

Marián BUJNA – Maroš KORENKO

SIMULÁCIA VÝROBNÝCH PROCESOV

Nitra 2019

Názov: **Simulácia výrobných procesov**

Autori: **Ing. Marián Bujna, PhD. (8,37 AH)**

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Technická fakulta

Katedra kvality a strojárskych technológií

doc. Ing. Maroš Korenko, PhD. (0,50 AH)

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Technická fakulta

Katedra kvality a strojárskych technológií

Recenzenti: doc. Ing. Miroslav Žitňák, PhD.

Ing. Petr Dostál, Ph.D.

Vysokoškolská učebnica bola vydaná s finančnou podporou projektu KEGA
039SPU-4/2017.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 18. 10. 2019
ako vysokoškolskú učebnicu pre študentov SPU v Nitre.

ISBN 978-80-552-2092-5

Úvod.....	6
1 ZÁKLADNÉ POJMY V SIMULÁCII.....	7
1.1 Objekt	7
1.2 Systém.....	7
1.2.1 Diskrétné a spojité systémy	9
1.2.2 Systémy vytvorené človekom a systémy prirodzené.....	10
1.2.3 Otvorený, uzavretý a izolovaný systém.....	10
1.2.4 Kauzálné a nekauzálné systémy	11
1.2.5 Deterministické a stochastické systémy	12
1.2.6 Časovo-invariantný a variantný systém.....	12
1.2.7 Lineárny a nelineárny systém	13
1.2.8 Jednorozmerné a viacrozmerné systémy	14
1.2.9 Informačné a organizačné systémy.....	15
1.3 Signál	15
1.4 Prvok.....	15
1.5 Analógia.....	16
2 MODEL A MODELOVANIE.....	17
2.1 Modely a modelovanie	17
2.2 Základné princípy modelovania	18
2.3 Tvorba modelu.....	19
2.4 Overenie platnosti modelu.....	21
2.5 Etapy modelovania	21
2.6 Kvalita modelov.....	22
3 KLASIFIKÁCIA MODELOVANIA	24
3.1 Matematický model	26
3.1.1 Základné zložky matematického modelu	27
3.1.2 Klasifikácia matematických modelov.....	29
3.1.3 Kroky pri modelovaní.....	30
3.1.4 Zásady matematického modelovania.....	32
3.2 Deterministický model.....	34
3.2.1 Model dynamického systému	38
3.2.2 Všeobecný postup vytvárania deterministických matematických modelov	40
3.2.3 Deterministické modely riadenia zásob.....	42
3.3 Stochastický model.....	43
3.3.1 Podstata stochastických procesov a ich klasifikácia.....	45
3.3.2 Metódy stochastického modelovania.....	45
3.3.3 Stochastický model zásob.....	46
4 SIMULÁCIA	50
4.1 Klasifikácia procesov.....	54
4.2 Typy simulácie.....	56
4.3 Prečo je dôležité simulovať	57
4.4 Zásady simulácie	58
5 VYUŽITIE SIMULÁCIE.....	59

5.1	Význam simulácie	62
5.1.1	Význam simulácie v riadení výroby	62
5.1.2	Oblasti použitia simulácií v praxi	63
6	TVORBA SIMULAČNÝCH MODELOV	70
6.1	Postup tvorby simulačných modelov	70
6.2	Etapy simulácie	73
6.2.1	Prípravná fáza simulácie	73
6.2.2	Vykonávacia fáza simulácie	74
6.2.3	Záverečná fáza simulácie	74
7	RIADENIE ČASU V SIMULÁCII	75
7.1	Význam dĺžky simulácie	75
7.2	Metóda pevného časového kroku	77
7.3	Metóda premenlivého časového kroku	78
7.4	Pojmy súvisiace s časom	79
7.5	Rozdelenie simulácie podľa simulačného času	80
8	ALGORITMIZÁCIA SIMULAČNÝCH MODELOV	82
8.1	Tvorba efektívnych algoritmov	84
8.2	Vlastnosti a zápis algoritmu	85
8.3	Etapy tvorby programov	87
9	MODELOVANIE SPOJITÝCH SYSTÉMOV	90
9.1	Spojité simulácie	90
9.2	Využitie spojitej simulácie	92
9.3	Aplikovanie simulačných modelov	92
9.4	Metódy spojitej simulácie	94
9.5	Spojité rozdelenia	95
10	MODELOVANIE DISKRÉTNÝCH SYSTÉMOV	97
10.1	Diskrétna simulácia a systémy	97
10.2	Komponenty diskkrétnej simulácie	99
10.3	Diskrétny simulačný model	102
11	ATRIBÚTY SIMULAČNÝCH PROGRAMOV	103
11.1	Typológia simulačných programov	103
11.2	Charakteristika vybraných simulačných nástrojov	104
11.2.1	AutoMod	104
11.2.2	Demo3D	105
11.2.3	Plant Simulation	106
11.2.4	Simul8	107
11.2.5	SimScheduler	108
11.2.6	Witness	109
11.2.7	Arena	111
11.2.8	Factor/AIM	112
11.2.9	Quest	113
12	VŠEOBECNÝ POSTUP VYTVÁRANIA INDUKTÍVNYCH A DEDUKTÍVNYCH MODELOV	114
12.1	Základné pojmy	114

