

Obsah

Úvodní poznámky	11
1. Vlastnosti diskretních a číslicových metod zpracování signálů	15
1.1 Základní pojmy	15
1.2 Aplikační oblasti a etapy zpracování signálů	17
1.3 Klasifikace diskretních metod zpracování signálů	19
1.4 Výhody a nevýhody diskretního a zvláště číslicového zpracování signálů	20
2. Diskretní signály a systémy	23
2.1 Vzorkování a rekonstrukce signálů	23
2.2 Poznámka o Z-transformaci	30
2.3 Diskretní lineární systémy – modely a charakteristiky	33
2.3.1 Vstupně-výstupní modely a základní charakteristiky	33
2.3.2 Stavové modely	41
2.3.3 Spojování systémů	43
3. Diskretní lineární transformace	47
3.1 Fourierova transformace diskretního signálu	49
3.2 Diskretní unitární transformace obecně	43
3.3 Diskretní Fourierova transformace	53
3.3.1 Definice a vlastnosti DFT	53
3.3.2 Metody rychlého výpočtu DFT	58
3.3.2.1 Rozklad v časové oblasti	58
3.3.2.2 Rozklad ve frekvenční oblasti	61
3.4 Kosínová a sínová transformace	64
3.5 Vlnkové transformace	66
3.5.1 Spojité vlnkové transformace	66
3.5.2 Diskretní vlnkové transformace	68
3.5.3 Realizace vlnkových transformací bankami filtrů	71
3.6 Karhunen-Loeveova transformace	83
4. Náhodné procesy a jejich charakteristiky	87
4.1 Náhodné signály a procesy	87
4.2 Korelační a kovarianční funkce	90
4.3 Stacionární a ergodické procesy	93

4.4	Spektra náhodných procesů	96
4.4.1	Výkonová spektra náhodných procesů	96
4.4.2	Vzájemná spektra dvojic procesů	99
4.5	Přenos náhodného signálu lineárním systémem	100
4.6	Poznámka o principu ortogonality	103
5. Lineární filtrace signálů a principy návrhu filtrů		105
5.1	Obecně o lineární filtraci	105
5.2	Filtry s konečnou impulsní charakteristikou	106
5.2.1	Základní vlastnosti FIR filtrů	106
5.2.2	Základní metody návrhu FIR filtrů	109
5.2.2.1	Metoda vzorkování frekvenční charakteristiky	109
5.2.2.2	Metoda váhování impulsní charakteristiky	113
5.2.3	Realizace FIR filtrů	116
5.2.3.1	Realizace v časové oblasti	116
5.2.3.2	Realizace prostřednictvím frekvenční oblasti	119
5.3	Filtry s nekonečnou impulsní charakteristikou	123
5.3.1	Základní vlastnosti IIR filtrů	123
5.3.2	Základní metody návrhu IIR filtrů	124
5.3.2.1	Optimalizační přístupy	124
5.3.2.1.1	Interaktivní rozmísťování nulových bodů a pólů	124
5.3.2.1.2	Optimalizační návrh podle frekvenční charakteristiky	126
5.3.2.1.3	Optimalizační návrh podle impulsní charakteristiky	127
5.3.2.2	Přístupy, založené na podobnosti s analogovými systémy	129
5.3.2.2.1	O podobnosti a analogových filtrech	129
5.3.2.2.2	Impulsní invariance	131
5.3.2.2.3	Transformace nulových bodů a pólů	136
5.3.2.2.4	Bilineární transformace	136
5.3.2.3	Transformace frekvenčních charakteristik diskretních systémů	140
5.3.3	Realizace IIR filtrů	144
5.3.3.1	Přímé realizace	144
5.3.3.2	Kombinace systémů 2. řádu	145
5.3.3.3	Realizace založené na stavovém popisu	147
6. Kumulační metody zvýrazňování signálů v šumu		151
6.1	Princip kumulačních technik	151
6.2	Kumulace s rovnoměrnými vahami	158
6.2.1	Kumulace s pevným oknem	158
6.2.2	Kumulace s klouzavým oknem	159
6.3	Exponenciální kumulace	162

