А.П. Котенко, М.С. Бобков, Ю.Д. Ревина

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОНЕЧНЫМ АВТОМАТОМ ПРИ НЕОРДИНАРНОСТИ ПОТОКОВ ЗАЯВОК

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В развитие метода описания системы массово обслуживания (СМО) с помощью конечных автоматов [1,2,3,4,5] рассмотрим случай неординарных потоков входящих и обслуженных заявок. Подобные неклассические СМО встречаются при описании систем с заявками, приходящими одновременно (например, состав из железнодорожных вагонов) или с неразличимым временем прихода (к примеру, запросы к DNS-серверу).

Проиллюстрируем универсальность предложенной методики [2,3,5] моделирования СМО конечными автоматами в этом случае. Рассмотрим систему с двумя различимыми каналами (имеющими, к примеру, разную пропускную способность) и раздельные очереди на одну ожидающую заявку. Тогда алфавит A для описания состояний автомата K имеет следующие буквы:

0000 – оба канала и обе очереди каналов пусты (простой СМО);
1000 – I канал обслуживает заявку, II канал и обе очереди пусты;
1100 – I канал и его очередь заняты, II канал и его очередь пусты;
1010 – оба канала заняты, обе очереди пусты;
0010 – II канал обслуживает заявку, I канал и обе очереди пусты;
0011 – II канал и его очередь заняты, I канал и его очередь пусты;
1110 – I канал и его очередь заняты, II канал занят, а его очередь пуста;
1011 – II канал и его очередь заняты, I канал занят, а его очередь пуста;
1111 – оба канала и их очереди заняты (отказ СМО принять очередную заявку).

Оставшиеся 7 состояний размещения 1 или 0 на одной из четырёх позиций невозможны (например, состояние 0101 невозможно, так как означает простой каналов в то время, как в их очередях имеются ожидающие обслуживания заявки).

Предположим, что заявки входного потока могут появляться как поодиночке, так и попарно. Симметрично предположим, что обслуживающие каналы независимо друг от друга могут заканчивать обслуживание соответствующей заявки одновременно. Тогда алфавит B сигналов, поступающих на вход автомата K, будет состоять из следующих букв:

000 – на вход системы за очередной такт времени не поступило новой заявки;
001 – пришла заявка, претендующая на обработку I каналом;
010 – пришла заявка, претендующая на обработку II каналом;
011 – одновременно пришли две заявки, которые могут быть обслужены любым из двух каналов;
100 – I канал закончил обработку очередной заявки;
101 – II канал закончил обработку очередной заявки;

110 – оба канала одновременно закончили обработку занимавших их заявок.

Будем считать, что одновременно не могут поступить две заявки, претендующие на обслуживание одним каналом. Так будет, к примеру, если заявки не различают каналы обслуживания, хотя подчиняются диспетчеру [1,2,3].

Тогда можно представить таблицу переходов T автомата K матрицей с 9 строками для описания алфавита состояний A и 7 столбцами для описания алфавита входных сигналов B. Дополнив таблицу T до 16×8-матрицы T_1, представим с помощью четырёх булевых функций $s_1(n+1)$, $s_2(n+1)$, $s_3(n+1)$, $s_4(n+1)$ функции перехода автомата K в следующее состояние

$$S(n+1)=(s_1(n+1),s_2(n+1),s_3(n+1),s_4(n+1))$$

из предыдущего состояния

$$S(n)=(s_1(n),s_2(n),s_3(n),s_4(n))$$

под действием сигнала $a(n)=(a_1(n),a_2(n),a_3(n))$.

Наличие недопустимых сочетаний состояния $S(n)$ и сигнала $a(n)$ позволяет ставить задачу составления оптимального по тому или иному критерию автомата K, изоморфно представляющего данную СМО. В качестве критериев оптимизации можно рассматривать как минимизацию числа элементарных переключателей, так и ускорение времени расчёта одного такта работы системы. Применение треугольного метода построения многочлена Жегалкина для представления соответствующей булевой функции позволяет в автоматизированном режиме перебирать допустимые многочлены с помощью разработанного программного обеспечения [4,5].

Громоздкость представления соответствующих булевых функций окупается простотой программирования их составления и получением статистически значимых оценок предельных вероятностей состояний СМО с помощью вычислительной техники [4,5].

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 раздельными 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.

А.П. Котенко, Е.А. Шарапова, П.М. Бенгина

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИОННЫХ УРАВНЕНИЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Рассматривается задача многокритериальной оптимизации технологического процесса с конфликтующими критериями. При этом связи, вызывающие влияние исходных параметров сырья на целевые характеристики продукции, имеют стохастическую природу. Подобные технологии характерны, например, для нефтепереработки, когда сырьё поступает с разных месторождений и имеет значительный разброс характеристик. Определение выходных параметров продукции может исследоваться статистически, однако идентификация параметров соответствующих регрессионных уравнений не даёт ответа на вопрос: как подобрать управляющие технологические факторы, чтобы гарантировать попадание конфликтующих целевых критериев в заданную стандартами область?

Кроме того, необходимо выбрать среди допустимых параметров такой набор, который обеспечивал бы экономически оптимальные результаты.

Приведём математическую постановку задачи.

Идентифицируем параметры (структурные коэффициенты) системы $AY=BX$ линейных взаимозависимых регрессионных уравнений (структурная форма модели – СФМ), которую представим в виде

$$\begin{cases} y_1 = a_{12}y_2 + a_{13}y_3 + a_{14}y_4 + \ldots + a_{1,k-1}y_{k-1} + a_{1k}y_k + b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + \ldots + b_{1n}x_n + \varepsilon_1, \\ y_2 = a_{21}y_1 + a_{23}y_3 + a_{24}y_4 + \ldots + a_{2,k-1}y_{k-1} + a_{2k}y_k + b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + \ldots + b_{2n}x_n + \varepsilon_2, \\ y_3 = a_{31}y_1 + a_{32}y_2 + a_{34}y_4 + \ldots + a_{3,k-1}y_{k-1} + a_{3k}y_k + b_{31}x_1 + b_{32}x_2 + \ldots + b_{3n}x_n + \varepsilon_3, \\ \ldots \\ y_k = a_{k1}y_1 + a_{k2}y_2 + a_{k3}y_3 + \ldots + a_{k,k-1}y_{k-1} + a_{kk}y_k + b_{k1}x_1 + b_{k2}x_2 + \ldots + b_{kn}x_n + \varepsilon_k. \end{cases}$$

Здесь предполагаем, что от исходного (натурального) масштаба показателей совершён переход к стандартизованному масштабу, так что свободные члены регрессионных уравнений отсутствуют.

Как известно, применение метода наименьших квадратов (МНК) к отдельным уравнениям системы СФМ даёт несостоятельные точечные оценки структурных коэффициентов по заданной экспериментальной выборке. Поэтому применим косвенный МНК: по приведённым коэффициентам приведённой формы модели (ПФМ)