

Программный комплекс для исследования сетей массового обслуживания с групповым обслуживанием требований

Карпенко О.С.

oksana.karpenko.2000@mail.ru

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского

В данной статье описан программный комплекс для анализа сетей массового обслуживания с групповым обслуживанием требований, который может применяться при обучении студентов направления 27.03.03 «Системный анализ и управление». Разработанный программный комплекс позволяет студентам закрепить полученные в процессе обучения знания и исследовать реальные модели систем.

Ключевые слова: программный комплекс, сети массового обслуживания, групповое обслуживание.

В последние десятилетия для анализа стохастических систем с сетевой структурой широко применяются такие математические модели как сети массового обслуживания, которые позволяют эффективно решать задачи проектирования, анализа и оптимизации многих реальных систем. Использование систем с групповой обработкой объектов все чаще находит применение в качестве моделей реальных систем, например, транспортных систем, торговых систем, систем управления запасами, производственных систем [1,2]. Это обусловило развитие теории сетей массового обслуживания с групповым обслуживанием требований [3-5].

На кафедре системного анализа и автоматического управления Саратовского национального исследовательского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского в открытой среде разработки программного обеспечения Lazarus был разработан программный комплекс для анализа сетей массового обслуживания с групповым обслуживанием требований. Данный комплекс включает следующие программы:

1. Программа для анализа замкнутой экспоненциальной сети обслуживания с экспоненциально распределенными длительностями обслуживания.

2. Программа для анализа открытой экспоненциальной сети обслуживания с экспоненциально распределенными длительностями обслуживания.

3. Программа для анализа открытой сети обслуживания, в системах которых длительности обслуживания являются произвольно распределенными случайными величинами.

При запуске программного комплекса пользователь может выбрать необходимый ему тип сетей массового обслуживания [3,4] и рассчитывать соответствующие стационарные характеристики. На рисунке 1 представлен интерфейс программного комплекса.

Для определения замкнутых сетей обслуживания используются следующие параметры: число систем обслуживания в сети, число требований в сети, вектор интенсивностей обслуживания требований в системах обслуживания, маршрутная матрица сети, вектор размеров групп требований, обслуживаемых системами сети. Предполагается, что каждая система обслуживания имеет очередь неограниченной длины. Если в очереди системы обслуживания находится меньше заданного числа требований, то обслуживающий прибор простаивает, иначе из очереди выбирается группа требований, которые обслуживаются прибором одновременно. После завершения обслуживания каждое требование независимо от других требований переходит в соответствии с маршрутными вероятностями в одну из смежных систем обслуживания.

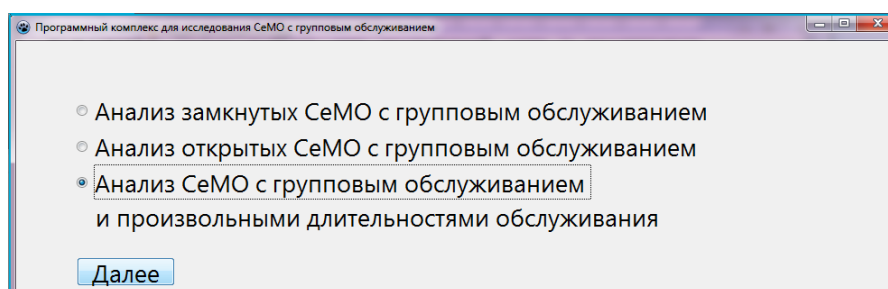


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса

Если пользователем выбирается для анализа открытая сеть массового обслуживания, то необходимо определить интенсивность входящего потока требований в сеть обслуживания. Для определения сети обслуживания с произвольной функцией распределения длительностей обслуживания требований в системах, необходимо задать функцию плотности распределений.

Программный комплекс позволяет вычислять основные характеристики сетей обслуживания (вектор математических ожиданий числа требований в системах сети, коэффициент использования систем сети, вектор математического ожидания длительностей пребывания требований в системах сети, коэффициент вариации длительностей обслуживания) и строить графики зависимостей основных характеристик от параметров, что делает наглядным решение задач проектирования, анализа и оптимизации стохастических систем с групповой обработкой объектов.

