

22.1
К14

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 519.872

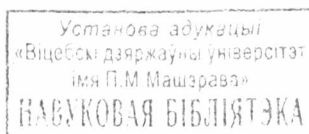
Казимирский
Арсений Викторович

АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК НЕКОТОРЫХ КЛАССОВ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С КОРРЕЛИРОВАННЫМИ ПОТОКАМИ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка
информации



Минск, 2011

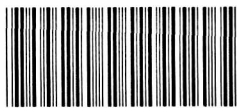
2.183.5
14

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Работа выполнена в Белорусском государственном университете.

Научный руководитель – Дудин Александр Николаевич,
доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий НИЛ прикладного
вероятностного анализа факультета
прикладной математики и информатики
Белорусского государственного университета.

Официальные оппоненты: Матальцкий Михаил Алексеевич,
доктор физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой
стохастического анализа
и эконометрического моделирования
УО «Гродненский государственный
университет имени Янки Купалы»;
Старовойтов Александр Николаевич,
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры прикладной
математики УО «Белорусский
государственный университет транспорта».



* 20504295 *

Оппонирующая организация – Учреждение образования «Гомельский
государственный университет имени
Франциска Скорины».

Защита состоится **4 марта** 2011 г. в **12.00** часов на заседании совета
по защите диссертаций Д 02.01.14 при Белорусском государственном уни-
верситете по адресу: 220030, г. Минск, ул. Ленинградская, 8 (юридический
факультет), ауд. 407. Телефон учёного секретаря – (017)209-57-09.

С диссертацией можно ознакомиться в Фундаментальной библиотеке Бе-
лорусского государственного университета.

Автореферат разослан "3" февраля 2011 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
доктор физико-математических наук

В.А. Саечников

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Данная диссертация содержит результаты аналитических исследований в области теории массового обслуживания (ТМО). ТМО является одним из важных средств системного анализа. «Задачи массового обслуживания рассматривают вопросы образования и функционирования очередей... Модели теории массового обслуживания находят применение при решении задач системного анализа в случае, когда исследуемые величины имеют случайный характер. К числу таких задач относятся задачи управления запасами при случайном спросе, задачи организации работы предприятий торговли, связи, бытового и медицинского обслуживания, организации технического обслуживания предприятий, вопросы снабжения запасными частями и механизмами и т.п.»¹

В диссертации рассматриваются системы массового обслуживания (СМО) с катастрофическими сбоями, системы с ожиданием, системы с повторами обслуживания, функционирующие в случайной среде, системы со складом заготовок и приоритетные системы с двумя типами требований.

Системы с отрицательными запросами и катастрофическими сбоями исследовались Арталехо, Бочаровым, Вишневым, Геленбе, Гомез-Корралом, Джейном, Дудиным, Жао, Кимом, Клименок, Ли, Нишимурой, Семёновой, Реншоу, Сигманом, Чои, Ченом, Шином и др.

Системы с повторами обслуживания были исследованы в работах Диснея, Дудина, Клименок, Кулкарни, Ресинга, Такача, Тейлора, Хантера, Чои и др.

Системы, функционирующие в случайной среде, исследованы в работах Адана, Броера, Дудина, Клименок, Кригера, Кулкарни, Такине, Чои, Шина и др.

Модель систем со складом заготовок была введена автором диссертации как модификация систем обслуживания с отдыхами приборов, в которых прибор в периоды простоя, возможно, переключается на пополнение склада «заготовок».

Последней моделью, рассмотренной в данной диссертации, является приоритетная система с двумя типами требований с конечным буфером для высокоприоритетных требований и бесконечным – для требований с низким приоритетом. Подобные системы исследовались Арасом, Куросе, Ривсом, Шульцрином, Квеопом, Мупом, Феррари и др.

