

PŘEDMLUVA . . . . .	3
I. PŘEDMĚT A ZÁKLADNÍ POJMY TEORIE HROMADNÉ OBSLUHY . . . . .	5
1. <u>Úvod</u> . . . . .	5
1.1 Teorie hromadné obsluhy . . . . .	5
1.2 Modelování procesů hromadné obsluhy . . . . .	8
1.3 Příklad . . . . .	12
1.4 Prvky systému hromadné obsluhy . . . . .	18
2. <u>Vstupní tok požadavků</u> . . . . .	20
2.1 Regulární tok . . . . .	20
2.2 Elementární vstupní tok . . . . .	20
2.3 Některé modifikace elementárního toku . . . . .	29
2.3.1 Nestacionární toky . . . . .	29
2.3.2 Neordinární toky . . . . .	33
2.4 Toky s ohraničenými následnými účinky . . . . .	33
2.4.1 Erlangův vstupní tok . . . . .	34
2.4.2 Regulární tok s poruchami . . . . .	37
2.5 Diskretní toky . . . . .	39
2.6 Spojité toky požadavků . . . . .	39
3. <u>Obsluha</u> . . . . .	40
3.1 Některé důležité typy rozdělení pro trvání doby obsluhy . . . . .	40
3.1.1 Konstantní trvání obsluhy . . . . .	41
3.1.2 Exponenciální rozdělení trvání obsluhy . . . . .	41
3.1.3 Doba obsluhy s rozdělením $\Gamma$ a Erlangova doba obsluhy . . . . .	42
3.1.4 Rozdělení beta pro trvání doby obsluhy . . . . .	44
3.1.5 Rayleighovo rozdělení doby obsluhy . . . . .	45
3.1.6 Konstantní doba obsluhy se zpožděním . . . . .	46
3.1.7 Nestacionární trvání obsluhy . . . . .	47
3.1.8 Souvislost trvání obsluhy s jinými charakteristikami systému . . . . .	47
3.1.9 Požadavky několika typů . . . . .	47
3.2 Kapacita obsluhy . . . . .	47
3.3 Dostupnost obsluhy . . . . .	48

4.	<u>Režimy systému hromadné obsluhy</u>	49
4.1	Režim obsluhy	49
4.1.1	Režim při kapacitě obsluhy rovné jedné	49
4.1.2	Režim při kapacitě obsluhy větší než jedna	49
4.2	Režim fronty a ztráty	50
5.	<u>Klasifikace systémů hromadné obsluhy</u>	52
II. ANALYTICKÉ METODY V TEORII HROMADNÉ OBSLUHY		55
6.	<u>Markovovy systémy hromadné obsluhy</u>	55
6.1	Markovovy procesy a Chapman-Kolmogorovova věta	55
6.2	Markovova věta	58
6.3	Přechodové pravděpodobnosti pro Markovovy procesy obsluhy	61
6.4	Systém M/M/n se ztrátami	64
6.4.1	Přechodový graf a diferenciální rovnice pro pravděpodobnosti stavu	64
6.4.2	Erlangovy vzorce	66
6.4.3	Charakteristiky provozu systému	69
6.4.4	Příklady	70
6.5	Systém M/M/n s frontou	74
6.5.1	Úvodní poznámky	74
6.5.2	Přechodový graf a diferenciální rovnice pro pravděpodobnosti stavu	75
6.5.3	Pravděpodobnosti stavu systému	76
6.5.4	Charakteristiky provozu	80
6.5.5	Distribuční zákon pro dobu čekání v systému	83
6.5.6	Příklady	85
6.6	Smíšený systém M/M/n	89
6.6.1	Přechodový graf a pravděpodobnosti stavu	89
6.6.2	Charakteristiky provozu	91
6.6.3	Příklady	93
6.7	Uzavřený systém typu M/M/n	95
6.8	Některé speciální systémy Markovova typu	101
6.8.1	Systém s dvěma linkami v serii a se ztrátami	101
6.8.2	Seriový systém s dvěma linkami obsluhy a neomezenou frontou na vstupu	105
6.8.3	Serio-paralelní systém s tvorbou fronty a odmítáním	111
7.	<u>Semimarkovovy systémy</u>	117
7.1	Systém typu $E_2/M/1$ s frontou	117
7.2	Systém typu $E_2/E_s/1$ s frontou	123
7.3	Systém typu $E_2/E_s/1$ s frontou	123

8.	<u>Jednolinkové systémy obsluhy</u>	135
8.1	Systém M/D/1 s frontou	135
8.2	Systém typu M/G/1 s frontou	142
8.3	Uzavřený systém typu M/G/1	147
III. SIMULAČNÍ METODY V TEORII HROMADNÉ OBSLUHY		155
9.	<u>Simulační modely</u>	155
9.1	Základní vlastnosti simulačních metod a význam simulačního modelování	155
9.2	Metoda Monte Carlo	157
10.	<u>Tvorba hodnot náhodné proměnné s požadovaným rozdělením</u>	159
10.1	Náhodná čísla s rovnoměrným rozdělením	159
10.1.1	Výběr modulu $m$	161
10.1.2	Výběr násobitele $c$ a přírůstku $h$	161
10.1.3	Příklad kongruenčního algoritmu	162
10.2	Testování generátoru náhodných čísel	163
10.2.1	Frekvenční test	163
10.2.2	Pokerový test	164
10.2.3	Test délky mezery mezi číslicemi	165
10.2.4	Test délky mezery mezi pseudonáhodnými čísly	165
10.2.5	Test autokorelace	165
10.3	Transformace rovnoměrně rozdělených náhodných čísel pro spojitě náhodné proměnné	166
10.3.1	Exponenciální rozdělení	167
10.3.2	Gama rozdělení a Erlangovo rozdělení	168
10.3.3	Gaussovo normální rozdělení	169
10.3.4	Rayleighovo rozdělení	170
10.4	Transformace rovnoměrně rozdělených náhodných čísel pro diskrétní náhodné proměnné	171
10.4.1	Binomická náhodná proměnná	172
10.4.2	Náhodná proměnná s geometrickým rozdělením	172
10.4.3	Náhodná proměnná s rovnoměrným rozdělením	172
10.4.4	Poissonovo rozdělení	172
10.5	Tvorba náhodného pořadí	173
10.6	Příklady použití metody Monte Carlo	174
10.6.1	Buffonova úloha	174
10.6.2	Výpočet určitého integrálu	176
10.6.3	Odhad přesnosti metody Monte Carlo	178
11.	<u>Simulační modely hromadné obsluhy</u>	183
11.1	Obecná charakteristika	183
11.2	Typy simulačních modelů hromadné obsluhy	185

11.2.1	Simulační model pro paralelní systém obsluhy . . . . .	186
11.2.2	Simulační model pro seriový systém obsluhy . . . . .	189
11.3	Simulační jazyky . . . . .	197
11.4	Verifikace simulačních výsledků . . . . .	199
12.	<u>Dodatky</u> . . . . .	201
12.1	Symbol $\circ$ . . . . .	201
12.2	Rozvoj funkce $e^x$ a některé jeho vlastnosti . . . . .	202
12.3	Funkce gama . . . . .	203
12.4	Funkce beta a její souvislost s funkcí gama . . . . .	203
12.5	Stirlingův vzorec . . . . .	204
LITERATURA	. . . . .	205