.4	Plochy spojující dvě křivky	189
5.8	Plochy zadané okrajem	191
5.8.1	Bilineární Coonsova plocha	191
5.8.2	Bikubická plocha	192
5.8.3	Obecná bikubická plocha	193
5.9	Bézierovy plochy	194
5.10	B-spline plochy	199
5.11	Šablonování	202
5.11.1	Přímkové plochy	203
5.11.2	Rotační šablonování	205
5.12	Implicitní plochy	206
5.12.1	Zobrazování implicitních ploch	209
5.13	Dělené povrchy	210
5.13.1	Dělicí schémata	211
5.13.2	Schéma dělení Doo-Sabin	213

5.13.3	Schéma dělení Catmull-Clark	215
6	Reprezentace a modelování těles	217
6.1	Trojúhelníky a sítě trojúhelníků	217
6.2	Hraniční reprezentace těles	220
6.2.1	Manifoldy a Eulerova rovnost	220
6.2.2	Vrcholy, hrany a stěny	222
6.2.3	Hranová reprezentace	223
6.2.4	Jednoduchá plošková reprezentace	224
6.2.5	Strukturovaná plošková reprezentace	224
6.2.6	Bodová reprezentace	226
6.3	Konstruktivní geometrie těles	226
6.4	Modelování pomocí deformací	228
6.4.1	Barrovy deformace	228
6.4.2	Volné tvarování těles	231
7	Objemová reprezentace těles	235
7.1	Mřížky	235
7.2	Trojrozměrné objekty a data v diskrétní mřížce	236
7.2.1	Základní objemové elementy – voxel a buňka	237
7.2.2	Digitální topologie a spojitost	237
7.3	Nalezení povrchu v objemových datech	238
7.3.1	Sada obrysů v rovnoběžných řezech	239
7.3.2	Převod izoplochy na síť trojúhelníků	240
8	Procedurální modelování	245
8.1	Fraktální geometrie	246
8.1.1	Soběpodobnost	246
8.1.2	Fraktální dimenze, fraktál	248
8.1.3	Multifraktály	251
8.1.4	Lineární deterministické fraktály	252
8.1.5	Náhodné fraktály	254
8.2	Procedurální a fraktální modely v počítačové grafice	262
8.2.1	Difúzí omezená agregace a korály	262
8.2.2	Krajiny	263
8.2.3	Planety, pobřeží a oblaka	266
8.3	Systémy částic	268
8.3.1	Ekosystémy a rostliny	270
8.3.2	Dynamické simulace	271
8.3.3	Jiné aplikace systémů částic	274
8.4	Lindenmayerovy systémy	274
8.4.1	dL-systémy	275
8.4.2	Otevřené L-systémy	277

8.4.3	Simulace rostlin	280
C	ZOBRAZOVÁNÍ PROSTOROVÝCH DAT	281
9	Promítání	285
9.1	Kamera	287
9.2	Rovnoběžné promítání	289
9.3	Středové promítání	293
9.4	Jednotné promítání	295
9.5	Pohledový objem	296
10	Světlo	299
10.1	Základní pojmy	300
10.1.1	Prostorové úhly	301
10.1.2	Základní radiometrické pojmy	303
10.1.3	Radiance	304
10.2	Dvousměrová odrazová distribuční funkce – BRDF	305
10.2.1	Vlastnosti BRDF	306
10.3	Lokální osvětlovací model	308
10.4	Odraz světla	308
10.4.1	Difúzní odraz	309
10.4.2	Zrcadlový odraz	310
10.4.3	Lesklý odraz	312
10.5	Phongův osvětlovací model	313
10.6	Světelné zdroje	316
10.7	Stínování	319
10.7.1	Konstantní stínování	319
10.7.2	Gouraudovo stínování	320
10.7.3	Phongovo stínování	321
10.8	Opticky aktivní prostředí	322
10.8.1	Odvození integrálu pro zobrazování objemů	323
11	Řešení viditelnosti	329
11.1	Vlastnosti zobrazovaných dat	331
11.2	Rastrové algoritmy viditelnosti	332
11.2.1	Paměť hloubky	332
11.2.2	Malířův algoritmus	333
11.2.3	Malířův algoritmus se stromem BSP	336
11.2.4	Dělení obrazovky	338
11.2.5	Algoritmus plovoucího horizontu	339
11.3	Liniové algoritmy viditelnosti	341
11.4	Zpracování poloprůhledných objektů	343

