

OBSAH

Předmluva	iii
Obsah	v

Kapitola 1

OBEČNĚ O METODĚ MODELOVÁNÍ	1
1.1 Úvodem	1
1.2 Vztah mezi modelem a originálem	2
1.3 Pokusy s modelem	4
1.4 Počítacové modelování a simulace	6

Kapitola 2

STRATEGIE VYTVÁŘENÍ SIMULAČNÍHO MODELU	7
2.1 Vychozí systém	7
2.2 Popis vychozího systému	8
2.3 Simulační programování	9
2.4 Interpretace experimentů	10
2.5 Verifikace simulačního modelu	10
2.6 Testování hypotéz	11

Kapitola 3

ILUSTRATIVNÍ PROBLÉMY A PŘÍKLADY	12
3.1 Příklad PÍSEK	12
3.1.1 Popis originálního systému	12
3.1.2 Úloha	13
3.1.3 Vymezení výchozího systému	14
3.2 Příklad POČÍTAČOVÁ SÍŤ	14
3.2.1 Popis originálního systému	14
3.2.2 Úloha	16
3.2.3 Vymezení výchozího systému	17
3.3 Příklad FOTOSYNTÉZA	17
3.3.1 Popis originálního systému	17
3.3.2 Úloha	18
3.3.3 Vymezení výchozího systému	18
3.4 Příklad KOMPARTMENTOVÁ ANALÝZA	19
3.4.1 Popis originálního systému	19
3.4.2 Úloha	20
3.4.3 Vymezení výchozího systému	21

3.5	Příklad KŘÍŽOVATKA	23
3.5.1	Popis originálního systému	23
3.5.2	Úloha	24
3.5.3	Vymezení výchozího systému	24
3.6	Souhrn	24
<i>Kapitola 4</i>		
	POZNÁMKY K TEORII MODELŮ	26
4.1	Formální přístupy	26
4.2	Formalizace pojmu systém	27
4.3	Formalizace pojmu model	30
<i>Kapitola 5</i>		
	ALGORITMIZACE SIMULAČNÍHO MODELU	33
5.1	Úvodem	33
5.2	Zobrazení stavů výchozího systému	34
5.3	Zobrazení stavových změn	35
5.4	Zobrazení času	36
5.5	Události a jejich vztahy	38
5.5.1	Synchronní výpočet	39
5.5.2	Asynchronní výpočet	57
5.6	Procesy	71
5.6.1	Struktura procesu	72
5.6.2	Plánování procesů	73
5.6.3	Vnější stavy procesu	87
5.6.4	Klasifikace změn vnějších stavů	89
5.6.4.1	Změna stavu aktivní → suspendovaný	89
5.6.4.2	Změna stavu aktivní → pasivní	90
5.6.4.3	Změna stavu suspendovaný → aktivní	92
5.6.4.4	Změna stavu pasivní → aktivní	93
5.6.4.5	Změna stavu suspendovaný → pasivní	94
5.6.4.6	Změna stavu pasivní → suspendovaný	94
5.6.4.7	Změna plánu suspendovaný → suspendovaný	97
5.6.4.8	Změna stavu aktivní → ukončený	98
5.6.5	Vnitřní stavy procesu	99
5.7	Kalendáře	99
5.7.1	Požadavky na simulační kalendář	100
5.7.2	Abstraktní typ simulačního kalendáře	101
5.7.3	Návrh simulačního kalendáře	103
5.7.3.1	Třídící a vyhledávací algoritmy	103
5.7.3.2	Hierarchické kalendáře	133
5.7.3.3	Hybridní konstrukce	192
5.7.3.4	Dynamický prostor událostí	226
5.8	Konstrukce simulačního jadra	227
5.8.1	Rekurentní konstrukce	227
5.8.1.1	Rozvinutá schemata plánovacích operací	227
5.8.1.2	Programová implementace	230
5.8.2	Nerekurentní konstrukce	253
5.8.2.1	Rozklad prostoru událostí	255
5.8.2.2	Procedury kalendáře	257