¹ Антонов, А.В. Системный анализ. Учебник для вузов / А.В. Антонов. – Москва: Высшая школа, 2004. – 454 с.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

При рассмотрении большинства систем, представленных в диссертации, предполагается, что входящий поток требований моделируется групповым марковским потоком требований либо его модификациями. На ранних этапах развития ТМО считалось, что стационарный пуассоновский поток требований, введенный Эрлангом, достаточно хорошо описывает реальный поток вызовов на телефонную станцию. Позже это было теоретически объяснено в работах Хинчина, Ососкова, Григелиониса. Однако появление и развитие в последние десятилетия цифровых сетей связи поставило перед исследователями новые задачи. В новых моделях, как правило, под требованием подразумевается не пользователь, а пакет данных. Пакеты данных передаются группами и коррелированы друг с другом. В литературе это явление называется пульсирующим либо взрывным трафиком. Для пульсирующего трафика три свойства простейшего потока требований – стационарность, ординарность и отсутствие последствия – не выполняются, поэтому возникла необходимость в новой модели потока требований, которая бы учитывала отсутствие этих свойств в потоках данных в современных сетях связи с одной стороны, а с другой – позволяла бы получать аналитически трактуемые результаты при исследовании СМО. Такая модель была предложена в работах Ньютса, Лукантони и Рамасвами, в которых был введен групповой марковский поток требований, а также в работах Наумова и Башарина, которые исследовали потоки, модулированные цепями Маркова.

Также для ряда рассмотренных в диссертации систем приведено доказательство формулы Литтла. Интерес к доказательству этой формулы вызван тем фактом, что, несмотря на уже почти двадцатилетнюю историю исследования систем с групповым марковским потоком требований, вопрос выполнимости формулы Литтла был затронут только в работах Такине.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами

Результаты, представленные в данной работе, были получены в рамках выполнения следующих научных проектов:

- НИР 990/38 «Аналитические методы исследования систем и сетей массового обслуживания», задание 26 в рамках государственной программы фундаментальных исследований «Исследование основных математических структур и проблемы математического моделирования», номер гос. регистрации 20012719, 2001-2005 г.г.;

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

- НИР 996/38 «Разработка методов исследования систем обработки коррелированных потоков», задание 19 в рамках государственной программы фундаментальных исследований «Инфотех», номер гос. регистрации 20012727, 2001-2005 г.г.;

- НИР BLR/003E «Стохастический анализ беспроводных телекоммуникационных сетей», в рамках межгосударственной программы научных исследований Беларуси и ФРГ, совместная работа БГУ, университета г. Трир и технического университета г. Берлин, 2002-2004 г.г.;

- НИР 100/38 «Разработать пакет прикладных программ для оптимизации динамического управления ресурсами телекоммуникационных сетей», задание 03.07 в рамках государственной научно-технической программы «Информационные технологии», номер гос. регистрации 20023321, 2002-2005 г.г.;

- НИР 437/31 «Исследование систем массового обслуживания с коррелированными потоками и управляемыми режимами работы», номер гос. регистрации 20042188, 2004 г.

Цель и задачи исследования

Целью данной работы является получение качественных результатов и разработка устойчивых алгоритмов расчета характеристик ряда СМО с коррелированными потоками требований и зависимыми временами обслуживания. Для достижения поставленных целей решаются следующие задачи:

- разработка и численная реализация алгоритмов расчета стационарного распределения числа требований в произвольный момент времени и основных характеристик в следующих СМО: $BMAP|G|1$ с коррелированными потоками требований и катастрофических сбоев, $BMAP|PH|1$, $MAP|PH|1|N$ и $BMAP|G|1$ с повторами обслуживания, функционирующих в случайной среде, $BMAP|G|1$ со складом заготовок, $BMAP|G|1$ со складом заготовок и разнотипными катастрофическими сбоями, приоритетная система $BMMAP_2|G_2|1|\infty, N$;

- разработка формулы для вычисления времени пребывания требования в терминах преобразования Лапласа-Стилтьеса в следующих СМО: $BMAP|PH|1$, $MAP|PH|1|N$ с повторами обслуживания, функционирующих в случайной среде, $BMAP|G|1$ со складом заготовок;

- доказательство формулы Литтла для следующих СМО: $BMAP|G|1$ с коррелированными потоками требований и катастрофических сбоев, $BMAP|SM|1$, $SM|MSP|1$, $BMAP|PH|1$ и $MAP|PH|1|N$ с повторами обслуживания, функционирующих в случайной среде, $BMAP|G|1$ со скла-

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

дом заготовок.

