

OBSAH

I. ZOBRAZOVACÍ TECHNIKA V LÉKAŘSTVÍ

Předmluva	3
1. Úvod	6
2. Základní třídění zobrazovacích systémů	7
3. Obecné principy analýzy parametrického pole	12
3.1. Strojová analýza dvojrozměrného obrazu	13
3.2. Vlastnosti zobrazovacích systémů z hlediska analýzy parametrického pole	14
4. Specifické požadavky na zobrazovací systémy používané v medicíně	16

II. OBECNÉ POJMY TEORIE ZOBRAZENÍ

1. Úvod	17
1.1. Princip vlivu okolí	18
1.2. Princip nezápornosti	19
1.3. Princip vzájemného působení	19
2. Obecné vyjádření procesu zobrazení	20
3. Základy teorie parametrického pole	22
3.1. Primární parametrické pole	22
3.2. Výsledné parametrické pole	23
3.3. Fourierova transformace parametrického pole	24
3.4. Obrazový tok a jeho diskretizace	28
3.5. Konvoluční teorém a optická přenosová funkce	30
4. Vyjádření obrazové informace	33
4.1. Vyjádření obrazové funkce zčernáním	33
4.2. Vyjádření obrazové funkce jasnem	36
4.3. Barevné vyjádření obrazové funkce	38
4.4. Forma obrazové informace	39
4.5. Diskretizace obrazové informace	42
4.5.1. Prostorová a časová diskretizace	42
4.5.2. Jednorozměrné vzorkování signálu	43
4.5.3. Obnova signálu při vzorkování 2. druhu	49
4.5.4. Vzorkování vícerozměrné funkce	50
4.5.5. Podmínky rekonstrukce obrazu	51
4.5.6. Kvantování obrazové informace	53
4.5.7. Vztah mezi amplitudou a plošnou diskretizační strukturou	56
5. Kvantitativní vyjádření kvality procesu zobrazení	56
5.1. Základní prvky kritérií kvality procesu zobrazení	57
5.1.1. Bodová rozptylová funkce	58
5.1.2. Čarová rozptylová funkce	59
5.1.3. Obraz rozhraní	59
5.1.4. Přenosová funkce	60
5.1.5. Vzájemný vztah bodové a čarové rozptylové funkce, optické přenosové funkce a funkce obrazu rozhraní	61

6.2. Objektivní kritéria kvality zobrazovacího systému	63
6.2.1. Objektivní kritéria odvozená z rozptylových funkcí	64
6.2.2. Objektivní kritéria odvozená z přenosové funkce	65
6.2.3. Objektivní kritéria odvozená od obrazu rozhraní	66
6.3. Subjektivní kritéria kvality procesu zobrazení	67
6.3.1. Kvalitativní parametry ostrosti obrazu	67
6.3.2. Subjektivní kritéria zkušebního obrazce	68
6.4. Energetická rozlišovací schopnost	69
6.5. Přenos obrazové souřadnice	70
6.6. Přenos poziční souřadnice	71
III. OBECNÉ PRINCIPY TEORIE ZOBRAZENÍ A KONSTRUKCE ZOBRAZOVACÍCH SYSTÉMŮ	72
1. Zobrazovací systémy se současným zaváděním vstupní informace	72
1.1. Optické difrakční systémy	
1.2. Systémy využívající penetrační signál	73
1.2.1. Zobrazovací systémy s jednotvorovým kolimátorem	73
1.2.2. Přímý průmět předmětu do obrazové roviny	74
2. Zobrazovací systémy s postupným a smíšeným zaváděním informace	76
2.1. Rozklad primárního parametrického pole	76
2.1.1. Trajektorie rozkladu primárního parametrického pole	78
IV. OBECNÁ KONFIGURACE PRACOVNÍŠTĚ PRO ZÍSKÁVÁNÍ, ZPRACOVÁNÍ, ZOBRAZENÍ A ARCHIVACI OBRAZOVÉ INFORMACE	81
1. Úvod	81
1.1. Klasifikace číslicových systémů pro zpracování obraz. informací	81
1.1.1. Klasifikace čísl. syst. podle četnosti toků instrukcí	83
1.1.2. Klasifikace víceprocesorových systémů podle topologie propojení	85
1.2. Sdílení systémových prostředků a rozhodovací obvody	89
1.2.1. Cyklické sdílení	89
1.2.2. Sdílení s libovolným přístupem	89
1.3. Metody přenosu dat	92
1.3.1. Seriový a paralelní přenos	92
1.3.2. Synchronní, asynchronní a arytmiický přenos	93
1.3.3. Jednosměrný a obousměrný provoz	94
1.3.4. Formáty zpráv	94
2. Parametry obrazu (zobrazení)	94
2.1. Prostorová diskretizace	95
2.2. Energetická diskretizace	95
2.3. Časová diskretizace	96
3. Principy zpracování obrazových dat	97
3.1. Restaurování obrazu	98
3.2. Zkvalitňování zobrazení	98
3.3. Segmentace obrazu	100
3.3. Rozpoznávání obrazu	100
3.4. Rekonstrukce obrazu	101

