

# Obsah

<b>Úvodní poznámky</b>	<b>x</b>
Dopis od studenta Jiřího Pechy před přednáškami . . . . .	x
Dopis autorů studentovi Pechovi . . . . .	xi
Základní pojmy a značení . . . . .	xiii
Poděkování . . . . .	xv
<b>1 Bayesovská úloha statistického rozhodování</b>	<b>1</b>
1.1 Úvod ke zkoumání bayesovské úlohy . . . . .	1
1.2 Formulace bayesovské úlohy . . . . .	1
1.3 Dvě vlastnosti bayesovských strategií . . . . .	3
1.4 Dva zvláštní případy bayesovské úlohy . . . . .	7
1.4.1 Pravděpodobnost chybného hodnocení stavu . . . . .	7
1.4.2 Bayesovská strategie neurčitého rozhodování . . . . .	9
1.5 Diskuse . . . . .	11
1.6 Bibliografické poznámky . . . . .	24
<b>2 Nebayesovské úlohy statistického rozhodování</b>	<b>25</b>
2.1 Zásadní omezení bayesovského přístupu ke statistickému rozhodování . . . . .	25
2.1.1 Pokutová funkce . . . . .	25
2.1.2 Apriorní pravděpodobnost situací . . . . .	26
2.1.3 Podmíněné pravděpodobnosti pozorování . . . . .	27
2.2 Formulace známých a nových nebayesovských úloh . . . . .	28
2.2.1 Úloha Neymanova-Pearsonova . . . . .	28
2.2.2 Zobec. Neymanova úloha se dvěma nebezpečnými stavy . . . . .	31
2.2.3 Minimální úloha . . . . .	31
2.2.4 Waldova úloha . . . . .	32
2.2.5 Úlohy statistického rozhodování s nenáhodnými zásahy . . . . .	33
2.3 Dvojice duálních úloh lin. programování, vlastnosti a řešení . . . . .	35
2.4 Řešení nebayesovských úloh jako úloh lineárního programování . . . . .	41
2.4.1 Řešení úlohy Neymana-Pearsona . . . . .	41
2.4.2 Řešení zobecněné úlohy Neymana-Pearsona se dvěma nebezpečnými stavy . . . . .	45
2.4.3 Řešení minimální úlohy . . . . .	47
2.4.4 Řešení Waldovy úlohy pro případ dvou stavů . . . . .	48

2.4.5	Řešení Waldovy úloha pro případ více stavů . . . . .	51
2.4.6	Hodnocení složitých náhodných hypotéz . . . . .	53
2.4.7	Hodnocení složitých nenáhodných hypotéz . . . . .	54
2.5	Komentář k nebayesovským úlohám . . . . .	55
2.6	Diskuse . . . . .	55
2.7	Bibliografické poznámky . . . . .	73
<b>3</b>	<b>Dva statistické modely rozpoznávaného objektu . . . . .</b>	<b>74</b>
3.1	Podmíněná nezávislost příznaků . . . . .	74
3.2	Gaussovské rozdělení pravděpodobnosti . . . . .	76
3.3	Diskuse . . . . .	79
3.4	Bibliografické poznámky . . . . .	101
<b>4</b>	<b>Učení v rozpoznávání . . . . .</b>	<b>102</b>
4.1	Mýty o učení v rozpoznávání . . . . .	102
4.2	Tři formulace úlohy učení v rozpoznávání . . . . .	103
4.2.1	Učení podle největší věrohodnosti . . . . .	105
4.2.2	Učení podle nenáhodné trénovací množiny . . . . .	106
4.2.3	Učení minimalizací empirického rizika . . . . .	107
4.3	Základní pojmy a otázky statistické teorie učení v rozpoznávání . . . . .	109
4.3.1	Neformálně o učení v rozpoznávání . . . . .	109
4.3.2	Základy statistické teorie učení podle Červoněnkise a Vapniky . . . . .	113
4.4	Kritický pohled na statistickou teorii učení . . . . .	121
4.5	Náměty k deterministickému učení . . . . .	123
4.6	Diskuse . . . . .	128
4.7	Bibliografické poznámky . . . . .	136
<b>5</b>	<b>Lineární diskriminační funkce . . . . .</b>	<b>138</b>
5.1	Úvodní poznámky o lineárním rozkladu . . . . .	138
5.2	Průvodce látkou přednášky . . . . .	139
5.3	Andersonovy úlohy . . . . .	142
5.3.1	Ekvivalentní formulace zobecněné Andersonovy úlohy . . . . .	142
5.3.2	Neformální analýza zobecněné Andersonovy úlohy . . . . .	143
5.3.3	Definice pomocných pojmů pro Andersonovy úlohy . . . . .	146
5.3.4	Řešení původní Andersonovy úlohy . . . . .	149
5.3.5	Formální analýza zobecněné Andersonovy úlohy . . . . .	151
5.3.6	Náčrt postupu řešení zobecněné Andersonovy úlohy . . . . .	159
5.4	Lineární rozdělení konečných množin bodů . . . . .	161
5.4.1	Formulace úloh a jejich analýza . . . . .	161
5.4.2	Algoritmy pro lineární rozdělení konečných množin bodů . . . . .	164

