

# Obsah

<b>A ROVINNÁ GRAFIKA</b>	<b>1</b>
<b>1 Barvy v počítačové grafice</b>	<b>3</b>
1.1 Barevné modely	JŽ . . . 4
1.1.1 Modely CMY, CMYK	. . . . . 5
1.1.2 Modely HSV a HLS	. . . . . 6
1.1.3 Modely pro televizní a video techniku	. . . . . 7
1.1.4 Chromatický diagram	. . . . . 8
<b>2 Obraz a jeho reprezentace</b>	<b>11</b>
2.1 Digitalizace	BB . . . 12
2.1.1 Kvantování	. . . . . 12
2.1.2 Vzorkování	. . . . . 13
2.1.3 Fourierův obraz	. . . . . 14
2.1.4 Shannonův vzorkovací teorém a frekvenčně omezená funkce	. . . . . 16
2.1.5 Konvoluce	. . . . . 17
2.2 Alias a antialiasing	. . . . . 21
2.2.1 Vzorkování s vyšší frekvencí	. . . . . 23
2.2.2 Stochastické vzorkování	. . . . . 25
2.3 Reprezentace rastrového obrazu	. . . . . 27
2.3.1 Matice	. . . . . 27
2.3.2 Kvadrantový strom	. . . . . 29
2.4 Komprese rastrového obrazu	JŽ . . . 30
2.4.1 Run length encoding	. . . . . 32
2.4.2 Huffmanovo kódování	. . . . . 33
2.4.3 Lempel – Ziv – Welch	. . . . . 34
2.4.4 Diskrétní kosinová transformace a JPEG	. . . . . 35
2.4.5 Fraktální komprese	. . . . . 39
2.5 Příklady rastrových formátů	. . . . . 40
2.5.1 PCX	. . . . . 40
2.5.2 Graphics Interchange Format (GIF)	. . . . . 40
2.5.3 Portable Graphics Network (PNG)	. . . . . 41
2.5.4 Targa (TGA)	. . . . . 43
2.5.5 Tag Image File Format (TIFF)	. . . . . 44
2.6 Formáty pro animované sekvence	. . . . . 45
2.6.1 Flic Autodesk Animator (FLI)	. . . . . 45
2.6.2 MPEG	. . . . . 46

<b>3</b>	<b>Dvojměrné objekty</b>	<b>47</b>
3.1	Úsečka a lomená čára	JŽ 47
3.1.1	Rasterizace úsečky	48
3.1.2	Zápis do obrazové paměti	51
3.1.3	Kresba přerušované čáry	53
3.1.4	Kresba silné čáry	54
3.2	Kružnice a elipsa	55
3.2.1	Popis kružnice, elipsy a oblouku	56
3.2.2	Rasterizace kružnice	56
3.2.3	Rasterizace elipsy	59
3.3	Křivky	BB 60
3.3.1	Vyjádření a základní vlastnosti křivek	61
3.3.2	Modelování křivek	64
3.3.3	Interpolační křivky	66
3.3.4	Aproximační křivky	68
3.4	Oblasti	JŽ 79
3.4.1	Vyplňování geometricky určené hranice	79
3.4.2	Vyplňování hranice nakreslené v rastru	82
3.4.3	Sebeprotínající se a vícenásobné hranice	87
3.4.4	Zvyšování rychlosti algoritmů	89
<b>4</b>	<b>Úpravy obrazu</b>	<b>95</b>
4.1	Transformace barev	JŽ 95
4.1.1	Omezení barevného prostoru	96
4.1.2	Barevná paleta	101
4.2	Geometrické transformace diskrétního obrazu	BB 105
4.2.1	Převzorkování	107
4.2.2	Změna rozlišení	108
4.2.3	Otáčení diskrétního obrazu	109
4.3	Nelineární transformace obrazu a alfa míchání	111
4.3.1	Lineární kombinace obrazů – alfa míchání	112
4.3.2	Dvouprůchodový síťový warping	113
4.3.3	Výpočet posloupnosti obrazů	116
4.3.4	Warping pomocí korespondujících úseček	116
4.3.5	Výpočet posloupnosti obrazů	120
4.3.6	Morfing	120
4.4	Histogram	121
4.4.1	Operace s vyhledávací tabulkou	123
4.5	Odstraňování šumu	127
4.6	Ostření obrazu	130
4.7	Výtlačný vzor – emboss	134
4.8	Malování pomocí počítače	134