В качестве примера может быть рассмотрен интерфейс и результаты работы программы для сети массового обслуживания с групповым

обслуживанием и произвольными длительностями обслуживания. Входные данные для исследуемой сети представлены на рисунке 2.

Блок «Теоретическая справка» содержит сведения о сетях массового обслуживания с групповым обслуживанием требований одного класса. Кратко представлены методы анализа открытых и замкнутых сетей обслуживания с фиксированным размером групп обслуживаемых требований в системах. Особое значение для понимания происходящих в сетях процессов имеет система дифференциальных уравнений, описывающая динамику сетей обслуживания. Пояснены каждые из элементов этих дифференциальных уравнений. Объясняется условие существования стационарного режима для открытых сетей обслуживания, а также метод нахождения стационарного распределения вероятностей состояний рассматриваемых сетей обслуживания. Представлены все основные характеристики сетей обслуживания.

Число СМО

	1	2	3	4	5
Вектор числа обслуживающих приборов k	1	3	1	5	1
Размер обслуживаемой группы требований b	5	3	4	1	3
Вектор м.о. длительностей обслуживания u	2	5.1	2.3	2	5

Интенсивность входящего потока

Коэффициент вариации между поступлениями

Размер входящей группы требований

Рис. 2. Интерфейс программы анализа открытой сети обслуживания, в системах которых длительности обслуживания являются произвольно распределенными случайными величинами

Блок «Построить графики» предназначен для представления зависимостей характеристик от параметров сетей обслуживания в графической форме. Выводятся графики зависимостей математического ожидания длительностей пребывания требований в открытой сети обслуживания от интенсивности потока требований в эту сеть, математическое ожидание числа требований от интенсивностей обслуживания в выбранной системе обслуживания, математическое ожидание числа требований в выбранной системе обслуживания от интенсивности потока требований из источника.

Результат работы программы представляет вывод некоторых основных стационарных характеристик (рисунок 3).

	1	2	3	4	5
Интенсивность нагрузки системы					
p	0.8	0.91	0.83	0.8	0.9

	1	2	3	4	5
М.о. числа требований в системе					
E[N]	18.032	42.058	22.14	15.128	42.348

	1	2	3	4	5
Коэффициент вариации длительностей обслуживания					
CV[S]	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

Рис. 3. Вывод стационарных характеристик

Данный программный комплекс может использоваться в процессе обучения бакалавров по направлению «Системный анализ и управление» при изучении таких дисциплин как «Модели и методы теории массового обслуживания» и «Анализ стохастических систем» и способствует освоению следующих общепрофессиональной и профессиональной компетенций: способностью применять аналитические, вычислительные и системноаналитические методы для решения прикладных задач в области управления объектами техники, технологии, организационными системами, работать с традиционными носителями информации, базами знаний (ОПК-2); способностью применять методы системного анализа, технологии синтеза и управления для решения прикладных проектно-конструкторских задач (ПК-4).

Список литературы

- [1] Бояркина А.А., Моисеева С.П. Исследование бесконечнолинейных СМО с групповым обслуживанием // Труды Томского государственного университета. Т. 304. Серия физико-математическая: Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем: материалы VII Междунар. молодежной науч. конф. Томск, 23–25 мая 2019 г. Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2019. – С. 229–232.
- [2] Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. Москва: Техносфера, 2003. – 512 с.
- [3] Stankevich E.P., Tananko I.E., Dolgov V.I. Analysis of Closed Queueing Networks with Batch Service // Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Math. Mech. Inform. – 2020. Т. 20, № 4. - С. 527-533. DOI: <https://doi.org/10.18500/1816-9791-2020-20-4-527-533>
- [4] Hanschke, Th., Zisgen, H.: Queueing networks with batch service // European Journal Industrial Engineering. – 2011. – vol. 5, no. 3.– p. 313-326. DOI: <https://doi.org/10.1504/EJIE.2011.041619>
- [5] Chao X., Pinedo M., Shaw D. Networks of Queues with Batch Services and Customer Coalescence // Journal of Applied Probability.–1996.– vol. 33, no. 3.– p. 858–869. DOI: <https://doi.org/10.2307/3215364>.