



Ю.Д. Ревина, С.Д. Туровец

## ОТОБРАЖЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОДСИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ГРАФЕ СОСТОЯНИЙ

(Самарский государственный технический университет)

Рассматривается случай представления системы массового обслуживания (СМО) в виде композиции некоторого числа подсистем более простого вида.

При параллельном соединении неразличимых каналов обслуживания (которые имеют одинаковую пропускную способность и общую очередь [1-5]) граф состояний СМО является линейным графом процесса гибели и размножения.

Орграф последовательного соединения неразличимых каналов имеет такой же вид за исключением разметки дуг, отвечающих за переход к состоянию, отвечающему возрастанию числа заявок в системе. При этом интенсивность перехода падает из-за наличия ненулевой вероятности отказа (в СМО с отказами).

Учёт различимости каналов приводит к значительному усложнению топологии графа состояний составной СМО [1-5].

**Параллельное соединение.** Рассмотрим две подсистемы  $ПС_1$  и  $ПС_2$ , состоящие соответственно из  $n_1$  и  $n_2$  каналов, неразличимых внутри своей подсистемы, соединены параллельно. Все возможные состояния такой СМО представим таблицей с  $n_1$  строками и  $n_2$  столбцами. Таким образом, данная СМО имеет  $n_1 n_2$  состояний, образующих вершины графа с размеченными дугами переходов, размещёнными горизонтально либо вертикально. Разметка дуг этого орграфа определяется как пропускными способностями каналов подсистем  $ПС_1$  и  $ПС_2$ , так и диспетчеризацией (протоколом разделения) входящих заявок данной СМО между подсистемами [1-5].

В случае параллельного соединения трёх подсистем  $ПС_1$ ,  $ПС_2$ ,  $ПС_3$ , получим граф с  $n_1 n_2 n_3$  вершинами, образующими 3-мерную решётку с соответствующими размеченными ортогональными дугами. Аналогично строится граф состояний СМО, образованной большим числом параллельно соединённых подсистем.

**Последовательное соединение.** Рассмотрим последовательное соединение двух подсистем  $ПС_1$  и  $ПС_2$ , состоящих соответственно из  $n_1$  и  $n_2$  каналов, неразличимых внутри своей подсистемы. Все возможные состояния такой СМО так же представимы таблицей с  $n_1$  строками и  $n_2$  столбцами. Таким образом, данная СМО имеет  $n_1 n_2$  состояний, образующих вершины графа с размеченными дугами переходов. В отличие от предыдущего случая ряд дуг, отвечающих за переход заявки, обработанной в подсистеме  $ПС_1$ , в подсистему  $ПС_2$ , будет направлен по диагонали соответствующей клетки. Это объясняется свершением



двух переходов за один такт работы СМО: выход «полуобслуженной» заявки из подсистемы  $ПС_1$  и её вход в подсистему  $ПС_2$ . Разметка дуг орграфа состояний СМО вновь зависит от пропускной способности каналов подсистем  $ПС_1$  и  $ПС_2$ . Кроме того, на неё влияет вероятность отказа в подсистеме  $ПС_2$ . С другой стороны, отпадает необходимость в диспетчеризации входящих заявок данной СМО.

При последовательном соединении трёх подсистем  $ПС_1$ ,  $ПС_2$ ,  $ПС_3$ , получим граф с  $n_1 n_2 n_3$  вершинами, образующими 3-мерную решётку. Однако в отличие от случая параллельного соединения можно представить эту решётку 2-мерно и планарно, причём только с ортогональным расположением дуг переходов. Аналогично строится граф состояний СМО, образованной большим числом последовательно соединённых подсистем.

Сочетание параллельного и последовательного соединения подсистем, содержащих неразличимые каналы, позволяет представить практически любую СМО стандартным образом и упростить анализ её свойств.

Соответствующие булевы функции, реализующие имитацию СМО конечными автоматами, позволяют получить статистически значимые оценки предельных вероятностей состояний СМО с помощью вычислительной техники [4,5].

Особый интерес представляет подбор диспетчеризации входных заявок, необходимой при наличии различимых каналов обслуживания, соединённых параллельно. Возможен учёт самых разнообразных критериев оптимизации данной СМО: минимизация вероятности отказов или простоев, максимизация пропускной способности СМО и др.

### Литература

1. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Аналитическое описание систем массового обслуживания с использованием колец вычетов / «Математическое моделирование и краевые задачи». Труды VII Всероссийской научной конференции. Ч.2. – Самара, Изд-во СамГТУ, 2010. – С. 136-139.
2. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с различимыми каналами как конечный автомат / «Математическое моделирование и краевые задачи». Труды VIII Всероссийской научной конференции. Ч.2. – Самара, Изд-во СамГТУ, 2011. – С. 178-180.
3. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с различимыми каналами как конечный автомат / Вестник СамГТУ Серия «Физ.-мат. науки», №3(28). – Самара, Изд-во СамГТУ, 2012. – С. 114-124.
4. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Комплекс программ имитационного моделирования работы системы массового обслуживания с неоднородными приборами и отдельными накопителями / Вестник СамГТУ Серия «Физ.-мат. науки», №2(31). – Самара, Изд-во СамГТУ, 2013. – С. 50-57.
5. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Моделирование конечными автоматами систем массового обслуживания с различимыми каналами / Известия СНЦ РАН, т.16, №4(2). – Самара, Изд-во СНЦ РАН, 2014. – С. 318-321.