4.9	Ořezávání dvojrozměrných objektů	JŽ	137
4.9.1	Test polohy bodu		137
4.9.2	Ořezání úsečky		137
4.9.3	Ořezání polygonu		139

## **B ZÁKLADY PROSTOROVÉ GRAFIKY** **143**

### **5 Stavební kameny hraniční reprezentace** **145**

5.1	Polygonální reprezentace	PF	145
5.1.1	Zmenšování počtu trojúhelníků		147
5.2	Vyjádření a základní vlastnosti parametrických ploch	BB	152
5.2.1	Bézierovy plochy		156
5.2.2	B-spline plochy		163
5.3	Sada obrysů v rovnoběžných řezech	PF	166
5.3.1	Reprezentace kontur		167
5.3.2	Rekonstrukce povrchu opláštěním kontur		167
5.4	Implicitní plochy	BB	177
5.4.1	Implicitní funkce		179
5.4.2	Směšovací funkce a koeficient $c_i$		180
5.4.3	Zobrazování implicitních ploch		181

### **6 Reprezentace těles** **183**

6.1	Hraniční reprezentace těles	JŽ	183
6.1.1	Vrcholy, hrany a stěny		184
6.1.2	Hranová reprezentace		186
6.1.3	Jednoduchá plošková reprezentace		186
6.1.4	Strukturovaná plošková reprezentace		187
6.2	Šablonování	BB	188
6.2.1	Přímkové plochy		189
6.2.2	Rotační šablonování		191
6.3	Vyčíslení obsazenosti prostoru a oktalové stromy	JŽ	192
6.4	Konstruktivní geometrie těles		194
6.4.1	CSG primitiva		195
6.4.2	Převod CSG stromu do jiných reprezentací		196

### **7 Objemová reprezentace těles a vícerozměrná data** **199**

7.1	Mřížky	PF	199
7.1.1	Dimenzionalita domény a typ vzorků		201
7.1.2	Rozlišení dat		201
7.2	Trojrozměrné objekty a data v diskrétní mřížce		202
7.2.1	Základní objemové elementy – voxel a buňka		202
7.2.2	Topologie		203

7.2.3	Digitální topologie a spojitost	203
7.2.4	Více rozměrná data a neskalární vzorky	204
7.3	Převod trojrozměrných objemových dat na trojúhelníky	204
7.3.1	Algoritmus <i>Marching Cubes</i>	204
7.3.2	Algoritmus <i>Marching Tetrahedra</i>	209
7.3.3	Algoritmus <i>Dividing Cubes</i>	209
<b>8</b>	<b>Procedurální modelování</b>	<b>211</b>
8.1	Fraktální geometrie	BB 212
8.1.1	Fraktální dimenze, fraktál	213
8.1.2	Lineární deterministické fraktály	216
8.1.3	Statistické fraktály	220
8.1.4	Statistické fraktály ve vyšších dimenzích	225
8.1.5	Obrysy pobřeží, hory, oblaka, kameny a fraktální planety	228
8.2	Systémy částic	230
8.3	L-systémy	233
8.3.1	Simulace rostlin	237
<b>C</b>	<b>ZOBRAZOVÁNÍ PROSTOROVÝCH DAT, ANIMACE A VIRTUÁLNÍ REALITA</b>	<b>239</b>
<b>9</b>	<b>Promítání</b>	<b>241</b>
9.1	Rovnoběžné promítání	JŽ 242
9.2	Středové promítání	242
9.3	Pohledový objem	244
9.4	Pohledové transformace	245
<b>10</b>	<b>Světlo</b>	<b>247</b>
10.1	Teorie světla	JŽ 247
10.2	Osvětlovací model	248
10.2.1	Fyzikálně založené osvětlovací modely	251
10.2.2	Empirické osvětlovací modely	252
10.3	Lom světla	254
10.4	Osvětlení v objemové reprezentaci a systémech částic	PF 255
10.4.1	Odvození integrálu pro zobrazování objemů	256
10.5	Světelné zdroje	BB 261
10.5.1	Bodový zdroj	262
10.5.2	Zdroj rovnoběžného světla	262
10.5.3	Plošný zdroj	263
10.5.4	Reflektor	263
10.5.5	Tabulka	264
10.5.6	Obloha	264