4. Požadavky na zpracování obrazových dat	101
5. Charakteristika algoritmů pro zpracování obrazových dat	102
6. Přenos, zpracování a archivace obrazových dat	103
6.1. Centrum obrazové diagnostiky	103
6.2. Prostředky archivace obrazových dat	107
6.2.1. Zařízení pro krátkodobou archivaci	107
6.2.2. Zařízení pro dlouhodobou archivaci	109
6.3. Možnosti redukce obrazových dat při jejich přenosu a záznamu	112
6.3.1. Redukce irelevance	113
6.3.2. Redukce redundance	115
6.3.3. Praktické přístupy ke kompresi obrazových dat	117
7. Řízení procesu zobrazení	123
7.1. Operační systém	124
7.2. Aplikační programy	124
8. Jednotka generace obrazových dat a utváření obrazu	125
9. Obrazový procesor	130
9.1. Komunikace obrazového procesoru s okolím	133
9.2. Architektura obrazového procesoru	133
9.3. Obvody analogové číslicového převodníku	137
9.4. Obvody číslicově analogového převodníku	138
10. Zobrazení obrazových dat	142
10.1. Vyhledávací tabulka	144
10.2. Alfnumerické a grafické zobrazení	147
11. Obrazová paměť	149
12. Interaktivní vstup - komunikace se systémem	153
13. Hodnocení kvality systému pro digitální přenos a zpracování obrazové informace	154
13.1. Objektivní metody	154
13.1.1. Měření vlastností digitálního kódování	154
13.1.2. Měření vlastností digitálního přenosu	155
13.2. Subjektivní metody	156
V. INFRAZOBRAZOVACÍ SYSTÉMY	158
1. Úvod	158
2. Základní vlastnosti signálu nesoucího informaci o primárním parametrickém poli	159
2.1. Zákonů vyzařování tepelných zdrojů	160
2.1.1. Kirchhoffův zákon	160
2.1.2. Planckův zákon záření černého tělesa	160
2.1.3. Stefan-Boltzmannův zákon záření černého tělesa	161
2.1.4. Wienův zákon posuvu záření černého tělesa	162
2.1.5. Modifikace základních zákonů vyzařování pro šedé zdroje	163
2.2. Signálový radiační tok	164
2.2.1. Signálový radiační tok neselektivních infrasytémů	164
2.2.2. Signálový radiační tok selektivních infrasytémů	165

