

OBSAH

ÚVODNÍ POZNÁMKY	1
1. VLASTNOSTI DISKRETNÍCH A ČÍSLICOVÝCH METOD ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ	5
1.1. ZÁKLADNÍ POJMY	5
1.2. APLIKAČNÍ OBLASTI A ETAPY ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ	8
1.3. KLASIFIKACE DISKRETNÍCH METOD ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ	10
1.4. VÝHODY A NEVÝHODY DISKRETNÍHO A ZVLÁŠTĚ ČÍSLICOVÉHO ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ	12
2. DISKRETNÍ SIGNÁLY A SYSTÉMY	15
2.1. VZORKOVÁNÍ A REKONSTRUKCE SIGNÁLŮ	15
2.2. POZNÁMKA O Z-TRANSFORMACI	25
2.3. DISKRETNÍ LINEÁRNÍ SYSTÉMY – MODELY A CHARAKTERISTIKY	28
3. DISKRETNÍ LINEÁRNÍ TRANSFORMACE	45
3.1. POZNÁMKA O FOURIEROVÉ TRANSFORMACI DISKRETNÍHO SIGNÁLU	45
3.2. UNITÁRNÍ TRANSFORMACE OBECNĚ	48
3.3. DISKRETNÍ FOURIEROVA TRANSFORMACE	51
3.4. METODY RYCHLÉHO VÝPOČTU DFT	58
4. NÁHODNÉ PROCESY A JEJICH CHARAKTERISTIKY	65
4.1. NÁHODNÉ SIGNÁLY A PROCESY	65
4.2. KORELAČNÍ A KOVARIANČNÍ FUNKCE	70
4.3. STACIONÁRNÍ A ERGODICKÉ PROCESY	74
4.4. SPEKTRA NÁHODNÝCH PROCESŮ	78
4.4.1. Výkonová spektra jednotlivého procesu	78
4.4.2. Vzájemná spektra dvojice procesů	81
4.5. PŘENOS NÁHODNÉHO SIGNÁLU LINEÁRNÍM SYSTÉMEM	84
4.6. POZNÁMKA O PRINCIPU ORTOGONALITY	87
5. LINEÁRNÍ FILTRACE SIGNÁLŮ A PRINCIPY NÁVRHU FILTRŮ	89
5.1. OBECNĚ O LINEÁRNÍ FILTRACI	89
5.2. FILTRY S KONEČNOU IMPULSNÍ CHARAKTERISTIKOU	91
5.2.1. Základní vlastnosti FIR filtrů	91
5.2.2. Základní metody návrhu FIR filtrů	95
5.2.2.1. Metoda vzorkování frekvenční charakteristiky	95
5.2.2.2. Metoda váhování impulsní charakteristiky	98

5.2.3. Realizace FIR filtrů.....	103
5.2.3.1. Realizace v časové oblasti.....	103
5.2.3.2. Realizace prostřednictvím frekvenční oblasti.....	106
5.3. FILTRY S NEKONEČNOU IMPULSNÍ CHARAKTERISTIKOU.....	111
5.3.1. Základní vlastnosti IIR filtrů.....	111
5.3.2. Základní metody návrhu IIR filtrů.....	113
5.3.2.1. Optimalizační přístupy.....	113
5.3.2.1.1. Interaktivní rozmísťování nulových bodů a pólů.....	113
5.3.2.1.2. Optimalizační návrh podle frekvenční charakteristiky.....	115
5.3.2.1.3. Optimalizační návrh podle impulsní charakteristiky.....	117
5.3.2.2. Přístupy, založené na podobnosti s analogovými systémy.....	119
5.3.2.2.1. O podobnosti a analogových filtrech.....	119
5.3.2.2.2. Impulsní invariance.....	122
5.3.2.2.3. Transformace nulových bodů a pólů.....	127
5.3.2.2.4. Bilineární transformace.....	128
5.3.2.3. Transformace frekvenčních charakteristik diskretních systémů.....	132
5.3.3. Realizace IIR filtrů.....	138
5.3.3.1. Přímé realizace.....	138
5.3.3.2. Kombinace systémů 2. řádu.....	140
5.3.3.3. Realizace založené na stavovém popisu.....	142
6. KUMULAČNÍ METODY ZVÝRAZŇOVÁNÍ SIGNÁLŮ V ŠUMU.....	145
6.1. PRINCIP KUMULAČNÍCH TECHNIK.....	145
6.2. KUMULACE S ROVNOMĚRNÝMI VAHAMÍ.....	154
6.2.1. Kumulace s pevným oknem.....	154
6.2.2. Kumulace s klouzavým oknem.....	156
6.3. EXPONENCIÁLNÍ KUMULACE.....	160
7. KOMPLEXNÍ SIGNÁLY A JEJICH VYUŽITÍ.....	165
7.1. REPREZENTACE KOMPLEXNÍCH SIGNÁLŮ.....	165
7.2. HILBERTOVA TRANSFORMACE A ANALYTICKÝ SIGNÁL.....	167
7.3. TRANSLACE SPEKTER A FREKVENČNÍCH CHARAKTERISTIK.....	173
7.3.1. Prostá multiplikativní modulace a demodulace.....	173
7.3.2. Modulace s jedním postranním pásmem.....	177
7.3.3. Aproximace frekvenčně asymetrických filtrů frekvenční translací.....	180
8. KORELAČNÍ ANALÝZA.....	183
8.1. ÚVOD.....	183
8.2. VLASTNOSTI KORELAČNÍCH A KOVARIANČNÍCH FUNKCÍ.....	186
8.2.1. Vlastnosti autokorelační a autokovarianční funkce.....	186
8.2.2. Vlastnosti vzájemné korelační funkce.....	190
8.3. METODY ODHADU KORELAČNÍCH FUNKCÍ.....	194
8.3.1. Přímý odhad v časové oblasti.....	194
8.3.2. Odhad prostřednictvím frekvenční oblasti.....	196
8.3.3. Odhad na základě výkonového resp. vzájemného spektra.....	198