10.6 Stínování	JŽ	265
10.6.1 Konstantní stínování		265
10.6.2 Gouraudovo stínování		266
10.6.3 Phongovo stínování		267
<b>11 Řešení viditelnosti</b>		<b>269</b>
11.1 Předpracování dat	JŽ	270
11.2 Liniové algoritmy viditelnosti		271
11.3 Rastrové algoritmy viditelnosti		273
11.3.1 Paměť hloubky (z-buffer)		273
11.3.2 Řádková paměť hloubky		274
11.3.3 Malířův algoritmus		275
11.3.4 Dělení obrazovky		277
11.4 Zobrazování prostorových grafů		278
11.5 Zobrazování objemů	PF	280
11.5.1 Metody nehledající povrch		281
11.5.2 Jednoduché zobrazení povrchu		282
11.5.3 Zobrazení povrchu s normálou		282
<b>12 Stíny</b>		<b>285</b>
12.1 Dělení povrchu	BB	286
12.2 Stínové těleso		288
12.3 Stínová paměť hloubky		289
<b>13 Textury</b>		<b>291</b>
13.1 Mapování textur	BB	293
13.1.1 Inverzní mapování válcové plochy		295
13.1.2 Inverzní mapování kulové plochy		295
13.1.3 Mapování prostorové textury		296
13.1.4 MIP-mapping		296
13.2 Pohledově závislé mapování textur		297
13.3 Hrbolaté textury		298
13.4 Procedurální textury		300
13.4.1 Šum		301
13.4.2 Turbulence		303
<b>14 Reprezentace scény</b>		<b>307</b>
14.1 Konstrukce scény	JŽ	308
14.2 Zobrazovací řetězec		309
14.3 Pomocné datové struktury		311
14.3.1 Obálky		311
14.3.2 Prostorové uspořádání dat		312

<b>15 Globální zobrazovací metody</b>	<b>315</b>
15.1 Sledování paprsku	JŽ 315
15.1.1 Rozšíření osvětlovacího modelu	318
15.1.2 Sledování paprsku a CSG reprezentace	319
15.1.3 Urychlování metody sledování paprsku	320
15.2 Radiozita	JŽ 328
15.2.1 Podstata metody	328
15.2.2 Řešení radiozitivní rovnice	329
15.2.3 Radiozita s adaptivním dělením ploch	334
15.2.4 Zobrazení scény	335
15.2.5 Hierarchické metody řešení	336
15.2.6 Moderní trendy řešení radiozity	337
15.2.7 Srovnání globálních zobrazovacích metod	339
<b>16 Vizualizace dat</b>	<b>341</b>
16.1 Získávání vstupních dat	PF 343
16.2 Vizualizační cíle a vizualizační algoritmy	344
16.3 Skalární objemové algoritmy	345
16.3.1 Algoritmy zobrazující povrchy	345
16.3.2 Vrhání paprsku	347
16.3.3 Projekční metody	352
16.3.4 Zlepšení interpretace dat	353
16.4 Vizualizace vektorových polí	353
16.5 Vizualizační systémy	356
<b>17 Počítačová animace</b>	<b>357</b>
17.1 Nízkoúrovňová počítačová animace	BB 358
17.1.1 Klíčování	358
17.1.2 Animační křivky	359
17.2 Vysokourovňová počítačová animace	362
17.2.1 Segmentová struktura a stavový prostor	362
17.2.2 Reprezentace animovaného objektu	363
17.2.3 Příčina a inverzní kinematika	365
17.3 Detekce kolizí	366
17.3.1 Hierarchie koulí	367
17.3.2 OBB stromy	369
<b>18 Virtuální realita</b>	<b>371</b>
18.1 Speciální postupy ve virtuální realitě	JŽ 373
18.1.1 Stupeň detailu	375
18.2 Jazyk VRML	376
18.3 Zvuk v aplikacích virtuální reality	BB 379
18.3.1 Prostorový zvuk a prostorový zvukový vjem	379