5.8.2.3	Konstrukce jádra	262
5.8.3	Zefektivňování jádra	264
5.8.3.1	Skupinové provádění procesů	265
5.8.3.2	Synchronně plánované procesy	276
5.8.4	Praktické poznámky	278
5.9	Podmínkové plánování	278
5.9.1	Princip podmínkového plánování	279
5.9.1.1	Klasifikace podmínek a diskuze řešitelnosti	279
5.9.1.2	Požadavky na řídicí strukturu	280
5.9.2	Návrh podmínkového kalendáře	280
5.9.2.1	Kooperace s časovým jádrem	282
5.9.2.2	Vyhodnocování zásahu do stavového prostoru	282
 <i>Kapitola 6</i>		
	KONCEPČNÍ KLASIFIKACE MODELŮ	284
6.1	Možnosti pohledu na výchozí systém	284
6.2	Modely spojených systémů	286
6.3	Modely diskrétních systémů	287
6.4	Modely kombinovaných systémů	288
 <i>Kapitola 7</i>		
	VSTUPY A VÝSTUPY SIMULAČNÍHO MODELU	304
7.1	Problém	304
7.2	Pravděpodobnostní specifikace modelů	305
7.2.1	Možnosti specifikace	306
7.2.1.1	Teoretická distribuční funkce	306
7.2.1.2	Empirická distribuční funkce	306
7.2.1.3	Kopie experimentálních dat	306
7.2.2	Souhrn	306
7.3	Modely elementárních stochastických procesů	307
7.4	Statistické vyhodnocování simulačních experimentů	307
7.4.1	Možnosti vyhodnocení	307
7.4.1.1	Nezávislé simulační experimenty	307
7.4.1.2	Nezávislé úseky simulačního experimentu	308
7.4.1.3	Regenerativní okamžiky	308
7.4.1.4	Nezávislé kopie výchozího systému	308
7.4.2	Souhrn	309
 <i>Kapitola 8</i>		
	IMPLEMENTACE SIMULAČNÍCH MODELŮ	344
8.1	Prostředky pro implementaci simulačních modelů	344
8.2	Simulační programovací jazyky	345
8.2.1	Jazyky spojité	345
8.2.2	Jazyky diskretní	346
8.2.2.1	GPSS	347
8.2.2.2	Simscrip	347
8.2.2.3	Simula	348

8.2.3 Ukázky simulačních konstrukcí v jazyce Simula	350
8.2.3.1 Příklad Písek	350
8.2.3.2 Příklad Fotosyntéza	357
8.3 Implementace v obecných programovacích jazycích	359
8.3.1 Implementace složitých simulačních procesů	359
8.3.2 Návraty v simulárním čase	361
<i>Doplněk A</i>	
GENEROVÁNÍ PSEUDONÁHODNÝCH ČÍSEL	397
A.1 Algoritmy generátorů	397
A.2 Testování generátorů	398
A.3 Implementace generátorů	399
A.4 Generování pseudonáhodných čísel podle daného rozdělení	400
<i>Doplněk B</i>	
MODELÝ SYSTÉMŮ HROMADNÉ OBSLUHY	402
B.1 Úvodem	402
B.2 Teorie hromadné obsluhy	402
B.2.1 Prvky systému hromadné obsluhy	404
B.2.2 Vstupní tok	404
B.2.2.1 Regulární vstupní tok	404
B.2.2.2 Elementární vstupní tok	404
B.2.2.3 Nestacionární toky	407
B.2.2.4 Neordinární toky	407
B.2.2.5 Rekurentní toky	408
B.2.2.6 Diskrétní toky	408
B.2.3 Obsluha	409
B.2.3.1 Trvání doby obsluhy	409
B.2.3.2 Kapacita obsluhy	410
B.2.3.3 Dostupnost obsluhy	410
B.2.4 Režim obsluhy	410
B.2.5 Režim fronty	411
B.2.6 Klasifikace systémů hromadné obsluhy	411
B.3 Analytické metody řešení	412
B.3.1 Markovovy systémy hromadné obsluhy	413
B.3.1.1 Systém M/M/n se ztrátami	413
B.3.1.2 Systém M/M/n s frontou	418
B.3.1.3 Frontové režimy	421
B.3.2 Semimarkovovy systémy hromadné obsluhy	422
B.3.2.1 Systém $E_2/M/1$ s frontou	423
B.3.2.2 Systémy $E_r/E_s/n$	424
B.3.3 Jiné systémy hromadné obsluhy	424
B.3.4 Obslužné sítě	425
B.4 Simulační modely systémů hromadné obsluhy	426
B.4.1 Neefektivní synchronní modely	426
B.4.2 Programová realizace asynchronních modelů	427
<i>Literatura</i>	<i>433</i>
<i>Technická poznámka</i>	<i>435</i>