

САДРЖАЈ

1. МОДЕЛИРАЊЕ И СИМУЛАЦИЈА	1
1.1 Моделирање и модели	1
1.1.1 Врсте модела	3
1.1.2 Неформални и формални модели	5
1.2 Рачунарска симулација	8
1.2.1 Моделирање и симулација	9
1.2.2 Предмет моделирања и симулације	11
1.3 Историјски преглед развоја симулације	13
1.4 Карактеристике симулационог моделирања	14
1.5 Потреба за симулацијом	16
1.5.1 Када је могуће експериментисати на систему?	17
1.5.2 Када није могуће експериментисати на систему ?	17
1.6 Могућности примене симулације	18
1.7 Предности и недостаци симулације	19
1.8 Популарност симулације	20
1.9 Симулациони процес	21
1.10 Поделе симулационих модела	24
1.10.1 Детерминистички и стохастички модели	24
1.10.2 Дискретни и континуални модели	26
1.11 Врсте симулационих модела	27
1.11.1 Монте Карло симулација	28
1.11.2 Континуална симулација	29
1.11.3 Симулација дискретних догађаја	31
1.11.4 Мешовита симулација	31
1.12 Избор типа симулационог модела	32
2. КЛАСИФИКАЦИЈЕ МОДЕЛА	33
2.1 Класификација модела	33
2.1.1 Класификација у односу на променљиве	33
2.1.2 Класификација у односу на природу опсега вредности променљивих модела	35

2.1.3	Класификација у односу на природу опсега вредности променљиве "време"	35
2.1.4	Класификација у односу на временску зависност модела	36
2.1.5	Класификација у односу на детерминизам	36
2.1.6	Класификација у односу на предвиђање будућности	37
2.1.7	Класификација у односу на линеарност	38
2.1.8	Класификација према врсти рачунара	38
2.1.9	Класификација у односу на формални опис модела	39
2.2	Формална спецификација модела	41
2.2.1	Апстракција	41
2.2.2	Асоцијација	41
2.2.3	Спецификација	42
2.3	Формални модел улазно-излазног система	42
3.	ОЦЕНА ПАРАМЕТАРА МОДЕЛА	47
3.1	Оцене параметара детерминистичког модела	49
3.2	Оцене параметара модела стохастичких система	50
3.3	Статистички приступ процени параметара статичких модела	51
3.3.1	Оцена средње вредности случајне променљиве	52
3.3.1.1	Секвенцијални метод	52
3.3.1.2	Рекурзивни метод	52
3.4	Оцена непознатог параметра по методи најмањих квадрата	53
3.4.1	Секвенцијално решење	53
3.4.2	Рекурзивно решење	54
3.5	Процена к непознатих параметара	55
4.	ВАЛИДАЦИЈА И ВЕРИФИКАЦИЈА	59
4.1	Валидација симулационих модела	61
4.1.1	Практичан приступ процесу валидације	64
4.1.1.1	Процена валидности модела	64
4.1.1.2	Валидација претпоставки модела	65

4.1.1.3	Валидација улазно – излазних трансформација	66
4.1.2	Формални критеријум за утврђивање валидности модела	67
4.2	Верификација симулационих модела	69
5.	СРЕДСТВА ЗА СИМУЛАЦИЈУ	71
5.1	Аналогни рачунар	71
5.1.1	Потенциометар	75
5.1.2	Појачавач	76
5.1.3	Сабирач	77
5.1.4	Интегратор	78
5.1.5	Множач	79
5.1.6	Сервомножач	80
5.1.7	Диодни множачи	80
5.1.8	Генератори функција	81
5.1.9	Поступци при раду са аналогним рачунаром	83
5.2	Дигитални рачунар	83
5.3	Хибридни рачунар	85
6.	СИМУЛАЦИЈА КОНТИНУАЛНИХ СИСТЕМА	89
6.1	Формални модел	90
6.2	Функција једне или више променљивих – блок	92
6.3	Апстрактни континуални симулациони систем	92
6.3.1	Подскупови КСС-а	93
6.4	Функције стања, алгебарске функције, променљиве стања	93
6.5	Уредљивост	93
6.6	Симулација континуалних система помоћу аналогног рачунара	94
6.7	Симулација континуалних система помоћу дигиталног рачунара	96
6.8	Интеграција у симулацији континуалних система	98
6.9	Одређивање интервала интеграције	101
6.10	Извођење имплицитних операција	103
6.11	Рачунарска реализација симулатора континуалних система	104