3.	Primární parametrické pole infrasystémů používaných v medicíně	165
3.1.	Vnitřní faktory generace a detekce povrchového teplotního reliéfu	167
3.1.1.	Individuální vlastnosti subjektu a jejich vliv na povrchový teplotní reliéf	168
3.2.	Vnější faktory generace a detekce povrchového teplotního reliéfu	169
3.2.1.	Topologie povrchu těla a její vliv na detekci teplotního reliéfu	171
3.2.2.	Teplota vnějšího prostředí a její vliv na povrchový teplotní reliéf	173
3.2.3.	Vnější zdroje infračerveného záření a jejich vliv na povrchový teplotní reliéf	176
3.2.4.	Proudění vzduchu a jeho vliv na povrchový teplotní reliéf	176
3.2.5.	Transparence prostředí a její vliv na detekovaný povrchový teplotní reliéf	177
3.2.6.	Shrnutí	177
4.	Modulace signálového radiačního toku primárním parametrickým polem	179
4.1.	Modulace signálu změnou povrchové teploty	179
4.2.	Modulace signálu změnou povrchové teploty a emisivity	182
5.	Základní principy konstrukce infrazobrazovacích systémů	183
5.1.	Zpracování a detekce radiačního signálu	186
5.1.1.	Optika infrazobrazovacích systémů	186
5.1.2.	Optické předzpracování signálové radiace	189
5.1.3.	Detekce signálové radiace	191
5.2.	Zpracování elektrického signálu	191
5.2.1.	Obrazová jednotka	192
5.2.2.	Poziční jednotka	199
5.3.	Úplný termovizní obraz	203
5.4.	Číslicové infrazobrazovací systémy	207
5.4.1.	Rozšíření analogového infrasystému o hostující počítač	207
5.4.2.	Číslicové infrazobrazovací systémy s vnitřními procesory	210
6.	Kvantitativní hodnocení kvality infrazobrazovacích systémů	211
6.1.	Spektrální citlivost	212
6.2.	Energetická (teplotní) rozlišovací schopnost	212
6.2.1.	Teplotní difference ekvivalentní šumu - NETD	212
6.3.	Prostorová rozlišovací schopnost	213
6.4.	Minimální rozlišitelná teplotní difference	213
7.	Klinické využití obrazu povrchového teplotního reliéfu	216
7.1.	Nádorová onemocnění	216
7.2.	Zánětlivá onemocnění	217
7.3.	Onemocnění periferního krevního řečiště	217
7.4.	Kolagenní choroby	219
7.5.	Mozková a nervová onemocnění	219
7.6.	Hormonální choroby	219
7.7.	Aplikace farmak	219

VI. KONVENČNÍ RENTGENOVÉ ZOBRAZOVACÍ SYSTÉMY	220
1. Úvod	220
2. Základní vlastnosti signálu nesoucího informaci o primárním parametric-kém poli	221
2.1. Zdroje rentgenového záření	221
2.2. Signálový radiační tok	223
3. Primární parametrické pole rtg zobrazovacích systémů	225
3.1. Primární parametr	226
4. Modulace signálového radiačního toku primárním parametrickým polem	226
4.1. Modulace signálu při nativním zobrazení	227
4.2. Modulace signálu při kontrastních vyšetřovacích metodách	227
4.3. Modulace signálu volbou provozního režimu rentgenu	228
4.4. Topologie orgánů a její vliv na modulaci signálu	228
5. Základní principy konstrukce konvenčních rentgenů	228
5.1. Zpracování a detekce radiačního signálu	229
5.1.1. Clonění a filtrace	229
5.1.2. Detekce signálové radiace	230
5.2. Řízení generace radiačního signálu	231
5.3. Řízení radiačního detekčního procesu	231
5.4. Konvenční rtg tomografie	232
6. Kvantitativní hodnocení kvality konvenčního rtg zobrazovacího systému	234
6.1. Ostrost rtg obrazu	234
7. Zesilovač jasu rtg obrazu a televizní systém	237
7.1. Zesilovač jasu rtg obrazu	237
7.2. Televizní systém	241
7.2.1. Televizní snímací elektronka	243
7.2.2. Analogové metody zpracování rtg obrazu	245
7.3. Kvalita rtg obrazu s televizním řetězcem	246
7.3.1. Gradace, gama obrazu	246
7.3.2. Kontrast obrazu	246
7.3.3. Ostrost obrazu	248
VII. DIGITÁLNÍ RADIOGRAFIE	250
1. Úvod	250
2. Stimuly vzniku, hlavní cíle a využití digitální radiografie	250
3. Základní principy konstrukce systémů pro digitální radiografii	252
3.1. Detekční systémy	252
3.2. Obrazový řetězec pro digitální videoradiografii	254
3.2.1. Rtg generátor	254
3.2.2. Rentgenka	255
3.2.3. Filtr, clona	256
3.2.4. Obrazový zesilovač jasu	256
3.2.5. Televizní kamera	257
3.2.6. Logaritmický zesilovač	258