Положения, выносимые на защиту

1. Алгоритмы расчета стационарного распределения числа требований в произвольный момент времени и основных характеристик в следующих СМО: $BMAP|G|1$ с коррелированными потоками требований и катастрофических сбоев, $BMAP|PH|1$, $MAP|PH|1|N$ и $BMAP|G|1$ с повторами обслуживания, функционирующих в случайной среде, $BMAP|G|1$ со складом заготовок, $BMAP|G|1$ со складом заготовок и разнотипными катастрофическими сбоями, приоритетная система $BMMAP_2|G_2|1|\infty, N$;

2. Формулы расчета времени пребывания требования в терминах преобразования Лапласа-Стилтьеса в следующих СМО: $BMAP|PH|1|N$, $MAP|PH|1|N$ с повторами обслуживания, функционирующих в случайной среде, $BMAP|G|1$ со складом заготовок;

3. Доказательство формулы Литтла для следующих СМО: $BMAP|G|1$ с коррелированными потоками требований и катастрофических сбоев, $BMAP|SM|1$, $SM|MSP|1$, $BMAP|PH|1$ и $MAP|PH|1|N$ с повторами обслуживания, функционирующих в случайной среде, $BMAP|G|1$ со складом заготовок.

Объектом исследования являются СМО с ожиданием с коррелированными потоками требований и зависимыми временами обслуживания, СМО с коррелированными потоками требований и катастрофических сбоев, СМО с повторами обслуживания, функционирующие в случайной среде, СМО со складом заготовок, приоритетная СМО с двумя типами требований с конечным буфером для высокоприоритетных требований и бесконечным – для требований с низким приоритетом. Предмет исследования – стационарные распределения вероятностей состояний и времени пребывания и характеристики производительности исследуемых СМО.

Личный вклад соискателя

Все результаты, приведённые в диссертации, получены автором самостоятельно. В совместных работах постановка задач и обсуждение результатов принадлежит соавторам, вклад соискателя определяется рамками излагаемых в диссертации результатов.

Апробация результатов диссертации

Основные результаты работы представлялись на 59-62-й Научных конференциях студентов и аспирантов Белгосуниверситета (Минск, 2002-2005), I, II Международных конференциях «Информационные системы и техноло-

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

гии» (Минск, 2002, 2004), VI, VII Республиканских научных конференциях студентов и аспирантов «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях» (Гомель, 2003, 2004), XVII, XVIII, XIX Белорусских школах-семинарах по теории массового обслуживания (Гомель, 2003, Минск, 2005, Гродно, 2007), III Республиканской научной конференции молодых учёных и студентов «Современные проблемы математики и вычислительной техники» (Брест, 2003), LIX, LX Научных сессиях, посвящённых Дню Радио (Москва, 2004, 2005), VII Международной конференции «Компьютерный анализ данных и моделирование» (Минск, 2004), IX Белорусской математической конференции (Гродно, 2004), Международной конференции «Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения», посвящённой 70-летию профессора, доктора физико-математических наук Г.А. Медведева (Минск, 2005), V Международной школе-семинаре по моделированию (Санкт-Петербург, 2005), 9-й Международной конференции по компьютерному моделированию UKSIM (Оксфорд, Великобритания, 2006), Международной школе-семинаре по распределённым компьютерным и телекоммуникационным сетям DCCN'2007 (Москва, 2007).

