

Obsah

Předmluva

Seznam matematických značek 13

Část 1. Adaptace, učení a popis prostředí 15

1. Úvod 15

Literatura 16

2. Adaptace a učení 17

2.1. Dva fyziologické experimenty 17

2.2. Předběžné úvahy o formalizaci adaptace a učení 20

2.3. Příklad použití navržené formalizace 21

2.4. Efektivnost adaptace a učení 23

2.5. Definice adaptace a učení 25

2.5.1. Definice adaptivního systému 25

2.5.2. Definice učícího se systému 27

2.5.3. Porovnání definic adaptivního a učícího se systému 28

Literatura 29

3. Formální popis prostředí 30

3.1. Druhy prostředí 30

3.2. Formální popis systémů 31

3.3. Formální popis předmětů 32

3.3.1. Co to je rozpoznávání předmětů? 32

3.3.2. Příznakový popis předmětů 33

3.3.3. Syntaktický popis předmětů 36

Literatura 40

Část 2. Adaptace a učení v teorii řízení 41

4. Adaptivní identifikace a adaptivní řízení 41

4.1. Princip činnosti adaptivních systémů identifikace a řízení 41

4.1.1. Adaptace v systémech řízení 41

4.1.2. Informace o požadovaném chování a struktura adaptivního regulátoru 43

4.1.3. Kritéria ztrát používaná v adaptivních systémech řízení 45

4.1.4. Význam apriorní informace 46

4.1.5. Podstata adaptivní identifikace 48

4.2. Metody minimalizace kritéria ztrát 50

4.2.1.	Gradientní metody	50
4.2.2.	Citlivostní funkce	51
4.2.3.	Metoda náhodného hledání	52
4.3.	Adaptivní identifikace	53
4.3.1.	Adaptivní identifikace s paralelním modelem	53
4.3.2.	Adaptivní identifikace se sériově paralelním modelem	54
4.4.	Adaptivní řízení	56
4.4.1.	Adaptivní řízení s modelem	56
4.4.2.	Duální řízení	58
4.4.3.	Adaptivní řízení s číselnou informací o požadovaném chování	61
4.4.4.	Řízení systémů, je-li cíl řízení zadán nerovnostmi	63
4.5.	Učící se regulátory	65
	Literatura	66
5.	Učící se automaty	67
5.1.	Úloha řízení a automaty	67
5.2.	Formulace problému, typy náhodných prostředí	68
5.3.	Kritéria chování učících se automatů v náhodném prostředí	71
5.4.	Automaty s pevnou strukturou v náhodném prostředí	73
5.5.	Automaty s proměnnou strukturou v náhodném prostředí	80
5.5.1.	Princip činnosti automatů s proměnnou strukturou	80
5.5.2.	Typy posilových algoritmů	81
5.6.	Automaty jako učící se regulátory	86
	Literatura	91
Část 3. Učící se klasifikátory pro příznakově popsané předměty		93
6.	Princip činnosti klasifikátoru	93
6.1.	Základní model klasifikátoru	93
6.2.	Lineární diskriminační funkce	97
6.3.	Klasifikace podle minimální vzdálenosti	99
6.4.	Po částech lineární diskriminační funkce	101
6.5.	Obecné diskriminační funkce, Φ -převodník	104
6.6.	Parametrizace množiny rozhodovacích pravidel	106
	Literatura	106
7.	Optimální nastavení klasifikátorů	107
7.1.	Základní úvahy	107
7.2.	Kritérium minimální chyby	109
7.2.1.	Obecný tvar kritéria	109
7.2.2.	Tvar kritéria pro jednotkové ztrátové funkce	112
7.2.3.	Dva příklady použití kritéria minimální chyby	115
7.3.	Kritérium nejlepší aproximace	116
7.3.1.	Kritérium pro Φ -převodník	116
7.3.2.	Kritérium nejlepší aproximace s etalony	118
7.3.3.	Ekvivalence obou variant kritéria nejlepší aproximace	120
7.3.4.	Porovnání kritérií	121
7.4.	Waldovo sekvenční kritérium	122
7.4.1.	Základní tvar kritéria	122