12.2	Všeobecný postup vytvárania induktívnych modelov	115
12.3	Všeobecný postup vytvárania deduktívnych modelov	115
12.3.1	Analýza procesu	116
12.3.2	Teoretický model	116
12.3.3	Matematický popis	116
12.3.4	Riešenie modelových rovníc	117
12.3.5	Verifikácia modelu	117
13	SIMULÁCIA MONTE CARLO	118
13.1	Charakteristika Monte Carlo	118
13.2	Algoritmus metódy	119
13.3	Dôvody, ktoré oprávňujú používanie simulačného prístupu	124
13.4	Metóda Monte Carlo a riešenie určitých integrálov	126
14	GENEROVANIE NÁHODNÝCH ČÍSEL	133
14.1	Generátory pseudonáhodných čísel (GPČ)	135
14.2	Základné typy GPČ	136
14.2.1	Lineárne kongruenčné generátory (LCG)	136
14.2.2	Nelineárne generátory	138
14.3	Metódy zlepšenia vlastností GPČ	139
14.4	Tvorba náhodných premenných s nerovnomerným rozdelením	140
14.4.1	Metóda inverznej funkcie	141
14.4.2	Vylučovacia metóda	141
14.4.3	Sumačné metódy	141
14.4.4	Transformačné metódy	142
14.5	Testy GPČ	143
14.6	Rekurentné algoritmy	143
14.6.1	Van Neumanov generátor náhodných čísel	144
14.6.2	Lampeho generátor náhodných čísel	145
14.7	Generovanie náhodných čísel kongruenčnými metódami	146
15	POUŽITÁ LITERATÚRA	149

Úvod

Pri projektovaní a prevádzke komplexných logistických a výrobných systémov vzniká množstvo problémov a rizík. Veľký počet variantov a zložitosť ich vyhodnocovania nedávajú pri klasických nástrojoch projektantovi ani riadiacemu pracovníkovi možnosť výberu optimálneho riešenia.

Ide o takzvaný efekt lokálnej optimalizácie, ktorá sa vyskytuje nielen v prevádzke logistických a výrobných systémov, ale i pri ich projekte. Uvedený problém je zvlášť zložitý, ak si uvedomíme, že o optimalizácii by sme mali hovoriť nielen na úrovni výrobného systému alebo dielne, ale že by sa mala sledovať optimalizácia z hľadiska celopodnikových cieľov. Bežne sa stáva, že sa tieto systémy projektujú na základe takto zúžených pohľadov a kritérií. Ak je projekt príliš nákladný, robia sa jeho úpravy, aby ho bolo možné vôbec realizovať. Pri neurčitosti budúcich požiadaviek na výrobu, pri časovom tlaku, obmedzenosti financií a nedostupnosti moderných projekčných nástrojov je možné len ťažko hovoriť o celkovej optimalizácii parametrov systému. Často sa potom stáva, že už v projekte systému sú nedostatky, ktoré nedovolia plné využívanie všetkých jeho možností. V priebehu prevádzky je potom potrebné riešiť problémy dodatočných úprav systému, čo je spojené obyčajne s ďalším nárastom nákladov.

Rozvoj techniky umožňuje riadiacim pracovníkom podnikov rozhodnúť o využívaní simulačných programov, ktoré sa stávajú trendom. Simulačné programy sú nástrojmi, ktoré testujú efekty rôznych rozhodnutí na modeli a následne vyhodnocujú výrobné kapacity, dĺžky trvania operácií a iné parametre výroby.

Simulácia je jednou z najmodernejších technológií, ktorá významnou mierou prispieva k zvyšovaniu konkurencieschopnosti a efektívnemu riadeniu výrobných podnikov. Možnosti jej nasadenia sú veľmi široké, od testovania súčiastok vo fáze vývoja, až po simuláciu komplexných výrobných systémov, akým je digitálny podnik.

Simulácia výrazne napomáha pri plánovaní, riadení a kontinuálnom zlepšovaní výrobných procesov, je významným pomocníkom pri zvyšovaní ich produktivity, efektivity a flexibility. Práve flexibilita, v reagovaní na neustále sa meniace požiadavky zákazníkov v podmienkach globálnych trhov, sa stáva výhodou pre podniky používajúce vyspelé technológie.

Vytváranie simulačného modelu má určitú postupnosť, ktorou sa treba riadiť. Najskôr treba vytvoriť jednoduchú verziu modelu, otestovať jeho funkčnosť a správnosť a postupne dopĺňať ďalšie detaily. V prvej fáze je vhodné sústrediť sa iba na pracoviská a tok výrobkov cez systém bez toho, aby sa v modeli vytváral detailný dopravný systém a ďalšie prvky. Až po overení funkčnosti modelu sa pristupuje k dopracovaniu efektných grafických efektov pre animáciu a vyhodnoteniu.

Vysokoškolská učebnica Simulácia výrobných procesov je primárne určená pre študentov Technickej fakulty Slovenskej Poľnohospodárskej univerzity v Nitre pre predmet „Simulácia výrobných procesov“.

Marián BUJNA – Maroš KORENKO

SIMULÁCIA VÝROBNÝCH PROCESOV

Vydala: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Rok vydania: 2019

Náklad: 100 ks

Počet strán: 159

Jazyková redaktorka: Katarína Drábiková

AH-VH: 8,87-9,09

Neprešlo grafickou úpravou vo Vydavateľstve SPU v Nitre.

ISBN 978-80-552-2092-5