6.12	Симулациони језик	105
6.13	Процесор	106
7.	СИМУЛАЦИЈА ДИСКРЕТНИХ ДОГАЂАЈА	111
7.1	Формални опис система са дискретним догађајима	112
7.2	Догађајај, активност и процес	113
7.3	Развој симулације дискретних догађаја	115
7.3.1	Механизам помака времена	115
7.3.1.1	Помак времена за константан прираштај	115
7.3.1.2	Помак времена на наредни догађај	116
7.3.2	Генерисање догађаја	117
7.4	Стратегије извођење симулације	119
7.4.1	Распоређивање догађаја	119
7.4.2	Сканирање активности	121
7.4.3	Интеракција процеса	122
8.	ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА И СИМУЛАЦИЈА	125
8.1	Историјски развој вештачке интелигенције	130
8.2	Основни концепти вештачке интелигенције	132
8.3	Основни елементи вештачке интелигенције	134
8.3.1	Хеуристичко претраживање	134
8.3.2	Представљање знања	136
8.3.3	Логичко закључивање	136
8.3.4	Језици и алати вештачке интелигенције	137
8.4	Основна подручја вештачке интелигенције	137
8.5	Експертни системи	139
8.6	Дефинисање експертних система	140
8.7	Експерти и експертни системи	142
8.8	Експерни системи и конвенционални програми	144
8.9	Структура експертних система	146
8.10	Представљање знања	148
8.10.1	Продукциона правила	150
8.10.2	Семантичке мреже	152
8.10.3	Оквири	153
8.11	Процес закључивања	154
8.11.1	Уланчавање унапред	156
8.11.2	Уланчавање уназад	157

8.12	Симулација заснована на знању	160
8.13	Аспекти интеграције ЕС и симулационих модела	161
8.14	Симулациони процес и експертни системи	162
8.14.1	Изградња модела	163
8.14.2	Процена параметара	164
8.14.3	Валидација и верификација модела	164
8.14.4	Планирање симулационих експеримената	165
8.14.5	Анализа резултата	165
8.15	Спецификација симулационог модела преко ЕС	166
8.16	Развој експертног система за спецификацију симулационог модела	168
8.16.1	Уграђивање правила	168
8.16.2	Област акција ентитета	169
8.16.2.1	Правила интегритета ентитета	169
8.16.2.2	Пре-акциона условна правила	171
8.16.2.3	Пост-акциона окидачка правила	171
8.16.3	Област атрибута ентитета	172
8.16.3.1	Правило о типу атрибута	173
8.16.3.2	Правило о опсегу вредности атрибута	173
8.16.3.3	Правило о зависности атрибута	173
8.16.4	Област извођења веза	174
8.16.4.1	Правило закључивања	174
8.16.4.2	Правило израчунавања	175
8.17	Стратегија трофазне симулације као продукциони систем	175
8.18	Језици вештачке интелигенције у симулацији	179
9.	ЈЕЗИЦИ ЗА СИМУЛАЦИЈУ КОНТИНУАЛНИХ СИСТЕМА	181
9.1	Језици за симулацију континуалних система	182
9.2	TUTSIM	185
9.2.1	Решење система "вешања" аутомобила на језику TUTSIM	186
9.3	SIMULINK	187
9.3.1	Решење система "вешања" аутомобила на SIMULINK-у	189
9.4	Симулациони језик CSMP	190
9.4.1	Начин рада CSMP-а	191

