

УДК 519.872
ББК 22.18
Г61

Рецензенты:

Е.Б. Олейник, доктор экон. наук, профессор, доцент департамента бизнес-информатики и экономико-математических методов в экономике Школы экономики и менеджмента ДВФУ;
Д.Б. Прокопьева, доцент кафедры математики Тихоокеанского высшего военно-морского училища им. С.О. Макарова

Авторы:

Н.И. Головкин, доктор техн. наук, профессор департамента математики Института математики и компьютерных технологий Дальневосточного федерального университета; *Т.А. Жук*, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Высшая математика» Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета; *О.В. Бондрова*, старший преподаватель департамента математики Института математики и компьютерных технологий Дальневосточного федерального университета

Головкин, Николай Иванович.

Г61 Системы массового обслуживания с детерминированными интенсивностями входного потока и обслуживания : монография [Электронный ресурс] / Н.И. Головкин, Т.А. Жук, О.В. Бондрова. – Электрон. дан. (1,5 Mb). – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2023. – 96 с.
ISBN 978-5-88871-774-5

Освещаются вопросы анализа динамических и стационарных систем массового обслуживания (СМО) с детерминированной интенсивностью входного потока. Монография содержит 4 главы. В 1-й главе исследуются СМО с конечным и бесконечным накопителем с переменной детерминированной интенсивностью входного потока. Для анализа нестационарных характеристик числа заявок таких СМО предлагается функционально-аналитический метод. Марковские нестационарные СМО с постоянными интенсивностями входного потока и обслуживания рассматриваются во 2-й главе с бесконечным накопителем и в 3-й главе – с конечным накопителем. Для анализа нестационарного и стационарного распределения заявок в СМО применяется матричный метод. В 4-й главе рассматривается время ожидания в СМО с постоянной интенсивностью входного потока и обслуживания.

Монография может быть полезна научным работникам и аспирантам, работающим в области теории массового обслуживания.

Научное электронное издание

Головкин Николай Иванович

Жук Татьяна Алексеевна

Бондрова Олеся Васильевна

**СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ДЕТЕРМИНИРОВАННЫМИ
ИНТЕНСИВНОСТЯМИ ВХОДНОГО ПОТОКА И ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Подписано в печать 03.10.2023. Формат 60х84/8.

Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 9,91. Заказ 0895.

Оригинал-макет подготовлен Центром публикационной деятельности
«Издательство Дальрыбвтуза» 690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 526

ISBN 978-5-88871-774-5

© Головкин Н.И., Жук Т.А.,

Бондрова О.В., текст, 2023

© Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный
университет, 2023

Оглавление

| | |
|---|-----------|
| 0.1. Основные обозначения | 3 |
| 0.2. Введение | 4 |
| 1. МАРКОВСКИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ | 7 |
| 1.1. СМО с бесконечным накопителем | 7 |
| 1.2. СМО с конечным накопителем | 14 |
| 1.3. Выводы по главе | 18 |
| 2. СМО С ПОСТОЯННЫМИ ИНТЕНСИВНОСТЯМИ И БЕСКОНЕЧНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ | 20 |
| 2.1. Первая модель СМО $M/M/1/\infty$ | 20 |
| 2.1.1. Математическая модель | 20 |
| 2.1.2. Общее свойство модели | 21 |
| 2.2. Вторая модель СМО $M/M/1/\infty$ | 21 |
| 2.3. Операторные экспоненты | 23 |
| 2.3.1. Спектр и резольвента | 23 |
| 2.3.2. Операторная экспонента | 24 |
| 2.3.3. Динамическое распределение | 24 |
| 2.4. Стабилизация и эргодичность | 25 |
| 2.4.1. Вводные замечания | 25 |
| 2.4.2. Стабилизация с перегрузками при $\lambda = \mu$ | 26 |
| 2.4.3. Стабилизация с перегрузками при $\lambda > \mu$ | 28 |
| 2.4.4. Эргодичность без перегрузок при $\lambda < \mu$ | 31 |
| 2.4.5. Стабилизация распределения | 31 |
| 2.5. Выводы по главе | 36 |
| 3. СМО С ПОСТОЯННЫМИ ИНТЕНСИВНОСТЯМИ И КОНЕЧНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ | 38 |
| 3.1. Первая модель СМО $M/M/1/\infty$ | 38 |
| 3.2. Вторая модель СМО $M/M/1/\infty$ | 40 |
| 3.3. Операторные экспоненты | 43 |
| 3.3.1. Спектр и резольвента | 43 |
| 3.3.2. Операторная экспонента | 47 |
| 3.3.3. Динамическое распределение | 48 |
| 3.4. Стабилизация и эргодичность | 50 |
| 3.4.1. Вводные замечания | 50 |
| 3.4.2. Стабилизация с перегрузками при $\lambda = \mu$ | 52 |
| 3.4.3. Стабилизация с перегрузками при $\lambda > \mu$ | 55 |
| 3.4.4. Эргодичность без перегрузок при $\lambda < \mu$ | 58 |

| | |
|---|-----------|
| | 96 |
| 3.5. СМО с конечным накопителем | 65 |
| 3.5.1. Первая модель СМО | 65 |
| 3.5.2. Вторая форма модели | 66 |
| 3.5.3. Матричная экспонента | 67 |
| 3.6. Выводы по главе | 69 |
| 4. ВРЕМЯ ОЖИДАНИЯ В КЛАССИЧЕСКОЙ СМО С БЕСКОНЕЧНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ | 70 |
| 4.1. Основные определения | 70 |
| 4.2. Стационарная СМО | 71 |
| 4.3. Эргодичность динамической СМО | 75 |
| 4.4. Выводы по главе | 78 |
| ЛИТЕРАТУРА | 79 |
| АВТОРСКИЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ МОНОГРАФИИ | 93 |