

Министерство образования и науки Российской Федерации
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

**Исследование производственных систем с маршрутизацией,
зависящей от состояния**

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА СПЕЦИАЛИСТА

студента 5 курса 511 группы
специальности 010501 — прикладная математика и информатика
факультета компьютерных наук и информационных технологий
Салина Романа Владимировича

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н.

В. И. Долгов

Саратов 2014

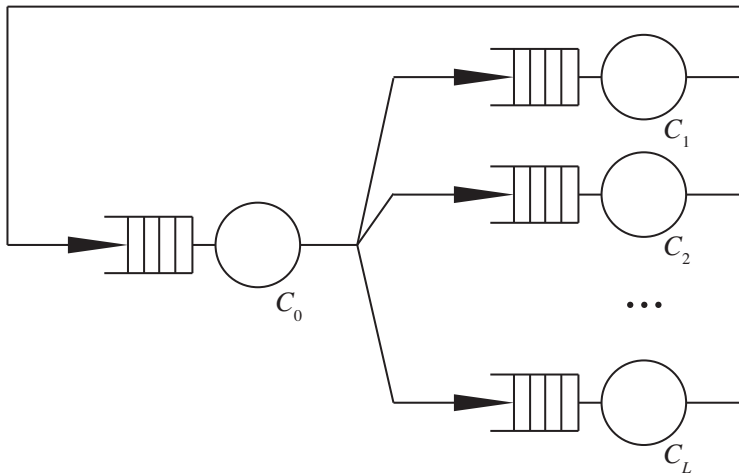
Цели и задачи работы

- исследование производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния;
- разработка алгоритма метода анализа производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния;
- программная реализация алгоритма;
- проведение численных экспериментов с разработанной программой.

Гибкие производственные системы

- $\mathcal{C} = \{C_i\}$ — множество рабочих станций ГПС,
 $i \in I \equiv \{i \mid i = 1, \dots, L\}; I_t \subseteq I$;
- $\mathcal{T} = \{1, 2, \dots, T\}$ — множество типов деталей ГПС;
- κ_i — число параллельно работающих приборов на станции C_i ,
 $i = 1, \dots, L$; $\kappa = (\kappa_i)$;
- C_0 — система транспортировки; κ_0 — число транспортеров;
- N_t — число деталей типа t в ГПС, $\sum_t N_t = N$; $\mathbf{N} = (N_t)$,
 $t = 1, \dots, T$;
- s_{it} — емкость рабочей станции C_i для деталей типа t , $i \in I_t$,
 $t = 1, \dots, T$; $s = (s_{it})$;
- μ_{it} — интенсивность обработки детали типа t на станции C_i ,
 $i \in I_t$, $t = 1, \dots, T$;
- $D_i = RANDOM$ — дисциплина обработки на станциях
 C_i , $i = 1, \dots, L$.
- $\bar{\eta} = (\bar{\eta}_0, \bar{\eta}_1, \dots, \bar{\eta}_L)$ — состояние ГПС, где $\bar{\eta}_i = (n_{i1}, \dots, n_{iT})$ —
состояние рабочей станции C_i , $i = 1, \dots, L$.

Гибкие производственные системы



Маршрутизация

В производственной системе имеет место вероятностная маршрутизация в кратчайшую очередь:

$$\theta_{0t,it} = \frac{r_{it}(n_{it})}{r_{0t}(n_{0t})}, \quad (1)$$

где $r_{it}(\cdot)$ и $r_{0t}(\cdot)$ — две линейные функции:

$$r_{it}(n_{it}) = s_{it} - n_{it} \text{ и } r_{0t}(n_{0t}) = \sum_{C_i \in I_t} s_{it} + n_{0t} - N_t,$$

$$i = 1, \dots, L, \quad t = 1, \dots, T.$$

Стационарное решение

Теорема¹. Марковский процесс $\bar{\eta}(\tau)$, определенный в пространстве состояний S и управляемый PSQ–маршрутизацией, как определено в (1), является обратимым относительно времени и имеет следующую мультипликативную форму стационарного распределения вероятностей:

$$\pi(\bar{\eta}) = G^{-1} \prod_{i=0}^L \left[\prod_{j=1}^{n_i} \nu_i^{-1}(j) \right] \left[\prod_{t=1}^T \prod_{j=1}^{n_{it}} \frac{r_{it}(j-1 + \delta_{i0})}{j\mu_{it}} \right], \quad \bar{\eta} \in S, \quad (2)$$

где $\delta_{i0} = 1$, если $i = 0$, иначе $\delta_{i0} = 0$, G — нормализующая константа и

$$\nu_i(n_i) = \frac{\min(n_i, \kappa_i)}{n_i}.$$

¹Yao D. D., Buzacott J. A. Modeling a class of state-dependent routing in flexible manufacturing systems // Annals of Operations Research. – 1985. – No. 3. – P. 153-167.