9.4.2	Симулациони језик CSMP-W95/NT	192
9.4.2.1	Дефинисање конфигурације	193
9.4.2.2	Дефинисање вредности од значаја за симулацију	196
10.	ЈЕЗИЦИ ЗА СИМУЛАЦИЈУ ДИСКРЕТНИХ ДОГАЂАЈА	199
10.1	Прилаз заснован на наредном догађају	199
10.1.1	SIMSCRIPT	200
10.2	Трофазни прилаз	200
10.2.1	ECSL	201
10.3	Прилаз заснован на процесима	201
10.4	Објектно оријентисани симулациони језици	202
10.5	Језици за хибридную симулацију	202
10.6	Симулација на језику GPSS	203
10.6.1	Динамички ентитети	204
10.6.2	Статички ентитети	205
10.6.3	Статистички ентитети	205
10.6.4	Ентитети операција	205
10.6.5	Основни концепти GPSS језика	206
10.6.6	Врсте наредби у GPSS-у	207
10.6.7	Основни скуп наредби GPSS језика	208
10.6.7.1	Генерисање трансакција	209
10.6.7.2	Временско задржавање трансакција	210
10.6.7.3	Статистичко гранање трансакције	211
10.6.7.4	Безусловни скок	212
10.6.7.5	Уклањање трансакције из система	213
10.6.7.6	Стартовање симулатора	214
10.6.7.7	Дефинисање почетка и краја GPSS програма	215
10.6.8	Основни перманентни ентитети	217
10.6.8.1	Уређаји	217
10.6.8.2	Складишта	221
10.6.8.3	Логички прекидачи	224
10.6.8.4	Редови	225
10.6.8.5	Табеле (хистограми)	226
10.6.8.6	Блок MARK	227
10.6.9	Генерисање случајних променљивих	229

10.6.9.1	Узимање узорака из популације	229
10.6.9.2	Генератори униформних случајних бројева	230
10.6.9.3	Транспарентно узимање узорака у блоковима GENERATE, ADVANCE и TRANSFER	230
10.6.9.4	Експоненцијална расподела	235
10.6.9.5	Релације између експоненцијалних и Пуасонових случајних променљивих	236
10.6.9.6	Узимање узорака из Ерлангове расподеле	237
10.6.9.7	Нормална расподела	238
10.6.9.8	Статистичка независност у симулацији	240
10.6.9.9	Остале наредбе GPSS језика	244
10.6.9.10	Симулација телефонске централе на GPSS –у	245
11.	ДИНАМИКА СИСТЕМА И ПРОГРАМСКИ ЈЕЗИК SDS	251
11.1	Историјски преглед динамике система	251
11.2	Системи са и системи без повратног дејства	252
11.3	Поларитет кола повратног дејства	253
11.4	Основни појмови система са повратним дејством	257
11.5	Концептуални модели динамике система	258
11.5.1	Дијаграми узрочних петљи	258
11.5.2	Дијаграми тока	260
11.6	Рачунарски модели у динамици система	262
11.6.1	Описивање промене времена у једначинама модела	263
11.7	Програмски пакет SDS	265
11.7.1	Пример програма у SDS –у.	266
П	ВЕРОВАТНОЋА И СТАТИСТИКА У СИМУЛАЦИЈИ	271
П.1	Случајни догађаји	271
П.2	Вероватноћа	273
П.2.1	Условна вероватноћа	274
П.3	Случајне променљиве	274
П.4	Функција расподеле и функција густине расподеле	275

П.4.1	Трансформација случајне променљиве	277
П.4.2	Нумеричке карактеристике функције расподеле	277
П.5	Стандардизована случајна променљива	280
П.6	Типичне расподеле случајних променљивих	281
П.6.1	Дискретна униформна расподела	281
П.6.2	Континуална униформна расподела	282
П.6.3	Експоненцијална расподела	283
П.6.4	Poisson-ова расподела	284
П.6.5	Нормална (Gauss-ова) расподела	285
П.7	Генерисање случајних бројева	286
П.7.1	Мануелне методе	287
П.7.2	Табеле случајних бројева	287
П.7.3	Методе за генерисање СБ на аналогном рачунару	287
П.7.4	Методе за генерисање СБ на дигиталном рачунару	288
П.7.5	Линеарни конгруентни ГСБ	288
П.8	Тестови за проверу ГСБ	291
П.8.1	k -тест	291
П.8.2	Колмогоров-Смирнов тест	292
П.9	Генерисање случајне променљиве са задатом расподелом	293
П.9.1	Метода инверзне трансформације	293
П.9.2	Метода одбацивања	294
П.9.3	Метода правоугаоне апроксимације	295
П.9.4	Метода сумирања	299
П.9.5	Вох-Muller-ов метод	300
ЛИТЕРАТУРА		303