3.2.7. Analogově číslicový převodník	258
3.2.8. Záznam obrazu	259
3.2.9. Obrazový procesor	259
3.3. Základní aplikační oblasti a technické požadavky na systém DR	262
4. Procedury používané při zpracování obrazu v digitální radiografii	264
4.1. Digitální subtrakční techniky	264
4.1.1. Konvenční digitální subtrakce	264
4.1.2. EKG-vrátkovaná subtrakce	266
4.1.3. Časová integrace	266
4.1.4. Kombinace EKG-vrátkované subtrakce a časové integrace	268
4.1.5. "Matched" filtrace	268
4.1.6. Rekursivní filtrace	269
4.1.7. Hybridní subtrakce	272
5. Klinické využití digitální radiografie	273
5.1. Číslicové zpracování obrazu v angiografii	273
5.1.1. Procedury používané k určení lumenové geometrie	273
5.2. Číslicové zpracování obrazu ve ventrikulografii	280
5.2.1. Procedury používané ve ventrikulografii	281
5.3. Parametrická a funkční číslicová angiokardiografie	285
5.3.1. Procedury parametrického zobrazování	286
5.3.2. Procedury zobrazení časových parametrů	287
VIII. POČÍTAČOVÁ RTG TOMOGRAFIE	289
1. Úvod	289
2. Základní principy konstrukce CT systémů	291
2.1. CT systémy 1. generace	291
2.2. CT systémy 2. generace	292
2.3. CT systémy 3. generace	293
2.4. CT systémy 4. generace	294
3. Primární parametrické pole CT systémů	296
4. Modulace signálového radiačního toku primárním parametrickým polem	297
5. Generace, zpracování a detekce radiačního signálu CT systémů	299
5.1. CT systémy 1. generace	300
5.2. CT systémy 2. generace	301
5.3. CT systémy 3. generace	303
5.4. CT systémy 4. generace	307
5.5. Ultrarychlé CT systémy	308
5.6. Detektory používané u CT systémů	310
6. Základní principy rekonstrukce obrazu	312
6.1. Přímá zpětná projekce	314
6.2. Analytické rekonstrukce	315
6.2.1. Dvojrozměrná Fourierova rekonstrukce	316
6.2.2. Filtrovaná zpětná projekce	317
7. Zpracování elektrického signálu	322