11.5	Zobrazování bodově reprezentovaných objektů	344
12	Stíny	347
12.1	Projekční metody	349
12.2	Stínové těleso	352
12.3	Stínová paměť hloubky	355
13	Textury	359
13.1	Mapování textur	361
13.1.1	Inverzní mapování válcové a kulové plochy	362
13.1.2	Mapování prostorové textury	364
13.1.3	Mapování prostředí	365
13.1.4	Hrbolaté textury	366
13.1.5	MIP-mapping	368
13.2	Procedurální textury	370
13.2.1	Perlinova šumová funkce	370
13.2.2	Skládání šumových funkcí	373
14	Reprezentace scény	377
14.1	Graf scény	378
14.2	Pomocné datové struktury	381
14.2.1	Hierarchie obálek	382
14.2.2	Dělení prostoru	385
14.3	Detekce kolizí	390
15	Globální zobrazovací metody	393
15.1	Zobrazovací rovnice	394
15.2	Notace transportu světla	396
15.3	Základní optické jevy	397
15.4	Globální osvětlovací techniky	399
15.4.1	Monte Carlo metody	400
15.5	Metody vycházející od pozorovatele	401
15.5.1	Sledování paprsku	402
15.5.2	Sledování cesty	403
15.6	Metody vycházející od světelného zdroje	405
15.6.1	Sledování fotonů	407
15.6.2	Monte Carlo sledování světla	407
15.7	Dvousměrové metody	408
15.7.1	Dvousměrové sledování cesty	408
15.7.2	Fotonové mapy	409
15.8	Zrychlení stochastických metod vzorkování	410
15.9	Sledování paprsku	411
15.9.1	Rozšíření Phongova osvětlovacího modelu	414

15.9.2	Sledování paprsku a CSG reprezentace	415
15.9.3	Urychlování metody sledování paprsku	416
15.10	Radiozita	422
15.10.1	Podstata metody	422
15.10.2	Řešení radiozitní rovnice	424
15.10.3	Hierarchická radiozita	430
15.10.4	Stochastické metody řešení	434
16	Vizualizace objemových dat	437
16.1	Vizualizovaná data	438
16.2	Skalární objemové algoritmy	439
16.2.1	Algoritmy zobrazující povrchy	440
16.3	Přímé zobrazování objemů	441
16.3.1	Metody nehledající povrch	443
16.3.2	Jednoduché zobrazení povrchu	443
16.3.3	Zobrazení povrchu s normálou	444
16.3.4	Integrace světla na dráze paprsku	445
16.3.5	Projekční metody	450
16.3.6	Zlepšení interpretace dat	450
17	Nefotorealistické zobrazování	453
17.1	Výhody NPR	453
17.2	Rozdělení metod NPR	455
17.3	Aplikace NPR	457
D	ANIMACE A VIRTUÁLNÍ REALITA	461
18	Počítačová animace	463
18.1	Nízkoúrovňová počítačová animace	464
18.1.1	Klíčování	464
18.1.2	Animační křivky	464
18.2	Vysokoúrovňová počítačová animace	467
18.2.1	Segmentová struktura a stavový prostor	467
18.2.2	Reprezentace animovaného objektu	469
18.2.3	Přímá a inverzní kinematika	470
18.2.4	Inverze jakobiánu	473
18.3	Skeletální animace	474
18.3.1	Míchání vrcholů	478
18.4	Virtuální humanoid	479
18.4.1	Struktura humanoida	479
18.4.2	Norma H-Anim	480
18.4.3	Data pro animaci virtuálních humanoidů	482