Опубликованность результатов диссертации

Результаты диссертационных исследований опубликованы в 21-й научной работе. Среди них 8 статей в научных журналах, соответствующих п.18 Положения о присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь, общим объёмом в 8 авторских листов.

Также результаты опубликованы в 12-ти статьях, содержащихся в сборниках материалов научных конференций, и одних тезисах.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, перечня условных обозначений, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников, а также списка работ, в которых опубликованы результаты диссертации.

Полный объем диссертационной работы составляет 103 страницы, из них 22 рисунка занимают 9 страниц, 2 таблицы занимают одну страницу, библиографический список включает 94 наименования (включая собственные публикации автора) и занимает 8 страниц.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

деления числа требований в системе в произвольный момент времени, доказательство формулы Литтла, формула для вычисления вероятности произвольного требования быть обслуженным ([15], [18]). Для системы $BMAP|SM|1$ получено доказательство формулы Литтла ([5]). Для системы $SM|MSP|1$ получено доказательство формулы Литтла ([17]).

2. Для системы $BMAP|PH|1$ с повторами обслуживания, функционирующей в случайной среде получены: алгоритм расчёта стационарного распределения числа требований в системе в произвольный момент времени, алгоритм расчёта моментов стационарного распределения времени пребывания произвольного требования ([2]). Для системы $MAP|PH|1|N$ с повторами обслуживания, функционирующей в случайной среде получены: алгоритм расчёта стационарного распределения числа требований в системе в произвольный момент времени, алгоритм расчёта моментов стационарного распределения времени пребывания произвольного требования ([3], [13]). Для системы $BMAP|G|1$ с повторами обслуживания, функционирующей в случайной среде получен алгоритм расчёта стационарного распределения числа требований в системе в произвольный момент времени ([12], [14], [16], [21]).

3. Для системы $BMAP|G|1$ со складом заготовок получены: алгоритм расчёта стационарного распределения числа требований в системе в произвольный момент времени, алгоритм расчёта моментов стационарного распределения времени пребывания произвольного требования, доказательство формулы Литтла ([7], [9], [10]). Для системы $BMAP|G|1$ со складом заготовок и разнотипными катастрофическими сбоями получены: алгоритм расчёта стационарного распределения числа требований в системе в произвольный момент времени, формула для вычисления вероятности произвольного требования быть обслуженным ([4], [6], [11]).

4. Для системы $BMAP_2|G_2|1|\infty, N$ получен алгоритм расчёта стационарного распределения числа требований в системе в произвольный момент времени ([1], [8], [19], [20]).

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты, полученные в диссертации, реализованы в виде ряда программных модулей, включенных в пакет прикладных программ «СИРИУС++», разрабатываемый в НИЛ прикладного вероятностного анализа Белорусского государственного университета.

Результаты использованы в учебном процессе в Высшем государственном колледже связи.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах

1. Dudin, A.N. $BMAP|G|1$ System unreliable in an idle state / A.N. Dudin, A.V. Kazimirsky, V.I. Klimenok // Bulletin of Kerala mathematics association. – 2004. – Vol. 1, № 2. – P. 97–128.

2. $BMAP|PH|1$ Queue With Feedback Operating In A Random Environment / U. Krieger, V.I. Klimenok, A.V. Kazimirsky, L. Breuer, A.N. Dudin // Mathematical and Computer Modelling. – 2005. – Vol. 41. – P. 867–882.

3. The Queueing Model $MAP|PH|1|N$ with Feedback Operating In a Markovian Random Environment / A.N. Dudin, A.V. Kazimirsky, V.I. Klimenok, L. Breuer, U. Krieger // Austrian Journal of Statistics. – 2005. – Vol. 34, № 2. – P. 101–110.

4. Казимирский, А.В. Об устойчивом алгоритме нахождения стационарного распределения системы обслуживания с групповым марковским входным потоком, складом и марковским потоком разнотипных катастрофических сбоев / А.В. Казимирский // Автоматика и вычислительная техника. – 2005. – № 6. – С. 69–78.