7.4.2.	Modifikované Waldovo kritérium	124
7.5.	Sekvenční klasifikace	126
7.5.1.	Podstata sekvenčních metod klasifikace	126
7.5.2.	Sekvenční klasifikátory pracující podle Waldova kritéria	128
7.5.3.	Sekvenční klasifikátory pracující podle kritéria nejlepší aproximace s etalony	129
	Literatura	130
8.	Výběr a uspořádání příznaků	131
8.1.	Základní úvahy	131
8.2.	Diskrétní Karhunenův-Loeveův rozvoj	132
8.2.1.	Karhunenův-Loeveův rozvoj podle autokorelační matice	132
8.2.2.	Zmenšení počtu příznaků Karhunenovým-Loeveovým rozvojem	134
8.2.3.	Karhunenův-Loeveův rozvoj podle disperzní matice	137
8.2.4.	Zvláštní případy Karhunenova-Loeveova rozvoje podle autokorelační matice	138
8.2.5.	Vlastnosti Karhunenova-Loeveova rozvoje	140
8.3.	Normalizace obrazového prostoru	140
8.4.	Aplikace Karhunenova-Loeveova rozvoje pro výběr a uspořádání příznaků	143
8.4.1.	Výběrová autokorelační a disperzní matice	143
8.4.2.	Metoda Chienu a Fu	146
8.4.3.	Metoda Turboviče, Jurkova a Gitise	149
8.4.4.	Metoda Fukunaga-Koontze	150
8.5.	Výběr a uspořádání příznaků podle poměru rozptylů	154
8.5.1.	Základní tvar metody	154
8.5.2.	Metoda Foleyova-Sammonova	158
8.5.3.	Porovnání a vlastnosti popsaných metod	161
8.6.	Metody založené na odhadech pravděpodobností chybného rozhodnutí	162
8.6.1.	Princip metod	162
8.6.2.	Nejznámější vzorce pro odhady	163
8.6.3.	Metoda Smithova-Yauova	165
	Literatura	170
9.	Učící se klasifikátory	172
9.1.	Principy činnosti adaptivních a učících se klasifikátorů. Definice činnosti adaptivního klasifikátoru	172
9.1.1.	Účel adaptace a učení při konstrukci klasifikátorů	172
9.1.2.	Pojem učitele a způsoby učení	175
9.1.3.	Trénovací a testovací množina	176
9.1.4.	Definice činnosti učícího se klasifikátoru	177
9.1.5.	Význam apriorní informace	178
9.2.	Matematická formulace učení klasifikátoru	178
9.2.1.	Obecný tvar kritéria ztráty	178
9.2.2.	Principy činnosti algoritmů učení	181
9.3.	Matematická formulace induktivnosti a sekvenčnosti učení	182
9.3.1.	Induktivnost učení	182
9.3.2.	Empirická ztráta	183
9.3.3.	Sekvenčnost učení	184
9.4.	Modelování adaptace a učení u živých organismů	185

9.4.1.	Přínos kybernetiky ke studiu adaptace a učení	185
9.4.2.	Bushův-Mostellerův model	185
9.4.3.	Stručný popis nervové soustavy	187
9.4.4.	Adalina — adaptivní lineární neuron	188
9.4.5.	Perceptron	189
9.4.6.	Hodnocení perceptronu	191
	Literatura	193
10.	Metody učení založené na odhadování hustot pravděpodobností	194
10.1.	Předběžné úvahy o metodách odhadu	194
10.1.1.	Pojem odhadu	194
10.1.2.	Požadavky kladené na odhady hustot	195
10.1.3.	Dvě skupiny metod odhadu podle velikosti apriorní informace	197
10.2.	Vlastnosti odhadů a metody jejich získávání	198
10.2.1.	Trénovací množina jako náhodný výběr	198
10.2.2.	Vlastnosti odhadů	200
10.2.3.	Metody získávání odhadů	203
10.2.4.	Testování hypotéz	210
10.2.5.	Testy shody	213
10.3.	Metody odhadu pro normální rozložení	215
10.3.1.	Tři alternativy metod odhadu	215
10.3.2.	Odhad střední hodnoty při známé disperzní matici	216
10.3.3.	Odhad disperzní matice při známé střední hodnotě	219
10.3.4.	Odhad střední hodnoty i disperzní matice	222
10.3.5.	Vlastnosti metod odhadu pro normální rozložení	226
10.3.6.	Odhadování parametrů normálního rozložení v případě závislých obrazů trénovací množiny	227
10.4.	Metoda odhadu rozložení obrazů s nezávislými příznaky	227
10.5.	Metody odhadování hustot pravděpodobností s nulovou apriorní informací	229
10.5.1.	Podstata metod	229
10.5.2.	Metoda histogramu	229
10.5.3.	Metoda ortogonálních funkcí	232
10.5.4.	Rosenblattova metoda odhadu	235
10.5.5.	Parzenova metoda odhadu	238
10.5.6.	Loftsgardenova-Quesenberryho metoda odhadu	240
	Literatura	241
11.	Metody učení založené na přímé minimalizaci ztrát	243
11.1.	Předběžné úvahy o metodách přímé minimalizace	243
11.1.1.	Rekurentní řešení rovnic	243
11.1.2.	Gradientní metody	244
11.1.3.	Základní podoba algoritmu metod přímé minimalizace	245
11.2.	Stochastická aproximace	246
11.2.1.	Tři typy konvergence náhodných veličin	246
11.2.2.	Metoda Robbinsova-Monroova	248
11.2.3.	Metoda Kieferova-Wolfowitzova	251
11.2.4.	Metoda Dvoretzkyho	253
11.2.5.	Příklady použití metody Dvoretzkyho	255
11.3.	Algoritmy nejrychlejšího přibližování	257

