

Литература

1. Волотовский, А. Б. Трансформеры монад на Haskell / А. Б. Волотовский // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях. – 2021. – С. 333–334.

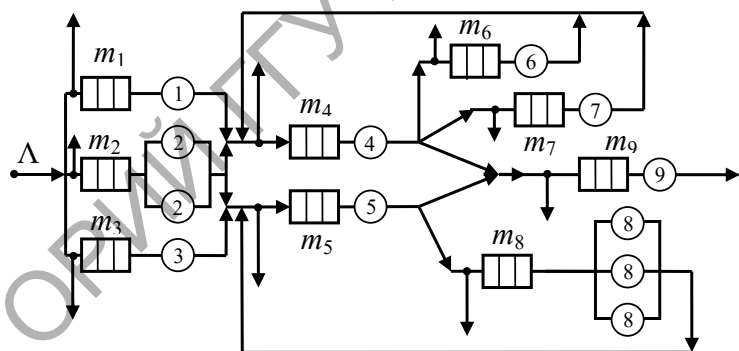
Ю. Г. Галич

(ОмГУПС, Омск)

Науч. рук. В. Н. Задорожный, д-р техн. наук, доцент

МИНИМИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ПОТЕРЬ В НЕМАРКОВСКИХ СЕТЯХ С ОЧЕРЕДЯМИ ПУТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМОВ БУФЕРОВ

Продолжая исследование методов оптимизации однородных немарковских сетей с ограниченными размерами буферов [1] рассмотрим пример сети с очередями, изображенной на рисунке 1 (заимствованном из [2]), с системами вида $G/G/K/m$.



$$p_{0,1} = 0,2, p_{0,2} = 0,3, p_{0,3} = 0,5, p_{2,4} = 0,7, p_{2,5} = 0,3, \\ p_{4,6} = 0,3, p_{4,7} = 0,4, p_{4,9} = 0,3, p_{5,8} = 0,9, p_{5,9} = 0,1$$

Рисунок 1 – Тестовая сеть массового обслуживания

Входящий в сеть поток заявок пуассоновский, его интенсивность $\Lambda = 1$. В любом из K_i каналов i -го узла время обслуживания заявки – независимая случайная величина с функцией распределения $B_i(t)$ и интенсивностями обслуживания μ_i (см. таблицу 1, в которой R обозначает равномерное, E^2 – эрланговское второго порядка, M – экспоненциальное распределения). Переходные вероятности p_{ij} указаны на рисунке 1. Размер m_i каждого буфера ограничен и если в момент по-

ступления заявки в буфер i -го узла буфер заполнен, то заявка теряется. Вероятность P_{loss} потерь – это доля теряемых заявок в числе всех заявок, поступающих на вход сети. Решаемая задача может быть записана в виде

$$P_{\text{loss}}(\vec{m}) \rightarrow \min_{\vec{m}}, \quad (1)$$

где $\vec{m} = (m_1, \dots, m_9)$ – распределение объемов буферов, при ограничении

$$m_1 + \dots + m_9 = M_{\Sigma} = \text{const}. \quad (2)$$

Поскольку точного метода решения подобных задач нет, приходится применять имитационное моделирование (ИМ). При этом в силу ряда недостатков ИМ [3] актуальной становится задача разработки ускоренных аналитико-имитационных методов решения задач типа задачи (1), (2). Одним из способов ускоренного решения оптимизационных задач при использовании ИМ является построение подходящей аналитической аппроксимации целевой функции, ее минимизация аналитическими или численными методами и последующая проверка получаемого приближенного решения путем ИМ [2, 3]. Получаемое решение можно уточнять путем построения новой аппроксимации целевой функции в окрестности найденной приближенно-оптимальной точки факторного пространства, вычисления нового решения, и т.д.

Для задачи (1), (2) предлагается следующая сепарабельная аппроксимация $P_{\text{loss}}^{\text{ap}}(\vec{m})$ целевой функции $P_{\text{loss}}(\vec{m})$:

$$P_{\text{loss}}^{\text{ap}}(\vec{m}) = \frac{\sum_{i=1}^9 \lambda_{\text{loss } i}(m_i)}{\Lambda} = \frac{\sum_{i=1}^9 a_i e^{-b_i m_i}}{\Lambda}, \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{loss } i}(m_i) = a_i e^{-b_i m_i}$ – зависимость интенсивности потерь в i -м узле от объема m_i буфера в нем. После двух прогонов модели с разными объемами буфера m_{i1} и m_{i2} в узлах i вычисляются значения a_i и b_i :

$$b_i = -\frac{\ln(\lambda'_i) - \ln(\lambda''_i)}{m_{i1} - m_{i2}}, \quad a_i = \lambda'_i e^{b_i m_{i1}} = \lambda''_i e^{b_i m_{i2}}, \quad i = \overline{1,9},$$

где λ'_i, λ''_i – интенсивности потерь в узле i в первом и втором прогонах модели соответственно.