5. Казимирский, А.В. Формула Литтла для системы $BMAP|SM|1$ / А.В. Казимирский // Вестник БГУ. Сер. 1: Физ. Мат. Мех. – 2006. – № 1. – С. 96–100.

6. Казимирский, А.В. Анализ системы со складом и коррелированным марковским групповым потоком заявок с разнотипными катастрофическими сбоями / А.В. Казимирский // Систем. дослідж. та інформ. технології. – 2006. – № 2. – С. 40–56.

7. Kazimirsky, A.V. Analysis of $BMAP|G|1$ Queue with Reservation of Service / A.V. Kazimirsky // Stochastic Analysis and Applications. – 2006. – Vol. 24, № 4. – P. 703–718.

8. Investigation of the $M_2|G_2|1|\infty, N$ queue with restricted admission of priority customers and its application to HSDPA mobile systems / K. Al-Begain, A. Dudin, A. Kazimirsky, S. Yerima // Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking. – 2009. – Vol. 53, № 8. – P. 1186–1201.

Статьи в сборниках материалов научных конференций

9. Kazimirsky, A. A $BMAP|G|1$ Queue with preliminary service / A. Kazimirsky // Queues: Flows, Systems, Networks: Proceedings of the International Conference «Modern Mathematical Methods of Analysis and

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Optimization of Telecommunication Systems», Gomel, 23-25 September, 2003.

– Gomel, 2003. – P. 115–120.

10. Казимирский, А.В. Исследование системы $BMAP|G|1$ со складом с различными стратегиями производства заготовок / А.В. Казимирский // Современные проблемы математики и вычислительной техники: Материалы III республиканской научной конференции молодых учёных и студентов, Брест, 26-28 ноября, 2003 г. – Брест, 2003. – С. 176–179.

11. Казимирский, А.В. Система $BMAP|G|1$ со складом и тремя типами катастрофических сбоев / А.В. Казимирский // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: Материалы VII Республиканской научной конференции студентов и аспирантов, Гомель, 22-24 марта, 2004 г. – Гомель, 2004. – С. 159–160.

12. Казимирский, А.В. Система $BMAP|G|1$ с повторами обслуживания / А.В. Казимирский // LIX научная сессия, посвящённая Дню Радио: труды, Москва, 19-20 мая, 2004 г., в 2 т. – Москва, 2004. – Том 2. – С. 152–154.

13. Queueing model $MAP|PH|1|N - 1$ with feedback operating in the Markovian random environment / V.I. Klimenok, A.V. Kazimirsky, A.N. Dudin, L. Breuer, U. Krieger. // Computer Data Analysis and Modeling: Proceedings of the Seventh International Conference CDAM, Minsk, 6-10 September, 2004. – Minsk, 2004. – P. 84–87.

14. Казимирский, А.В. Система $BMAP|G|1$ с повторами обслуживания, функционирующая в случайной среде / А.В. Казимирский // Материалы II Международной конференции «Информационные системы и технологии» IST'2004, Минск, 8-10 ноября, 2004 г., в 2 ч. – Минск, 2004. – Часть 2. – С. 47–53.

15. Казимирский, А.В. Формула Литтла для системы $BMAP|G|1$ с коррелированным потоком катастрофических сбоев / А.В. Казимирский // Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения: Сборник научных статей Международной конференции, посвящённой 70-летию профессора, доктора физико-математических наук Геннадия Алексеевича Медведева, Минск, 21-25 февраля, 2005 г. – Минск, 2005. – С. 120–127.

16. Kazimirsky, A. A $BMAP|G|1$ queue with randomly limited feedback operating in a markovian random environment / A. Kazimirsky // Queues: Flows, Systems, Networks: Proceedings of the international conference «Mathematical methods of optimization of modern telecommunication networks», Minsk, 22-24

17. Казимирский, А.В. Время пребывания требования в системе $SM|MSP|1$ / А.В. Казимирский // LX научная сессия, посвящённая Дню Радио: труды, Москва, 17-19 мая, 2005 г., в 2 т. – Москва, 2005. – Том 2. – С. 313–315.