5.4.3	Algoritmus pro $\varepsilon$ -optimální rozdělení konečných množin bodů pomocí nadroviny . . . . .	169
5.4.4	Sestrojení Fisherových klasifikátorů modifikací Kozincových a perceptronových algoritmů . . . . .	171
5.4.5	Další modifikace Kozincových algoritmů . . . . .	173
5.5	Řešení zobecněné Andersonovy úlohy . . . . .	177
5.5.1	$\varepsilon$ -řešení Andersonovy úlohy . . . . .	178
5.5.2	Lineární rozdělení nekonečných množin bodů . . . . .	182
5.6	Diskuse . . . . .	185
5.7	Bibliografické poznámky . . . . .	216
<b>6</b>	<b>Učení bez učitele</b>	<b>217</b>
6.1	Úvodní poznámky o svérázné stavbě přednášky . . . . .	217
6.2	Předběžná a neformální definice učení bez učitele v rozpoznávání . . . . .	219
6.3	Učení bez učitele v perceptronu . . . . .	221
6.4	Empirický bayesovský přístup podle H. Robbinsa . . . . .	228
6.5	Kvadratické shlukování a formulace obecné úlohy shlukování . . . . .	234
6.6	Algoritmy učení bez učitele a jejich analýza . . . . .	240
6.6.1	Formulace úlohy rozpoznávání . . . . .	240
6.6.2	Formulace úlohy učení . . . . .	240
6.6.3	Formulace úlohy učení bez učitele . . . . .	242
6.6.4	Algoritmus učení bez učitele . . . . .	243
6.6.5	Analýza algoritmu učení bez učitele . . . . .	244
6.6.6	Algoritmus řešení Robinsonovy úlohy a jeho analýza . . . . .	254
6.7	Diskuse . . . . .	257
6.8	Bibliografické poznámky . . . . .	277
<b>7</b>	<b>Vzájemný vztah statistického a strukturního rozpoznávání</b>	<b>278</b>
7.1	Statistické rozpoznávání a jeho aplikační oblasti . . . . .	278
7.2	Proč je pro analýzu obrázků potřebné strukturní rozpoznávání . . . . .	280
7.2.1	Množina pozorování . . . . .	280
7.2.2	Množina hodnot skrytého parametru obrázku . . . . .	282
7.2.3	Role učení a učení bez učitele při rozpoznávání obrázků . . . . .	283
7.3	Hlavní pojmy nutné pro strukturní analýzu . . . . .	286
7.4	Diskuse . . . . .	291
7.5	Bibliografické poznámky . . . . .	308
<b>8</b>	<b>Rozpoznávání markovských posloupností</b>	<b>309</b>
8.1	Úvodní poznámky o posloupnostech . . . . .	309
8.2	Markovský statistický model rozpoznávaného objektu . . . . .	310
8.3	Rozpoznávání stochastického automatu . . . . .	314
8.3.1	Formulace úlohy rozpoznávání stochastického automatu . . . . .	314