8.4. KORELAČNÍ ANALÝZA SIGNÁLŮ	199
8.4.1. Korelační detekce známého signálu v šumu, přizpůsobený filtr	199
8.4.2. Korelační restaurace neznámého signálu v šumu	202
8.5. KORELAČNÍ IDENTIFIKACE SYSTÉMŮ	205
8.5.1. Autokorelační identifikace	206
8.5.2. Vzájemně korelační identifikace	207
9. SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA	213
9.1. Úvod	213
9.2. SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA DETERMINISTICKÝCH SIGNÁLŮ	216
9.2.1. Analýza periodických signálů	216
9.2.2. Analýza obecných signálů	219
9.2.3. Časově - frekvenční analýza	226
9.3. SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA STOCHASTICKÝCH SIGNÁLŮ	229
9.3.1. Náhodné odhady spekter stochastických procesů	229
9.3.2. Odhad výkonových spekter	231
9.3.3. Vzájemná spektra	250
10. INVERZNÍ FILTRACE A RESTAURACE SIGNÁLU V ŠUMU	253
10.1. MODEL ZKRESLENÍ	254
10.2. PROSTÁ DEKONVOLUCE A PSEUDOINVERZE	257
10.3. WIENEROVA FILTRACE	263
10.3.1. Koncept odhadu s minimálními středními kvadratickými odchylkami	263
10.3.2. Formulace Wienerova filtru ve frekvenční oblasti	265
10.3.3. Diskretní formulace Wienerova filtru v originální oblasti	272
10.4. KALMANOVA FILTRACE	275
10.4.1. Úvod	275
10.4.2. Skalární Kalmanův filtr	275
10.4.3. Vektorový Kalmanův filtr	282
10.5. VÁZANÁ DEKONVOLUCE	288
10.6. DEKONVOLUCE S OPTIMALIZACÍ TVARU IMPULSNÍ CHARAKTERISTIKY	295
10.7. ZOBECNĚNÁ DISKRETNÍ MINIMALIZACE KVADRATICKÉ ODCHYLKY	299
10.8. JINÉ PŘÍSTUPY K RESTAURACI	302
11. ADAPTIVNÍ FILTRACE A IDENTIFIKACE	307
11.1. KONCEPT ADAPTIVNÍ FILTRACE	307
11.2. ALGORITMY ADAPTIVNÍCH FILTRŮ	310
11.2.1. Adaptivní verze Wienerova filtru	310
11.2.2. Filtr s rekurzivní optimální adaptací	313
11.2.3. Filtr se stochasticky gradientní adaptací	316
11.2.4. Filtr s adaptací na základě ortogonalizovaných vstupních dat	320
11.3. TYPICKÉ APLIKACE ADAPTIVNÍ FILTRACE	323
11.3.1. Přímá identifikace a modelování	323
11.3.2. Inverzní identifikace a modelování	324
11.3.3. Lineární adaptivní predikce	325
11.3.4. Adaptivní potlačování rušení	328

12. NELINEÁRNÍ FILTRACE	333
12.1. ÚVOD	333
12.2. NELINEÁRNÍ DISKRETNÍ DYNAMICKÉ SYSTÉMY	336
12.2.1. Obecné a polynomiální nelineární diskrétní systémy	336
12.2.2. Filtry založené na třídění	342
12.3. HOMOMORFICKÁ FILTRACE	345
12.3.1. Kanonická forma homomorfického systému	345
12.3.2. Homomorfická filtrace a dekonvoluce	348
12.4. VÝKONOVÉ KEPRUM A JEHO APLIKACE	353
12.5. NELINEÁRNÍ PŘÍZPUSOBENÉ FILTRY	355
13. ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ NEURONOVÝMI SÍTĚMI	359
13.1. KONCEPT NEURONOVÝCH SÍTÍ	359
13.2. JEDNOTLIVÝ NEURON	363
13.3. DOPŘEDNÉ SÍTĚ	368
13.3.1. Koncept a architektura dopředných sítí	368
13.3.2. Učení sítě zpětným šířením chyb	374
13.4. SÍTĚ SE VZÁJEMNÝMI VAZBAMI	382
13.5. SAMOORGANIZUJÍCÍ SE MAPY	388
13.6. APLIKACE NEURONOVÝCH SÍTÍ VE ZPRACOVÁNÍ SIGNÁLŮ	392
14. VÍCEROZMĚRNÉ SIGNÁLY	397
14.1. SPOJITÉ VÍCEROZMĚRNÉ SIGNÁLY A SYSTÉMY	397
14.1.1. Koncept vícerozměrných signálů	397
14.1.2. Dvojměrná Fourierova transformace a lineární dvojměrné systémy	399
14.1.3. Náhodná pole	402
14.2. DISKRETNÍ VÍCEROZMĚRNÉ SIGNÁLY A SYSTÉMY	405
14.2.1. Dvojměrné vzorkování a rekonstrukce	405
14.2.2. Maticová a vektorová reprezentace obrazů, 2D systémů a unitárních transformací	408
14.2.3. Diskretní náhodná pole	412
14.3. ZPRACOVÁNÍ A ANALÝZA OBRAZŮ JAKO 2D SIGNÁLŮ	414
14.3.1. Aplikace bodových operátorů	415
14.3.2. Aplikace lokálních operátorů	417
14.3.3. Vyšší metody zpracování a analýzy	422
LITERATURA	429
REJSTRÍK	431