7. Komplexní signály a jejich využití	167	
7.1	Reprezentace komplexních signálů	167
7.2	Hilbertova transformace a analytický signál	168
7.3	Translace spekter a frekvenčních charakteristik	173
7.3.1	Prostá multiplikační modulace a demodulace	173
7.3.2	Modulace s jedním postranním pásmem	176
7.3.3	Aproximace frekvenčně asymetrických filtrů frekvenční translací	179
8. Korelační analýza	183	
8.1	Úvod	183
8.2	Vlastnosti korelačních a kovariančních funkcí	185
8.2.1	Vlastnosti autokorelační a autokovarianční funkce	185
8.2.2	Vlastnosti vzájemné korelační funkce	188
8.3	Metody odhadu korelačních funkcí	191
8.3.1	Přímý odhad v časové oblasti	191
8.3.2	Odhad prostřednictvím frekvenční oblasti	192
8.3.3	Odhad na základě výkonového resp. vzájemného spektra	194
8.4	Korelační analýza signálů	195
8.4.1	Korelační detekce známého signálu v šumu, přizpůsobený filtr	195
8.4.2	Korelační restaurace neznámého signálu v šumu	198
8.5	Korelační identifikace systémů	200
8.5.1	Autokorelační identifikace	201
8.5.2	Vzájemně korelační identifikace	202
9. Spektrální analýza	209	
9.1	Úvod	209
9.2	Spektrální analýza deterministických signálů	211
9.2.1	Analýza periodických signálů	211
9.2.2	Analýza obecných signálů	213
9.2.3	Časově-frekvenční analýza	220
9.3	Spektrální analýza stochastických signálů	225
9.3.1	Náhodné odhady spekter stochastických procesů	225
9.3.2	Odhad výkonových spekter	226
9.3.2.1	Neparametrické metody	226
9.3.2.2	Parametrické metody	235
9.3.2.3	Porovnání vlastností parametrických a neparametrických metod	242
9.3.3	Vzájemná spektra	243
10. Inverzní filtrace a restaurace signálu v šumu	245	
10.1	Model zkreslení	245
10.2	Prostá dekonvoluce a pseudoinverze	248

10.3	Koncept odhadu s minimálními středními kvadratickými odchylkami – LMS filtrace	253
10.4	Wienerova filtrace	255
10.4.1	Formulace Wienerova filtru ve frekvenční oblasti	255
10.4.2	Diskretní formulace Wienerova filtru v originální oblasti	260
10.5	Kalmanova filtrace	263
10.5.1	Úvod	263
10.5.2	Skalární Kalmanův filtr	263
10.5.3	Vektorový Kalmanův filtr	268
10.6	Vázaná dekonvoluce	273
10.7	Dekonvoluce s optimalizací tvaru impulsní charakteristiky	278
10.8	Zobecněná diskretní minimalizace kvadratické odchylky	281
10.9	Jiné přístupy k restauraci	283
10.9.1	Metoda maximalizace a posteriorní pravděpodobnosti	283
10.9.2	Metoda maximalizace entropie	285
11.	Adaptivní filtrace a identifikace	271
11.1	Koncept adaptivní filtrace	287
11.2	Algoritmy adaptivních filtrů	289
11.2.1	Adaptivní verze diskretního Wienerova filtru	289
11.2.2	Filtr s rekurzivní optimální adaptací	292
11.2.3	Filtr se stochasticky gradientní adaptací	294
11.2.4	Filtr s adaptací na základě ortogonalizovaných vstupních dat	297
11.3	Typické aplikace adaptivní filtrace	299
11.3.1	Přímá identifikace a modelování	299
11.3.2	Inverzní identifikace a modelování	300
11.3.3	Lineární adaptivní predikce	302
11.3.4	Adaptivní potlačování rušení	304
12.	Nelineární filtrace	309
12.1	Úvod	309
12.2	Nelineární diskretní dynamické systémy	311
12.2.1	Obecné a polynomiální nelineární diskretní systémy	311
12.2.2	Filtry založené na třídění	316
12.3	Homomorfická filtrace	318
12.3.1	Kanonická forma homomorfického systému	318
12.3.2	Homomorfická filtrace a dekonvoluce	320
12.4	Výkonové kepstrum a jeho aplikace	324
12.5	Nelineární přizpůsobené filtry	325

13. Zpracování signálů neuronovými sítěmi	329
13.1	Koncept neuronových sítí 329
13.2	Jednotlivý neuron 332
13.3	Dopředné sítě 335
13.3.1	Koncept a architektura dopředných sítí 335
13.3.2	Učení sítě zpětným šířením chyb 341
13.3.3	Sítě s radiální bází 346
13.4	Sítě se vzájemnými vazbami 350
13.5	Samoorganizující se mapy 355
13.6	Aplikace neuronových sítí ve zpracování signálů 358
14. Vícerozměrné signály	363
14.1	Spojité vícerozměrné signály a systémy 363
14.1.1	Koncept vícerozměrných signálů 363
14.1.2	Dvojměrná Fourierova transformace a lineární dvojměrné systémy 364
14.1.3	Náhodná pole 367
14.2	Diskretní vícerozměrné signály a systémy 368
14.2.1	Dvojměrné vzorkování a rekonstrukce ze vzorků 368
14.2.2	Maticová a vektorová reprezentace obrazů, 2D systémů a unitárních transformací 371
14.2.3	Diskretní náhodná pole 375
14.3	Zpracování a analýza obrazů jako 2D signálů 376
14.3.1	Aplikace bodových operátorů 377
14.3.2	Aplikace lokálních operátorů 379
14.3.3	Vyšší metody zpracování a analýzy 385
15. Principy komprese signálových dat	395
15.1	Filozofie komprese signálů 395
15.2	Podstata bezztrátové komprese 399
15.3	Principy ztrátové komprese 407
15.4	Volba kompresní metody 415
Literatura	417