11.3.1.	Míra rychlosti přibližování	257
11.3.2.	Obecné řešení	258
11.3.3.	Lineární algoritmus nejrychlejšího přibližování	259
11.3.4.	Kacmarzův algoritmus	260
11.4.	Metody učení pro neseparabilní množiny obrazů	260
11.4.1.	Apriorní informace o separabilitě	260
11.4.2.	Cyprinova metoda učení podle kritéria nejlepší aproximace pro Φ -převodník	261
11.4.3.	Yauova-Schumpertova metoda učení podle kritéria nejlepší aproximace s etalony	263
11.4.4.	Wasselova-Sklanskyho metoda učení podle kritéria minimální chyby	266
11.5.	Metody učení pro lineárně separabilní množiny obrazů	270
11.5.1.	Úvodní poznámky	270
11.5.2.	Rozbor integrandu ztráty	271
11.5.3.	Aproximace integrandu ztráty, metoda konstantních přírůstků	274
11.5.4.	Jiná aproximace integrandu ztráty, relaxační metoda	277
11.5.5.	Učení adaptivního prahového logického obvodu	279
11.6.	Otázky konvergence algoritmů a odhady velikosti trénovací množiny	283
11.6.1.	Konvergence pro neseparabilní množiny obrazů	283
11.6.2.	Konvergence pro lineárně separabilní množiny obrazů	286
	Literatura	292
12.	Použití učících se klasifikátorů	294
12.1.	Postup při návrhu klasifikátorů	294
12.2.	Rozpoznávání písmen a číslic	295
12.3.	Rozpoznávání řeči	297
12.3.1.	Některé poznatky o rozpoznávání řeči	297
12.3.2.	Klasifikátor pro 11 mluvených povelů	298
12.4.	Použití učících se klasifikátorů v řízení	300
12.4.1.	Učící se časově optimální regulátor	300
12.4.2.	Určování struktury nelineárních systémů	304
12.5.	Diagnostika technických zařízení	306
12.6.	Aplikace učících se klasifikátorů v geofyzice	307
12.7.	Meteorologické předpovědi	307
12.7.1.	Předpovídání ranních mraziků	307
12.7.2.	Předpovídání počasí	308
12.8.	Použití učících se klasifikátorů v medicíně	310
12.8.1.	Diagnostika myxedému	310
12.8.2.	Vyhodnocování elektrokardiogramů	310
	Literatura	311

Část 4. Učící se klasifikátory pro syntakticky popsané předměty 313

13.	Gramatiky a jejich inference	313
13.1.	Syntaktický přístup k rozpoznávání předmětů	313
13.2.	Definice gramatik	314
13.2.1.	Nedeterministické gramatiky	314

13.2.2.	Stochastické gramatiky	318
13.2.3.	Nezřetelné gramatiky	320
13.3.	Ekvivalence gramatik a automatů	321
13.3.1.	Nedeterministické gramatiky a nedeterministické automaty	321
13.3.2.	Stochastické gramatiky a pravděpodobnostní automaty	323
13.4.	Syntaktická analýza	324
13.4.1.	Podstata syntaktické analýzy	324
13.4.2.	Syntaktická analýza shora dolů pro bezkontextové gramatiky	325
13.4.3.	Syntaktická analýza zdola nahoru pro bezkontextové gramatiky	328
13.4.4.	Syntaktická analýza pro operátorové precedenční gramatiky	329
13.4.5.	Syntaktická analýza pro stochastické gramatiky	332
13.5.	Inference gramatik	333
13.5.1.	Podstata inference gramatik	333
13.5.2.	Inference gramatik pomocí enumerace	334
13.5.3.	Inference gramatik pomocí indukce	336
13.5.4.	Praktická poznámka k inferenci gramatik	340
	Literatura	341
	Dodatky	342
D.1.	Základy teorie pravděpodobnosti	342
D.1.1.	Definice pravděpodobnosti a základní vzorce	342
D.1.2.	Náhodná veličina	343
D.1.3.	Střední hodnota	346
D.1.4.	Typy rozložení	348
D.1.5.	Zákony velkých čísel a centrální limitní věty	353
D.1.6.	Markovské řetězce	354
D.2.	Nezřetelné množiny	356
D.3.	Ortogonální systémy	357
D.4.	Některé pojmy z maticového počtu a lineární algebry	360
D.4.1.	Definice speciálních matic	360
D.4.2.	Transformace souřadnic a lineární zobrazení	361
D.4.3.	Charakteristické veličiny matice	363
D.4.4.	Kvadratické formy	364
	Literatura	368
	Rejstřík	369