18.3.2 Výstup prostorového zvuku .....	380
18.3.3 Simulace zvukového pole .....	382

## **D MATEMATIKA PRO POČÍTAČOVOU GRAFIKU** **385**

### **19 Transformace** **387**

19.1 Homogenní souřadnice .....	BB	387
19.2 Dvojměrné geometrické transformace .....		388
19.2.1 Posunutí .....		388
19.2.2 Otáčení .....		389
19.2.3 Změna měřítka .....		390
19.2.4 Souměrnost .....		391
19.2.5 Zkosení .....		391
19.2.6 Skládání transformací .....		392
19.3 Trojrozměrné geometrické transformace .....		392
19.3.1 Posunutí .....		393
19.3.2 Otáčení .....		393
19.3.3 Změna měřítka .....		394
19.3.4 Souměrnost .....		394
19.3.5 Zkosení .....		394

### **20 Často používané vzorce** **397**

20.1 Pojmy a značení .....	PF	397
20.2 Základy práce s vektory .....		398
20.2.1 Velikost vektoru a vzdálenost dvojice bodů .....		398
20.2.2 Součet a rozdíl vektorů, opačný vektor .....		398
20.2.3 Skalární součin vektorů .....		399
20.2.4 Vektorový součin .....		400
20.2.5 Smíšený součin vektorů .....		402
20.3 Bod .....		403
20.3.1 Vzdálenost dvou bodů .....		403
20.3.2 Vzdálenost bodu od přímky v rovině .....		403
20.3.3 Vzdálenost bodu od přímky v prostoru .....		405
20.3.4 Vzdálenost bodu od úsečky .....		406
20.3.5 Poloha bodu vůči přímce a úsečce .....		406
20.3.6 Poloha bodu vůči kružnici a kouli .....		406
20.3.7 Vzdálenost bodu od roviny .....		406
20.3.8 Poloha bodu vůči mnohoúhelníku (polygonu) .....		407
20.4 Přímka (paprsek) .....		408
20.4.1 Průsečík paprsku a přímky v rovině .....		408
20.4.2 Odchylka paprsku a přímky v prostoru .....		408
20.4.3 Vzdálenost dvou mimoběžek v prostoru .....		409

---

20.4.4	Poloha paprsku vůči úsečce (hraně) v prostoru	409
20.4.5	Poloha paprsku vůči rovině	409
20.4.6	Průsečík paprsku s osově orientovaným kvádrem	410
20.4.7	Průsečík paprsku a mnohoúhelníka	411
20.4.8	Průsečík paprsku s kulovou plochou	411
20.4.9	Průsečík s Bézierovou plochou	412
20.5	Užitečné drobnosti	413
20.5.1	Plocha mnohoúhelníka	413
20.5.2	Kružnice zadaná třemi body	413
20.5.3	Gaussovo rozložení	413
20.6	Interpolace	414
20.6.1	Interpolace hodnotou nejbližšího souseda	414
20.6.2	Lineární interpolace	415
20.6.3	Bilineární interpolace	415
20.6.4	Interpolace vyššího řádu	416
	Literatura	417
	Seznam algoritmů	431
	Rejstřík	433



