

что взаимные ковариационные функции  $R_{ij}(t_1, t_2), t_1, t_2 \in R$ , случайных процессов  $X_i(t)$  и  $X_j(t)$ ,  $i, j = \overline{1, p}, i \neq j$  удовлетворяют равенству:

$$R_{ij}(t_1, t_2) = M[X_i(t_1)X_j(t_2)] = 0.$$

Доказано, что процесс  $Z(t)$  вида (1) является стационарным в широком смысле и для него справедливо:

$$MZ(t) = 0; \quad DZ(t) = \sum_{i=1}^p \beta_i^2 R_i(0); \quad R_z(t_1, t_2) = \sum_{i=1}^p \beta_i^2 R_i(t_1 - t_2).$$

**Теорема.** Семивариограмма случайного процесса  $Z(t)$ ,  $t \in R$ , вида (1) имеет представление:

$$\gamma_z(t) = \sum_{i=1}^p \beta_i^2 (R_i(0) - R_i(t)), \quad t \in R.$$

*Доказательство.* Так как процесс  $Z(t)$  является стационарным в широком смысле, можно записать [1]:

$$\begin{aligned} \gamma_z(t) &= R_z(0) - R_z(t) = \\ &= \sum_{i=1}^p \beta_i^2 R_i(0) - \sum_{i=1}^p \beta_i^2 R_i(t) = \sum_{i=1}^p \beta_i^2 (R_i(0) - R_i(t)). \end{aligned}$$

Доказательство теоремы завершено. ■

### Литература

1 Цеховая, Т. В. Оценки характеристик второго порядка во временной области стационарных процессов / Т. В. Цеховая, Н. Н. Труш. – Минск : БГУ, 2020. – 75 с.

**Н. А. Онищик**

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### О РЕКУРРЕНТНЫХ МЕТОДАХ АНАЛИЗА СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ СЕТЕЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Для непосредственного вычисления средних характеристик сетей массового обслуживания (СеМО) применяются методы анализа средних значений (MVA-методы). Для их обоснования используется закон сохранения потока заявок и формула Литтла. Такие методы имеют довольно простой, в большинстве своем рекуррентный по числу заявок или по моментам времени вид, что позволяет преодолеть различные численные трудности, возникающие при исследовании сетей.

Целью работы является исследование MVA-метода, рекуррентного по моментам времени, позволяющего находить средние характеристики в переходном и стационарном режиме, разработка программного приложения для его реализации, расчет примеров и формулировка выводов.

Рассмотрим замкнутую СеМО из  $m_i$ -линейных узлов с интенсивностью обслуживания  $\mu_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ , в которой циркулируют  $K$  однотипных заявок. Дисциплины обслуживания – FIFO. Пусть  $(p_{ij})_{n \times n}$  – матрица вероятностей передач;  $N_i(t)$ ,  $\tau_i(t)$ ,  $\rho_i(t)$  – среднее число заявок, среднее время пребывания заявок и среднее число занятых линий в  $i$ -м узле на интервале  $[0, t]$ ,  $t < T$ ,  $i = \overline{1, n}$  соответственно. Справедливы рекуррентные по  $t$  соотношения [1]:

$$\rho_i(t) = \min\{N_i(t), m_i\}, i = \overline{1, n}; \tau_i(t) = \frac{N_i(t)}{\mu_i \rho_i(t)}, i = \overline{1, n};$$
$$N_i(t+1) = \frac{K\tau_i(t)}{\sum_{j=1}^n e_{ji}\tau_j(t)}, i = \overline{1, n}, \begin{cases} e_{ji} = \sum_{l=1}^n e_{li}p_{lj}, \\ e_{ii} = 1, i, j = \overline{1, n}. \end{cases}$$

Актуальным является продолжение разработки новых методов анализа средних значений для сетей с различными особенностями и нестандартным перемещением заявок.

### Литература

1 Матальцкий, М. А. Сети массового обслуживания в стационарном и переходном режимах / М. А. Матальцкий. – Гродно : ГрГУ, 2001. – 211 с.

**М. В. Поварго**

(ГрГУ им. Я. Купалы, Гродно)

### О СЕТЕВОЙ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ КОЛЛ-ЦЕНТРА

Колл-центры часто имеют разветвленную или многоуровневую структуру. В функции агентов колл-центра первого уровня входит регистрация звонков и предоставление общей информации. Когда тема запроса клиента выходит за рамки специализации агентов текущего уровня, клиент перенаправляется на более высокий уровень, специа-