

# Obsah

<b>A</b>	<b>ROVINNÁ GRAFIKA</b>	<b>17</b>
<b>1.</b>	<b>Světlo a barvy v počítačové grafice</b>	<b>JS &amp; JŽ 19</b>
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
<b>2.</b>	<b>Obraz a jeho reprezentace</b>	<b>39</b>
2.1	Digitalizace . . . . .	BB 40
2.1.1	Kvantování . . . . .	40
2.1.2	Vzorkování . . . . .	41
2.2	Fourierův obraz . . . . .	43
2.2.1	Spojité 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	Kompresce 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
<b>3.</b>	<b>Dvourozměrné objekty</b>		<b>79</b>
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
<b>4.</b>	<b>Úpravy obrazu</b>		<b>115</b>
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	Vytlačený vzor – emboss . . . . .	171
4.6.4	Malování pomocí počítače . . . . .	172
<b>B</b>	<b>TROJROZMĚRNÉ MODELY</b>	<b>175</b>
<b>5.</b>	<b>Křivky a plochy</b>	<b>177</b>
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
<b>6.</b>	<b>Reprezentace a modelování těles</b>		<b>237</b>
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	Barrovy deformace . . . . .		249
6.4.2	Volné tvarování těles . . . . .		251
<b>7.</b>	<b>Objemová reprezentace těles</b>	PF	<b>255</b>
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
<b>8.</b>	<b>Procedurální modelování</b>	BB	<b>265</b>
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
<b>C</b>	<b>ZOBRAZOVÁNÍ PROSTOROVÝCH DAT</b>		<b>301</b>
<b>9.</b>	<b>Promítání</b>	<b>JS</b>	<b>305</b>
9.1	Kamera . . . . .		307
9.2	Rovnoběžné promítání . . . . .		309
9.3	Středové promítání . . . . .		312
9.4	Jednotné promítání . . . . .		315
9.5	Pohledový objem . . . . .		316
<b>10.</b>	<b>Světlo</b>		<b>319</b>
10.1	Základní pojmy . . . . .	<b>BB</b>	320
10.1.1	Prostorové úhly . . . . .		321
10.1.2	Základní radiometrické pojmy . . . . .		323
10.1.3	Radiance . . . . .		324
10.2	Dvousměrová 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 . . . . .	<b>JŽ &amp; BB</b>	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 . . . . .	<b>PF</b>	342
10.8.1	Odvození integrálu pro zobrazování objemů . . . . .		343
<b>11.</b>	<b>Řešení viditelnosti</b>	<b>JŽ</b>	<b>349</b>
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
<b>12.</b>	<b>Stíny</b>	<b>JŽ</b>	<b>367</b>
12.1	Projekční metody . . . . .		369
12.2	Stínové těleso . . . . .		372
12.3	Stínová paměť hloubky . . . . .		375
<b>13.</b>	<b>Textury</b>	<b>BB</b>	<b>379</b>
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	Hrboaté 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
<b>14.</b>	<b>Reprezentace scény</b>		<b>397</b>
14.1	Graf scény . . . . .	<b>JŽ</b>	398
14.2	Pomocné datové struktury . . . . .		401
14.2.1	Hierarchie obálek . . . . .		402
14.2.2	Dělení prostoru . . . . .		405
14.3	Detekce kolizí . . . . .	<b>BB &amp; JŽ</b>	410
<b>15.</b>	<b>Globální zobrazovací metody</b>		<b>413</b>
15.1	Zobrazovací rovnice . . . . .	<b>BB</b>	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 . . . . .	<b>JŽ</b>	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
<b>16.</b>	<b>Vizualizace objemových dat</b>	<b>PF</b>	<b>457</b>
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
<b>17.</b>	<b>Nefotorealistické zobrazování</b>	<b>JŽ</b>	<b>473</b>
17.1	Výhody NPR . . . . .		473
17.2	Rozdělení metod NPR . . . . .		475
17.3	Aplikace NPR . . . . .		477
<b>D</b>	<b>ANIMACE A VIRTUÁLNÍ REALITA</b>		<b>481</b>
<b>18.</b>	<b>Počítačová animace</b>		<b>483</b>
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

<b>19. Zobrazování rozsáhlých scén</b>	<b>JŽ</b>	<b>505</b>
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
<b>20. Virtuální realita</b>	<b>JŽ</b>	<b>523</b>
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
 <b>E MATEMATIKA PRO POČÍTAČOVOU GRAFIKU</b>		 <b>539</b>
<b>21. Transformace</b>	<b>JS &amp; BB</b>	<b>541</b>
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
<b>22.</b>	<b>Často používané vzorce</b>	<b>JS &amp; PF 555</b>
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