8. Prezentace obrazové informace	324
8.1. Klinické vyhodnocení CT obrazu	326
9. Kvantitativní hodnocení kvality CT systémů	327
9.1. Rozlišitelnost kontrastu	327
9.2. Prostorová rozlišovací schopnost	328
9.3. Linearita systému	329
9.4. Homogenita systému	329
9.5. "Přesnost" CT systému	330
9.6. Tloušťka tomografické vrstvy	330
9.7. Vzájemný vztah mezi dávkou, šumem a detekční geometrií	331
9.8. Vzájemný vztah mezi šumem a prostorovou rozlišovací schopností	332
10. Využití CT systémů v lékařství	333
IX. ZOBRAZOVACÍ SYSTÉMY JADERNÉ MAGNETICKÉ REZONANCE	336
1. Úvod	336
2. Základní vlastnosti signálu nesoucího informaci o primárním parametrickém poli	336
2.1. Fyzikální základy mechanismu jaderné magnetické rezonance	337
2.1.1. Blochova makroskopická teorie jaderné magnetické rezonance	341
2.1.2. Relaxační časy T1, T2 a volně indukovaný signál FID	343
2.2. Metody měření magnetizace	346
2.2.1. Opakovaná FID technika - SR metoda	346
2.2.2. IR metoda	347
2.2.3. Spin-echo SE metoda	348
3. Primární parametrické pole JMR systémů	348
4. Modulace signálového radiačního toku primárním parametrickým polem	350
4.1. Kontrast při T1 relaxaci	350
4.1.1. SR metoda měření magnetizace	350
4.1.2. IR metoda měření magnetizace	350
4.2. Kontrast při T2 relaxaci	352
4.2.1. SE metoda měření magnetizace	352
5. Základní principy konstrukce JMR zobrazovacích systémů	352
5.1. Selektce tomografické roviny	353
5.1.1. Selektivní excitace tomografické roviny	353
5.1.2. Excitace tomografické roviny oscilačním gradientem	354
5.2. Princip prostorového kódování JMR signálů	355
5.3. Zobrazovací metody JMR	356
5.3.1. Projekčně rekonstrukční metody	356
5.3.2. Dvojměrná Fourierova rekonstrukční metoda	358
5.3.3. Vícevrstvé techniky zobrazení	361
5.3.4. Objemové-3D techniky zobrazení	361
6. Nejdůležitější konstrukční prvky JMR systémů	361
6.1. Hlavní magnet	361
6.2. Gradientní cívky	363
6.3. Vysokofrekvenční cívky	364

7. Zpracování elektrického signálu	365
8. Prezentace obrazové informace	367
9. Kvantitativní hodnocení kvality JMR systémů	368
10. Využití JMR systémů v lékařství	369
X. GAMAZOBRAZOVACÍ SYSTÉMY	371
1. Úvod	371
2. Základní vlastnosti signálu nesoucího informaci o primárním parametrickém poli	372
2.1. Základní zákon radioaktivního rozpadu	372
2.2. Statistika radioaktivního rozpadu	373
2.3. Signálový radiační tok	374
2.3.1. Radiační tok pozadí	375
3. Primární parametrické pole gamazobrazovacích systémů	375
3.1. Požadavky na fyzikální vlastnosti radionuklidu	375
3.2. Požadavky na sloučeninu - nosič	376
3.3. Primární parametr	376
4. Modulace signálového radiačního toku primárním parametrickým polem	377
4.1. Interakce záření gama s hmotou	377
4.2. Topologie orgánů a její vliv na modulaci signálu	378
4.3. Zjednodušený model procesu zobrazení modulace primárního parametrického pole	378
5. Základní principy konstrukce gamazobrazovacích systémů	380
6. Stacionární gamazobrazovací systémy - gamakamery	381
6.1. Zpracování a detekce radiačního signálu Angerovou kamerou	381
6.1.1. Kolimace signálové radiace	382
6.1.2. Detekce signálové radiace	385
6.2. Zpracování elektrického signálu	392
6.2.1. Poziční jednotka	394
6.2.2. Obrazová jednotka	397
7. Digitální gamagrafie	401
7.1. Úvod	401
7.2. Metody snímání a záznamu obrazových dat	402
7.2.1. Frame mód záznam	402
7.2.2. List mód záznam	403
7.2.3. Hradlovaný frame mód záznam	403
7.2.4. Hradlovaný list mód záznam	404
8. Zvláštní metody zpracování a prezentace obrazových dat gamakamer	405
8.1. Lokálně parametrické prezentace dynamických studií	407
9. Kvantitativní hodnocení kvality gamazobrazovacích systémů	408
9.1. Prostorová rozlišovací schopnost	408
9.2. Energetická rozlišovací schopnost	410
9.3. Linearita přenosu poziční souřadnice	410
9.4. Linearita přenosu obrazové souřadnice	410