8.3.2	Algoritmus rozpoznávání stochastického automatu . . . . .	30
8.3.3	Maticové vyjádření výpočetního postupu . . . . .	30
8.3.4	Statistická interpretace maticových součinů . . . . .	30
8.3.5	Rozpoznávání markovského objektu z neúplných dat . . . . .	30
8.4	Nejpravděpodobnější posloupnost skrytých parametrů . . . . .	32
8.4.1	Rozdíl mezi rozpoznáváním celého objektu a rozpoznáváním částí, ze kterých se objekt skládá . . . . .	32
8.4.2	Formulace úlohy o hledání nejpravděpodobnější posloupnosti stavů . . . . .	32
8.4.3	Vyjádření úlohy jako vyhledávání nejkratší cesty v grafu . . . . .	32
8.4.4	Hledání nejkratší cesty v grafu popisujícím úlohu . . . . .	32
8.4.5	O nutnosti formální analýzy úlohy . . . . .	32
8.4.6	Zobecněné maticové součiny . . . . .	32
8.4.7	Hledání nejpravděpodobnější podposloupnosti stavů . . . . .	33
8.5	Hledání posloupnosti nejpravděpodobnějších hodnot skrytých parametrů . . . . .	33
8.6	Markovské objekty s acyklickou strukturou . . . . .	34
8.6.1	Statistický model objektu . . . . .	34
8.6.2	Výpočet pravděpodobnosti pozorování . . . . .	34
8.6.3	Nejpravděpodobnější soubor skrytých parametrů . . . . .	34
8.7	Formulace úloh učení a učení bez učitele . . . . .	34
8.7.1	Nejvěrohodnější odhad modelu při učení . . . . .	34
8.7.2	Minimaxní odhad modelu . . . . .	34
8.7.3	Naladění algoritmu rozpoznávání . . . . .	34
8.7.4	Úloha učení bez učitele . . . . .	34
8.8	Nejvěrohodnější odhad modelu . . . . .	35
8.9	Minimaxní odhad statistického modelu . . . . .	35
8.9.1	Formulace algoritmu a jeho vlastností . . . . .	35
8.9.2	Analýza obecné úlohy minimaxního odhadu . . . . .	35
8.9.3	Důkaz alg. minimaxního odhadu markovského modelu . . . . .	36
8.10	Naladění algoritmu rozpoznávání posloupnosti . . . . .	36
8.11	Nejvěrohodnější odhad statistického modelu při učení bez učitele . . . . .	37
8.12	Diskuse . . . . .	37
8.13	Bibliografické poznámky . . . . .	39
<b>9</b>	<b>Regulární jazyky a odpovídající úlohy rozpoznávání</b> . . . . .	<b>40</b>
9.1	Regulární jazyky . . . . .	40
9.2	Jiná vyjádření regulárních jazyků . . . . .	40
9.2.1	Regulární jazyky a automaty . . . . .	40
9.2.2	Regulární jazyky a gramatiky . . . . .	40
9.2.3	Regulární jazyky a regulární výrazy . . . . .	40
9.2.4	Příklad regulárního jazyka vyjádřeného různými způsoby . . . . .	40

9.3	Regulární jazyky respektující poruchy a úlohy o přesné a nejlepší shodě . . . . .	407
9.3.1	Fuzzy automaty a jazyky . . . . .	408
9.3.2	Pokutované automaty a příslušné jazyky . . . . .	409
9.3.3	Jednoduchá úloha na nejlepší shodu . . . . .	410
9.4	Dílčí závěr po části přednášky a úvod k dalšímu výkladu . . . . .	412
9.5	Levensteinova aproximace posloupnosti větou regulárního jazyka . . . . .	413
9.5.1	Předběžná formulace úlohy . . . . .	413
9.5.2	Levensteinova funkce . . . . .	414
9.5.3	Známý algoritmus pro výpočet Levensteinovy shody . . . . .	415
9.5.4	Některé vlastnosti Levensteinovy shody . . . . .	417
9.5.5	Formulace úlohy a poznámky k ní . . . . .	420
9.5.6	Formulace hlavních výsledků a komentář k nim . . . . .	421
9.5.7	Zobecněné konvoluce a jejich vlastnosti . . . . .	423
9.5.8	Formulace úlohy a hlavních výsledků v konvolučním tvaru . . . . .	430
9.5.9	Důkaz hlavního výsledku přednášky . . . . .	433
9.5.10	Nekonvoluční interpretace hlavního výsledku . . . . .	444
9.6	Diskuse . . . . .	447
9.7	Bibliografické poznámky . . . . .	481

## **10 Bezkontextové jazyky, jejich dvojrozměrná zobecnění, úlohy** **482**

10.1	Úvodní poznámky . . . . .	482
10.2	Neformální výklad dvojrozměrných gramatik a jazyků . . . . .	482
10.3	Dvojrozměrné bezkontextové gramatiky a jazyky . . . . .	487
10.4	Úloha o přesné shodě. Zobecněný alg. Cocke-Younger-Kasami. . . . .	489
10.5	Obecná konstrukce strukturní definice množiny pozorování . . . . .	492
10.5.1	Strukturní konstrukce pro definici množin pozorování . . . . .	493
10.5.2	Formulace základní úlohy strukturního rozpoznávání ob- rázků . . . . .	496
10.5.3	Výpočetní postup řešící základní úlohu . . . . .	497
10.6	Diskuse . . . . .	501
10.7	Bibliografické poznámky . . . . .	509

## **Literatura** **510**

## **Rejstřík** **516**