

Sadržaj

1	Uvod	1
1.1	Podatak i informacija	1
1.2	Telegrafija i osnovni problemi teorije informacija	2
1.3	Model komunikacionog sistema	3
1.4	Primer izvornog i zaštitnog kodiranja	5
1.5	Igra pogađanja broja: primer izvornog kodiranja	6
1.6	Tipoglikemija: primer zaštitnog kodiranja	8
1.7	Jedinstveni matični broj građana: primer zaštitnog kodiranja	8
1.8	Kodiranje kontinualnog signala	10
2	Osnovi teorije verovatnoće	13
2.1	Algebra događaja i prostor verovatnoća	13
2.2	Uslovna verovatnoća	17
2.3	Slučajne promenljive	19
2.3.1	Diskretne slučajne promenljive	20
2.3.2	Neke važne raspodele diskretnog tipa	23
2.3.3	Apsolutno neprekidne slučajne promenljive	24
2.3.4	Neke važne raspodele apsolutno neprekidnog tipa	25
2.4	Višedimenzionalne slučajne promenljive	26
2.4.1	Diskretne višedimenzionalne slučajne promenljive	28
2.4.2	Apsolutno neprekidne višedimenzionalne slučajne promenljive	30
2.4.3	Uslovne raspodele slučajnih promenljivih	31
2.4.4	Višedimenzionalna normalna (Gaussova) raspodela	32
3	Entropija, uslovna entropija i međusobna informacija	35
3.1	Definicija entropije	35
3.2	Aksiomatsko zasnivanje entropije	42
3.3	Važna lema i maksimum entropije	47

3.4	Entropija višedimenzionalne slučajne promenljive i uslovna entropija	50
3.5	Relativna entropija	57
3.6	Unakrsna entropija i primena na probleme klasifikacije	59
3.6.1	Binarna klasifikacija	60
3.6.2	Klasifikacija u više klasa	63
3.7	Međusobna informacija	63
3.8	Nejednakost obrade podataka	66
3.9	Dovoljne statistike i međusobna informacija	69
4	Diskretni izvori informacija i Markovljevi izvori	73
4.1	Definicija i vrste izvora informacija	73
4.2	Entropija izvora informacija	75
4.3	Markovljevi izvori	80
4.4	Vremenski nezavisni Markovljevi izvori	82
4.5	Stacionarni Markovljevi izvori	87
4.6	Entropija Markovljevog izvora	92
4.7	Slučajna šetnja na grafu	94
4.8	Markovljev izvor i drugi zakon termodinamike	96
5	Izvorno kodiranje	101
5.1	Osnovni pojmovi i definicije	101
5.2	Prefiksni kod	105
5.3	Kodovi koji omogućavaju jednoznačno dekodiranje	107
5.4	Kraftova nejednakost	110
5.5	Optimalni kodovi	114
5.6	Osobine Shannonovog koda	120
5.7	Potrebni uslovi za optimalnost koda i Shannon-Fano kod	123
5.8	Huffmanov algoritam za konstrukciju optimalnog koda	126
5.9	Huffmanov algoritam za proizvoljni alfabet koda	132
5.10	Aritmetičko kodiranje	136
5.11	LZ algoritmi	141
5.11.1	LZ77	141
5.11.2	LZ78	144
5.11.3	LZW	147
5.11.4	Performanse i optimalnost LZ algoritama	149
6	Komunikacijski kanali	151
6.1	Matematički model kanala	151
6.2	Kapacitet kanala	152