19	Zobrazování rozsáhlých scén	485
19.1	Výpočty viditelnosti	486
19.1.1	Základní techniky odstraňování neviditelných polygonů	487
19.1.2	Odstraňování zastíněných objektů	488
19.1.3	Předzpracování viditelnosti	495
19.2	Zjednodušování scény	496
19.2.1	Geometrické stupně detailu	498
19.2.2	Zjednodušování sítě trojúhelníků	499
19.2.3	Zjednodušená reprezentace objektů pomocí obrázků a bodů	500
20	Virtuální realita	503
20.1	Druhy aplikací VR	504
20.2	Speciální postupy ve virtuální realitě	507
20.2.1	Pozadí scény	507
20.2.2	Avatar a navigace	507
20.2.3	Stereoskopické pohledy	509
20.3	Formáty VRML a X3D	510
20.4	Prostorový zvuk	512
20.4.1	Vnímání zvuku	512
20.4.2	Simulace zvukového pole	513
20.4.3	Výstup prostorového zvuku	517
E	MATEMATIKA PRO POČÍTAČOVOU GRAFIKU	519
21	Transformace	521
21.1	Homogenní souřadnice	522
21.2	Dvourozměrné geometrické transformace	523
21.2.1	Posunutí	523
21.2.2	Otáčení	523
21.2.3	Změna měřítka	524
21.2.4	Zkosení	525
21.2.5	Skládání transformací	525
21.3	Trojrozměrné geometrické transformace	526
21.3.1	Posunutí	527
21.3.2	Otáčení	527
21.3.3	Otáčení kolem obecné osy	527
21.3.4	Změna měřítka	528
21.3.5	Zkosení	529
21.4	Kvaterniony	529
21.4.1	Komplexní čísla a rotace v rovině	530
21.4.2	Definice kvaternionů a základní vlastnosti	530
21.4.3	Rotace pomocí kvaternionů	532

21.4.4	Sférická lineární interpolace	533
22	Často používané vzorce	535
22.1	Pojmy a značení	535
22.2	Základy práce s vektory	536
22.2.1	Velikost vektoru a vzdálenost dvojice bodů	536
22.2.2	Součet a rozdíl vektorů, opačný vektor	536
22.2.3	Skalární součin vektorů	537
22.2.4	Vektorový součin	538
22.3	Bod	539
22.3.1	Vzdálenost dvou bodů	539
22.3.2	Vzdálenost bodu od přímky v rovině	539
22.3.3	Vzdálenost bodu od přímky v prostoru	541
22.3.4	Vzdálenost bodu od úsečky	542
22.3.5	Poloha bodu vůči přímce a úsečce	542
22.3.6	Poloha bodu vůči kružnici a kouli	542
22.3.7	Vzdálenost bodu od roviny	543
22.3.8	Poloha bodu vůči mnohoúhelníku (polygonu)	543
22.4	Přímka a paprsek	544
22.4.1	Průsečík paprsku a přímky v rovině	544
22.4.2	Odchylka paprsku a přímky v prostoru	545
22.4.3	Vzdálenost dvou mimoběžek v prostoru	545
22.4.4	Poloha paprsku vůči rovině	545
22.4.5	Průsečík paprsku s osově orientovaným kvádrem	546
22.4.6	Průsečík paprsku a mnohoúhelníka	547
22.4.7	Průsečík paprsku s kulovou plochou	547
22.5	Užitečné drobnosti	548
22.5.1	Plocha mnohoúhelníka	548
22.5.2	Gaussovo rozložení	548
22.6	Interpolace	549
22.6.1	Interpolace hodnotou nejbližšího souseda	550
22.6.2	Lineární interpolace	550
22.6.3	Kubická interpolace	551
22.6.4	Bilineární interpolace	551
22.6.5	Interpolace vyššího řádu	553
22.7	Diskrétní Fourierova transformace	553
22.7.1	Rekurzivní rozklad DFT	554
22.7.2	Rychlá Fourierova transformace	555
22.7.3	Použití algoritmu FFT	556