---

# Seznam algoritmů

---

2.1	Výpočet konvoluce. Vstupem je obraz $I$ a konvoluční maska $h$ . Výstupem obraz $I'$ . . . . .	17
2.2	Algoritmus vzorkování s vyšší frekvencí . . . . .	23
2.3	Roztřesení . . . . .	27
2.4	Tvorba kvadrantového stromu . . . . .	29
2.5	Princip kódování RLE . . . . .	33
3.1	Algoritmus DDA pro řídicí osu $x$ . . . . .	50
3.2	Bresenhamův algoritmus pro řídicí osu $x$ . . . . .	52
3.3	Kresba kružnice v základní poloze otáčenou úsečkou . . . . .	57
3.4	Bresenhamův algoritmus pro kresbu kružnice . . . . .	59
3.5	Algoritmus de Casteljau dělicí Bézierovu kubiku na dvě části . . . . .	71
3.6	Rekurzivní výpočet Bézierovy kubiky . . . . .	71
3.7	Algoritmus vyplňování řádkovým rozkladem . . . . .	81
3.8	Semínkové vyplňování rekurzivním postupem . . . . .	84
3.9	Řádkové semínkové vyplňování . . . . .	85
3.10	Zefektivnění řádkového semínkového vyplňování . . . . .	86
3.11	Řádkové vyplňování se seznamem aktivních hran . . . . .	90
3.12	Vyplňování šablony . . . . .	92
3.13	Princip Pinedova algoritmu . . . . .	93
4.1	Zpracování intenzity pixelu při náhodném rozptýlení . . . . .	97
4.2	Zpracování intenzity pixelu při maticovém rozptýlení . . . . .	100
4.3	Zpracování jedné barevné složky pixelu při rozptýlení . . . . .	103
4.4	Feature based warping . . . . .	121
4.5	Výpočet vyhledávací tabulky, sloužící k ekvalizaci histogramu . . . . .	128
4.6	Ekvalizace jasu barevného obrázku . . . . .	129
4.7	Filtrování pomocí mediánu . . . . .	130
4.8	Algoritmus napodobující impresionismus . . . . .	136
4.9	Zahájení zpracování polygonu jeho ořezáním levou hranicí . . . . .	141
5.1	Rekurzivní algoritmus rozdělení Bézierovy bikubické plochy . . . . .	162
7.1	Marching Cubes – sled operací pro jednu buňku . . . . .	205
7.2	Dividing Cubes . . . . .	209

8.1	Spektrální syntéza. Zde je <code>Gauss()</code> náhodné číslo s Gaussovským rozložením a <code>rand()</code> náhodné číslo s rovnoměrným rozložením	224
10.1	Algoritmus <i>back-to-front</i> pro jeden paprsek	259
10.2	Algoritmus <i>front-to-back</i> pro jeden paprsek	260
11.1	Robertsův algoritmus pro určení viditelnosti hran konvexních mnohostěnů	272
11.2	Řešení viditelnosti v paměti hloubky	274
11.3	Řešení viditelnosti v řádkové paměti hloubky	274
11.4	Řešení viditelnosti grafu funkce dvou proměnných metodou plovoucího horizontu	279
13.1	Výpočet skvrnového šumu <i>SpotNoise(P)</i> . Funkce <code>rand()</code> vrací náhodné číslo	303
13.2	Algoritmus výpočtu turbulence	304
14.1	Rekurzivní stavba stromové struktury pro uspořádání scény	313
15.1	Sledování paprsku vyššího řádu	316
15.2	Traverzace BSP stromu při sledování paprsku	322
15.3	Výpočet radiozity Gaussovou-Seidelovou iterační metodou	333
15.4	Postupující radiozita	334
15.5	Adaptivní dělení ploch	335
15.6	Vytváření vazeb mezi uzly stromu při hierarchické radiozitě	337
15.7	Hierarchická radiozita	338
17.1	Detekce kolizí	367
20.1	Algoritmus výpočtu průsečíku s ohraničujícím kvádrem	410