Структура алгоритма

Шаг 1. Ввод исходных данных

- L — число СМО в СеМО;
- $\mathbf{N} = (N_t)$ — вектор начального числа требований в СеМО, $t = 1, \dots, T$;
- $\kappa = (\kappa_i)$ — вектор числа приборов в системах обслуживания СеМО, $i = 0, \dots, L$;
- $s = (s_{it})$ — матрица емкостей систем в СеМО, $i = 0, \dots, L, t = 1, \dots, T$;
- $\mu = (\mu_{it})$ — матрица интенсивностей обслуживания требований системами СеМО, $i = 0, \dots, L, t = 1, \dots, T$.

Шаг 2. Положить $i = 1$.

Шаг 3. Перестановка СМО C_i и C_L

Структура алгоритма

Шаг 4. Вычисление стационарного распределения вероятностей состояний СМО C_i

Входные данные: $L, T, \mathbf{N} = (N_t), \kappa = (\kappa_i), s = (s_{it}), \mu = (\mu_{it}), i = 0, \dots, L, t = 1, \dots, T.$

Выходные данные: $\pi_i(\mathbf{n}, \mathbf{N}), i = 1, \dots, L.$

Шаг 5. Обратная перестановка СМО C_L и C_i

Шаг 6. Если $i < L$, то положить $i = i + 1$ и перейти на **шаг 3**, иначе перейти к **шагу 7**.

Шаг 7. Вычисление стационарных характеристик СеМО

Шаг 8. Вывод результатов

- \bar{n}_{it} — м. о. числа требований, $i = 0, \dots, L, t = 1, \dots, T$;
- λ_{it} — интенсивности потока требований, $i = 0, \dots, L, t = 1, \dots, T$;
- ψ_{it} — коэффициенты использования обслуживающих приборов, $i = 0, \dots, L, t = 1, \dots, T.$

Интерфейс программы

Анализ гибких производственных систем

Число СМО (L):

Число классов требований (T):

Вектор числа t-требований (N[t]):

Вектор числа приборов (каппа[i]):

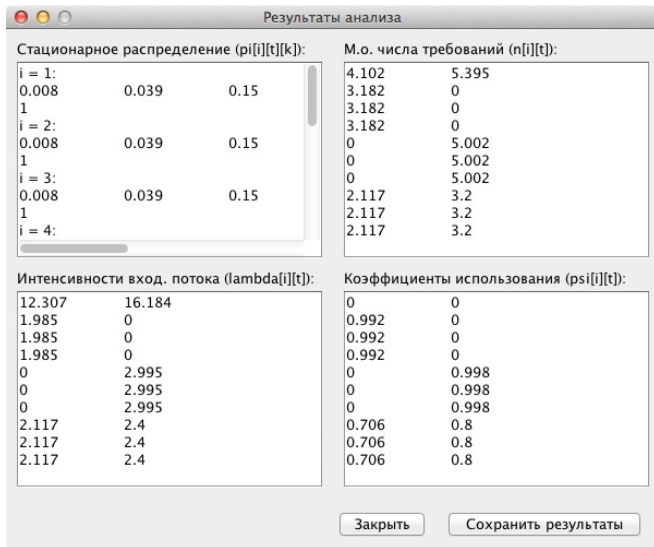
Емкости систем (s[i][t]):

20	30
4	0
4	0
4	0
4	0
0	6
0	6
0	6
3	4
3	4
3	4

Интенсивности обслуживания (mu[i][t]):

3.0	3.0
2.0	0.0
2.0	0.0
2.0	0.0
0.0	1.5
0.0	1.5
0.0	1.5
1.0	0.75
1.0	0.75
1.0	0.75

Интерфейс программы



Эксперимент

$L = 9; T = 2; \mathbf{N} = (20, 30);$

$I_1 = \{1, 2, 3, 7, 8, 9\}, I_2 = \{4, 5, 6, 7, 8, 9\};$

$\kappa_1 = \kappa_2 = \kappa_3 = 1; \kappa_4 = \kappa_5 = \kappa_6 = 2; \kappa_7 = \kappa_8 = \kappa_9 = 7;$

$\mu_{11} = \mu_{21} = \mu_{31} = 2; \mu_{42} = \mu_{52} = \mu_{62} = 1, 5; \mu_{71} = \mu_{81} = \mu_{91} = 1;$

$\mu_{72} = \mu_{82} = \mu_{92} = 0, 75;$

$s_{11} = s_{21} = s_{31} = 4; s_{42} = s_{52} = s_{62} = 6; s_{71} = s_{81} = s_{91} = 3;$

$s_{72} = s_{82} = s_{92} = 4.$

Для C_0 : $\mu_{01} = \mu_{02} = 3; s_{01} = 20; s_{02} = 30.$

C_i	C_0		$C_{1,2,3}$	$C_{4,5,6}$	$C_{7,8,9}$	
t	Тип 1	Тип 2	Тип 1	Тип 2	Тип 1	Тип 2
\bar{n}_i	4,102	5,395	3,182	5,002	2,117	3,200
λ_i	12,307	16,184	1,985	2,995	2,117	2,400
ψ_i	—	—	0,993	0,998	0,706	0,800

Результаты работы

- рассмотрены производственные системы с маршрутизацией, зависящей от состояния;
- разработан алгоритм метода анализа производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния;
- разработана программа, вычисляющая основные стационарные характеристики производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния;
- проведены численные эксперименты с разработанной программой и приведены соответствующие результаты.