18. Kim, C.S. The $BMAP|G|1$ Queue with Correlated Flows of Customers and Disasters / C.S. Kim, A.V. Kazimirsky, A.N. Dudin // Proceedings of the Fifth Workshop on Simulation, Saint-Petersburg, Russia, 2005. – Saint-Petersburg, 2005. – P. 353–358.

19. Al-Begain, K. QoS Optimisation of Multimedia Services in 3.5G Wireless Networks / K. Al-Begain, A. Dudin, A. Kazimirsky // Proceedings of the 9th International Conference on Modelling and Simulation, Oriel College, Oxford, UK, 4-6 April, 2006. – Oxford, 2006. – P. 27–32.

20. Kazimirsky, A.V. Investigation of $BMAP_2|G_2|1|\infty, N$ Queueing System / A.V. Kazimirsky, C.S. Kim // Proceedings of the International Workshop on Distributed Computer and Communication Networks (DCCN-2007), Moscow, Russia, September 10-12, 2007. – Moscow, 2007. – P. 44–49.

Тезисы докладов

21. Казимирский, А.В. Анализ однолинейной системы обслуживания с групповым марковским потоком требований, неограниченным буфером и повторами обслуживания, функционирующей в случайной среде / А.В. Казимирский // IX Белорусская математическая конференция: тезисы докладов международной конференции, Гродно, 3-6 ноября, 2004 г. – Гродно, 2004. – С. 111–113.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ РЕЗЮМЕ

Казимирский Арсений Викторович

Алгоритмы расчета характеристик некоторых классов систем массового обслуживания с коррелированными потоками

Ключевые слова: системы массового обслуживания, катастрофический сбой, повтор обслуживания, случайная среда, временной приоритет, пространственный приоритет.

Целью данной работы является разработка устойчивых численных алгоритмов расчета характеристик ряда СМО с коррелированными потоками требований и зависимыми временами обслуживания.

При исследовании в работе применяются методы теории вероятностей, теории массового обслуживания, матричного анализа, дифференциального исчисления, операционного исчисления, теории цепей Маркова и теории процессов марковского восстановления.

В работе впервые получены следующие результаты:

1) алгоритмы расчета стационарного распределения числа требований в произвольный момент времени и основных характеристик в следующих СМО: $BMAP|G|1$ с коррелированными потоками требований и катастрофических сбоев, $BMAP|PH|1$, $MAP|PH|1|N$ и $BMAP|G|1$ с повторами обслуживания, функционирующих в случайной среде, $BMAP|G|1$ со складом заготовок, $BMAP|G|1$ со складом и различными катастрофическими сбоями, приоритетная система $BM MAP_2|G_2|1|\infty, N$;

2) формулы расчета времени пребывания требования в терминах преобразования Лапласа-Стилтьеса в следующих СМО: $BMAP|PH|1|N$, $MAP|PH|1|N$ с повторами обслуживания, функционирующих в случайной среде, $BMAP|G|1$ со складом заготовок;

3) доказательство формулы Литтла для следующих СМО: $BMAP|G|1$ с коррелированными потоками требований и катастрофических сбоев, $BMAP|SM|1$, $SM|MSP|1$, $BMAP|PH|1$ и $MAP|PH|1|N$ с повторами обслуживания, функционирующих в случайной среде, $BMAP|G|1$ со складом заготовок.

Разработанные алгоритмы реализованы на ЭВМ.

Представленные доказательства формулы Литтла могут быть использованы в педагогическом процессе.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

РЕЗЮМЕ

Казімірські Арсень Віктаравіч

Алгарытмы разліку характарыстык некаторых класаў сістэм масавага абслугоўвання з карэляванымі патокамі патрабаванняў

Ключавыя словы: сістэмы масавага абслугоўвання, катастрофічны збой, паўтор абслугоўвання, выпадковы асяродак, часовы прыярытэт, прасторавы прыярытэт.