6.3	Primeri izračunavanja kapaciteta kanala	153
6.3.1	Binarni simetrični kanal	153
6.3.2	Kanal sa nepreklapajućim izlazima	154
6.3.3	Binarni brišući kanal	155
6.4	Simetrični kanali	157
6.5	Izračunavanje kapaciteta proizvoljnog kanala	160
7	Zaštitno kodiranje: teorijske osnove i granice	163
7.1	Osnovni pojmovi	163
7.2	Tipične n -torke	166
7.2.1	Asimptotsko ekviparticiono svojstvo	167
7.2.2	Tipične n -torke i izvorno kodiranje	170
7.3	Združeno tipični parovi	171
7.4	Druga Shannonova teorema	176
7.5	Fano nejednakost i obrat Druge Shannonove teoreme	182
8	Zaštitno kodiranje: analiza i konstrukcija kodova	187
8.1	Hammingovo rastojanje i osobine kodova	188
8.2	Linearni blok kodovi	191
8.2.1	Definicija i osnovne osobine	193
8.2.2	Generatorska matrica koda	195
8.2.3	Kontrolna matrica koda	198
8.2.4	Kodno rastojanje linearnih blok kodova	200
8.2.5	Dekodiranje pomoću sindroma	202
8.3	Hammingovi kodovi	205
8.4	Ciklični kodovi	208
8.4.1	Definicija, polinomska reprezentacija i osnovna svojstva	208
8.4.2	Generišuća i kontrolna matrica koda	215
8.4.3	Specijalni ciklični kodovi	220
8.4.4	Hardverska realizacija	222
9	Zaštitno kodiranje: naprednije konstrukcije kodova	225
9.1	BCH kodovi	225
9.1.1	Definicija BCH kodova i osnovna svojstva	225
9.1.2	Diskretna Fourierova transformacija u $\mathbb{F}_{2^m}$	232
9.1.3	Ključna jednačina	235
9.1.4	Algoritam za dekodiranje cikličnih BCH kodova	238
9.2	Reed–Solomonovi kodovi	240
9.2.1	Definicija i kodno rastojanje	240
9.2.2	Realizacija koda i dekodera	242

9.2.3	Nadovezano kodiranje i primene	246
9.3	Konvolucionni kodovi	249
9.3.1	Definicija i osobine	249
9.3.2	Realizacija koda pomoću pomeračkih registara	252
9.3.3	Dekodiranje pomoću Viterbijevog algoritma	256
9.3.4	RSC i Turbo kodovi	263
9.4	LDPC kodovi	265
9.4.1	Konstrukcija i način predstavljanja	267
9.4.2	Algoritam okretanja bitova	271
9.4.3	Gallager A/B algoritam: metod razmene poruka	273
10	Apsolutno neprekidne slučajne promenljive	277
10.1	Diferencijalna entropija	277
10.2	Uslovna i relativna diferencijalna entropija	280
10.3	Međusobna informacija dve proizvoljne slučajne promenljive	283
10.4	Tipične n -torke i združeno tipični parovi	287
10.5	Kontinualni komunikacijski kanali	290
10.6	Druga Shannonova teorema za AWGN kanal	292
10.7	AWGN kanal i dekodiranje linearnih blok kodova	296
11	Algoritam razmene poruka	305
11.1	Motivacija i uvodni primer	305
11.2	Opšta formulacija problema i algoritma	308
11.3	Parcijalne marginalne sume i osobine	311
11.4	Aproksimacija marginalnih suma u slučaju kružnih zavisnosti	315
11.5	Dekodiranje LDPC kodova kao problem izračunavanja marginalnih suma	320
11.6	Logaritamski količnik poruka i verodostojnosti	324
11.7	Primena metoda razmene poruka na dekodiranje LDPC kodova	328
11.8	Dalje primene algoritma razmene poruka	332
A	Konačna polja	333
A.1	Algebarska struktura i grupa	333
A.2	Polje	339
A.3	Konačna polja prostog reda	340
A.4	Polinomi nad konačnim poljima	343
A.5	Konačna polja reda p^m	347
A.6	Euklidov algoritam u konačnom polju	350
B	Optimalnost LZ algoritama	355

B.1	Stacionarnost i ergodičnost	355
B.2	Optimalnost LZ77 algoritma	358
B.3	Optimalnost LZ78 (LZW) algoritma	362