9.5. Citlivost	411
9.6. Homogenita zorného pole	411
10. Klinické využití gamazobrazovacích systémů	412
10.1. Diagnostika chorob štítné žlázy	412
10.2. Lokalizační diagnostika značenými červenými křivkami	412
10.3. Lokalizační diagnostika jater	413
10.4. Lokalizační diagnostika ledvin	413
10.5. Diagnostika nádorů pomocí radionuklidů	413
10.5.1. Diagnostika mozkových nádorů	413
10.5.2. Diagnostika lokalizovaných změn skeletu	414
10.5.3. Radionuklidová lymfografie	414
11. Perspektivy využití gamazobrazovacích systémů v medicíně	415
XI. EMISNÍ POČÍTAČOVÁ TOMOGRAFIE	416
1. Úvod	416
2. Jednofotonová emisní tomografie SPECT	417
2.1. Základní principy konstrukce systémů SPECT	417
2.2. Zpracování elektrického signálu	419
3. Pozitronová emisní tomografie PET	421
3.1. Základní vlastnosti signálu nesoucího informaci o primárním parametrickém poli	422
3.2. Modulace signálového radiačního toku primárním parametrickým polem	423
3.3. Základní principy konstrukce PET systémů	425
3.3.1. Detekce signálové radiace	427
3.3.2. Zpracování elektrického signálu	428
3.4. Kvantitativní hodnocení kvality PET systémů	430
3.5. Klinické využití PET systémů	433
XII. ULTRAZVUKOVÉ ZOBRAZOVACÍ SYSTÉMY	435
1. Úvod	435
2. Zobrazovací vlastnosti signálu nesoucího informaci o primárním parametrickém poli	439
2.1. Základní veličiny ultrazvukového pole	440
2.2. Zdroje ultrazvukového vlnění	442
2.2.1. Vyzářovací diagram sondy	443
3. Primární parametrické pole a modulace ultrazvukového signálu	445
3.1. Útlum ultrazvukové energie	445
3.2. Odraz a lom ultrazvukových vln	448
3.3. Rozptyl ultrazvukových vln	450
3.4. Primární parametr ultrazvukového zobrazení	450
3.5. Geometrická distorse ultrazvukového zobrazení	451
3.5.1. Geometrická distorse změnou rychlosti šíření ultrazvukové vlny	451

3.5.2. Geometrická distorse násobnou reflexí	452
3.5.3. Geometrická distorse způsobená skladbou tkání	453
3.5.4. Geometrická distorse vlivem konečné šířky uzv svazku	453
3.5.5. Geometrická distorse způsobená pohybem tkáňových struktur	454
4. Základní principy konstrukce ultrazvukových zobrazovacích systémů	454
4.1. Zpracování ultrazvukového signálu	456
4.1.1. Přizpůsobení akustických impedancí	456
4.1.2. Optika ultrazvukových zobrazovacích systémů	456
4.1.3. Vychylování svazku uzv signálu	457
4.1.4. Fokusace svazku uzv signálu	461
4.2. Zpracování elektrického signálu	470
4.2.1. Jednotka vysílače	472
4.2.2. Jednotka přijímače	473
4.2.3. Poziční jednotka	475
5. Digitální sonografie	477
5.1. Úvod	477
5.2. Generace a detekce ultrazvukového signálu	479
5.3. Zpracování obrazového a pozičního signálu	481
6. Zvláštní metody zpracování a prezentace obrazových dat ultrazvukových tomografů	487
6.1. Metody zpracování obrazových dat	487
6.2. Metody prezentace obrazových dat	488
7. Kvantitativní hodnocení kvality ultrazvukových zobrazovacích systémů	490
7.1. Parametry ultrazvukových sond	490
7.2. Parametry elektronické části ultrazvukového zobrazovacího systému	492
7.3. Parametry systému	492
8. Klinické využití ultrazvukových zobrazovacích systémů	493