Мэтай працы з'яўляецца распрацоўка трывалых лічбавых алгарытмаў разліку характарыстык шэрагу СМА з карэляванымі патокамі патрабаванняў і залежнай даўжынёй часу абслугоўвання.

Пры даследаванні ў працы выкарыстоўваюцца метады тэорыі імавернасцяў, тэорыі масавага абслугоўвання, матрычнага аналізу, дыферэнцыяльнага вылічэння, аперацыйнага вылічэння, тэорыі ланцугоў Маркава і тэорыі працэсаў маркаўскага аднаўлення.

У працы ўпершыню атрыманы наступныя вынікі:

1) алгарытмы разліку стацыянарнага размеркавання ліку патрабаванняў у адвольны момант часу і асноўных характарыстык у наступных СМА: $BMAP|G|1$ з карэляванымі патокамі патрабаванняў і катастрофічных збоў, $BMAP|PH|1$, $MAP|PH|1|N$ і $BMAP|G|1$ з паўтурамі абслугоўвання, якія функцыянуюць у выпадковым асяроддзі, $BMAP|G|1$ са складам нарыхтовак, $BMAP|G|1$ са складам і рознатыповымі катастрофічнымі збоямі, прыярытэтная сістэма $BMMAP_2|G_2|1|\infty, N$;

2) формулы разліку часу знаходжання патрабавання ў тэрмінах пераўтварэння Лапласа-Сцільцэса ў наступных СМА: $BMAP|PH|1|N$, $MAP|PH|1|N$ з паўтурамі абслугоўвання, якія функцыянуюць у выпадковым асяроддзі, $BMAP|G|1$ са складам нарыхтовак;

3) доказ формулы Літла для наступных СМА: $BMAP|G|1$ з карэляванымі патокамі патрабаванняў і катастрофічных збоў, $BMAP|SM|1$, $SM|MSP|1$, $BMAP|PH|1$ і $MAP|PH|1|N$ з паўтурамі абслугоўвання, якія функцыянуюць у выпадковым асяроддзі, $BMAP|G|1$ са складам нарыхтовак.

Распрацаваныя алгарытмы рэалізаваны на ЭВМ.

Доказы формулы Літла могуць быць выкарыстаны ў педагагічным працэсе.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

SUMMARY

Arsene Kazimirski

Algorithms for characteristics calculation of specific queueing systems with correlated input flows

Keywords: queueing systems, disaster, feedback, random environment, time priority, space priority.

The object of research is to develop stable numeric algorithms for calculation of characteristics of queueing systems with correlated input flows of customers.

Methods of probability theory, queueing systems theory, matrix analysis, differential equations, operational theory, embedded Markov chains, Markovian renewal processes are used.

The following results can be considered as novel:

1. algorithms for calculation of the stationary queue length distribution and other significant characteristics of the following queueing systems: $BMAP|G|1$ with correlated flow of customers and catastrophic failures, $BMAP|PH|1$, $MAP|PH|1|N$ and $BMAP|G|1$ with feedback operating in a random environment, $BMAP|G|1$ with storehouse, $BMAP|G|1$ with storehouse and multi-type catastrophic failures, the priority system $BMMAP_2|G_2|1|\infty, N$;

2. formula for calculation of sojourn time distribution in terms of Laplace-Stieltjes transform for the following queueing systems: $BMAP|PH|1|N$, $MAP|PH|1|N$ with feedback operating in a random environment, $BMAP|G|1$ with storehouse;

3. proof of Little's formula for the following queueing systems: $BMAP|G|1$ with correlated flow of customers and catastrophic failures, $BMAP|SM|1$, $SM|MSP|1$, $BMAP|PH|1$ and $MAP|PH|1|N$ with feedback operating in random environment, $BMAP|G|1$ with storehouse.

Algorithms are implemented on PC.

Little's formula proofs can be used in teaching process.