Длина прогонов определяется далее прохождением через сеть 10^7 заявок. Пусть суммарный объем буферов $M_\Sigma = 50$. За два прогона модели тестовой сети при различных векторах $\vec{m}_1 = (5, 3, 7, 4, 6, 8, 3, 5, 9)$ и $\vec{m}_2 = (7, 4, 4, 9, 8, 5, 7, 2, 4)$ определяем коэффициенты a_i и b_i . Заметим, что имитационная оценка $P_{\text{loss IM}}$ вероятности P_{loss} в первом случае составила 0,086, а во втором 0,051. Решаем аппроксимирующую задачу $P_{\text{loss}}^{ap}(\vec{m}) \rightarrow \min$ численным методом, например, с помощью сервиса «поиск решения» в Ms Excel. Получаемые дробные значения $m_{\text{opt } i}$ округляем до ближайшего целого. Результат такой оптимизации представлен в таблице 1. При указанных значениях $m_{\text{opt } i}$ вероятность потерь $P_{\text{loss min}} \approx 0,030$. Уточненная имитационная оценка вероятности потерь при $m_i = m_{\text{opt } i}$ составила 0,039.

Таблица 1 – Характеристики тестовой сети и результат ее оптимизации

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K_i	1	2	1	1	1	1	1	3	1
$B_i(t)$	R	R	R	M	M	E^2	E^2	E^2	M
μ_i	0,3	0,3	0,8	1,8	7,25	0,8	0,8	5,5	2,25
α_i	0,2	0,3	0,5	1,367	5,9	0,41	0,547	5,31	1
a_i	0,05617	0,07325	0,1446	0,11535	0,71386	4,13945	0,03929	2,28595	0,69879
b_i	0,6238	1,02221	0,71233	0,31367	0,50174	1,66863	0,41482	2,66679	1,16576
$m_{\text{opt } i}$	4	4	5	9	10	5	5	3	5
$\lambda_{\text{loss } i}$	0,00466	0,00126	0,00416	0,00512	0,01025	0,00086	0,00606	0,00352	0,00293

При значительном изменении M_Σ значения a_i, b_i следует определять заново при небольших отклонениях распределения объема M_Σ от равномерного. Так, при $M_\Sigma = 90$ получаем с помощью данных в таблице 1 значений a_i, b_i решение $\vec{m}_{\text{opt}} = (9, 6, 10, 18, 16, 7, 12, 4, 8)$, доставляющее $P_{\text{loss min}} = 0,0015$. Но имитационная проверка дает значение $P_{\text{loss IM}} = 0,0064$. Рассчитывая же *новые* значения a_i, b_i в окрестности равномерного распределения объема $M_\Sigma = 90$ по узлам сети получаем решение аппроксимирующей задачи $\vec{m}_{\text{opt}} = (8, 6, 8, 17, 22, 7, 10, 4, 8)$, доставляющее расчетное $P_{\text{loss min}} = 0,0037$. При этом

$P_{\text{loss ИМ}} = 0,0051$. При равномерном распределении $M_{\Sigma} = 90$ получаем $P_{\text{loss ИМ}} = 0,0202$.

Рост M_{Σ} с 50 до 90 привел к снижению $P_{\text{loss min}}$ почти на порядок.

Литература

1. Галич, Ю. Г. Исследование метода «направляющих гипербол» для оптимизации однородных немарковских сетей с ограниченными размерами буферов / Ю. Г. Галич // X Всерос. науч.-практ. конф. «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2021) : Труды конференции, Санкт-Петербург, 20–22 окт. 2021 г., 2021. – С. 553–559.

2. Задорожный, В. Н. Распределение каналов в однородных немарковских сетях с очередями / В. Н. Задорожный // Омский научный вестник, 2010. – № 1(87). – С. 5–10.

3. Задорожный, В. Н. Методы снижения вероятности потерь в системах с бесконечной дисперсией времени обслуживания / В. Н. Задорожный, Т. Р. Захаренкова // Системы управления, информационные технологии и математическое моделирование: материалы I Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Омск: ОмГТУ, 2019. – С. 7–26.

Н. А. Галух

(ГТУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **С. А. Лукашевич**, ст. преподаватель

FRONTEND РАЗРАБОТКА WEB-СТРАНИЦ

В настоящее время разработка интернет-страниц стала самой развитой средой для коммуникации, средством рекламы и продвижения. Интернет, на данный момент, удовлетворяет огромному количеству потребностей человека. К таким потребностям можно отнести: покупки, увеличение клиентской базы, чтение, поиск информации. Для всего этого в сети Интернет используется такая отрасль программирования, как web-программирование [1].

Web-программирование – раздел, занимающийся разработкой web-приложений. Специалистов, занимающихся в этой области программирования можно разделить на две группы, по их предмету работы: Фронтенд-разработчики и Бэкенд-разработчики.