Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе и образовательным инновациям
_____ О.Н. Здрок
«09» 11 2020 г.

Регистрационный № УД-1147/уч.

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности:

1-31 80 09 Прикладная математика и информатика
профилизация
Компьютерный анализ данных

2020 г.

Учебная программа составлена на ОСВО 1-31 80 09-2019 и учебного плана G31-073/уч. от 11.04.2019 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.Н. Дудин, профессор кафедры теории вероятностей и математической статистики факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТ:
Ю.В. Малинковский, профессор Гомельского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теории вероятностей и математической статистики
(протокол № 4 от 24 ноября 2020 г.);

Научно-методическим Советом БГУ

(протокол № 2 от 07.12.2020)

Заведующий кафедрой
теории вероятностей и математической статистики

_____ А.Ю. Харин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомление студентов II ступени (магистрантов) с основами теории процессов массового обслуживания и возможностей ее применения для анализа и оптимизации телекоммуникационных сетей, производственных, логистических, транспортных и др. систем.

Задачи учебной дисциплины:

1. Изучение основных подходов и методов теории массового обслуживания;
2. Формирование практических умений и навыков применения этой теории для исследования систем с коррелированными потоками.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к компоненту учреждения высшего образования и входит **в модуль** «Специальные методы анализа в прикладных задачах».

Основой для изучения дисциплины «Анализ и оптимизация систем массового обслуживания» является дисциплина I ступени высшего образования «Теория вероятностей и математическая статистика». Дисциплина «Методы теории массового обслуживания» способствует успешному изучению дисциплин II ступени высшего образования «Многомерный статистический анализ» модуля «Методы и программные средства прикладной математики», «Методы статистического анализа сложных данных» модуля «Анализ сложных данных», прохождению практики и написанию магистерских работ.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Анализ и оптимизация систем массового обслуживания» должно обеспечить формирование следующих универсальных и специализированных компетенций:

универсальные компетенции:

УК-5. Обладать способностью в минимальные сроки изучать и профессионально эксплуатировать программные системы, модули и библиотеки.

специализированные компетенции:

СК-4. Уметь осуществлять выбор системы массового обслуживания для моделирования реальной ситуации, проводить ее анализ и оптимизацию по параметрам.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основные понятия теории массового обслуживания и используемую символику;
- основные методы исследования цепей Маркова и методы марковизации немарковских процессов;
- основные системы массового обслуживания, для которых существуют аналитические результаты;
- особенности трафика в современных системах и сетях массового обслуживания и инструментарий для их аналитического моделирования;
- возможности использовать результаты для решения задач оптимизации и оптимального управления;

уметь:

- использовать методы теории массового обслуживания для построения адекватных моделей реальных систем и процессов, поддающихся аналитическому или алгоритмическому исследования;
- выбирать адекватные методы для исследования построенных моделей;
- эффективно решать задачи выделения основных факторов, влияющих на производительность систем, поиска узких мест и повышения эффективности работы моделируемых систем и сетей ;

владеть:

- теоретическими знаниями базовых систем обслуживания и математическими методами их исследования;
- навыками построения моделей и систем и их анализа;
- умениями анализировать возможности оптимизации работы систем за счет варьирования дисциплинами доступа и обслуживания, а также управления тарифами оплаты за обслуживание.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается во втором семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Анализ и оптимизация систем массового обслуживания» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 126 часов, в том числе 40 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 20 часов (в том числе 10 ч (ДО)).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Введение

Тема 1.1. Основные понятия теории систем массового обслуживания. Основные элементы системы массового обслуживания (СМО). Символика Кендалла. Элементы теории случайных потоков. Простейшие потоки. Рекуррентные потоки. Групповые марковские потоки.

Раздел 2. Основные типы случайных процессов, анализируемых в рамках теории СМО

Тема 2.1. Случайные процессы, используемые в теории СМО. Цепи Маркова с дискретным и непрерывным временем. Процессы гибели и размножения. Полумарковские процессы. Многомерные цепи Маркова со специальной структурой генератора.

Тема 2.2. Метод вложенных цепей Маркова. Стационарное распределение числа запросов и времени ожидания в системах M/G/1 и GI/M/1. Вложенная цепь и ее переходные вероятности. Условие эргодичности цепи. Метод использования производящей функции и преобразования Лапласа-Стилтьеса и их вероятностный смысл. Переход к распределению числа запросов в произвольный момент времени.

Тема 2.3. Методы введения дополнительной переменной и дополнительного события в применении к системе M/G/1. Распределение периода занятости системы и числа запросов, обслуженных за период занятости.

Раздел 3. Основные виды систем обслуживания и результаты их исследования

Тема 3.1. Многолинейные системы обслуживания. Система Эрланга и инвариантность распределения числа запросов относительно распределения времени обслуживания. Применение для решения задач проектирования телефонных сетей. Многолинейная система с ожиданием, стационарным пуассоновским или рекуррентным потоком.

Тема 3.2. Системы с повторными вызовами. Система M/M/1 с классической стратегией повторов. Метод сечений графа переходов процесса для нахождения стационарных вероятностей. Система M/G/1 с повторными вызовами.

Тема 3.3. Тандемные системы обслуживания. Сети массового обслуживания. Мультипликативная форма стационарного распределения вероятностей.

Раздел 4. Матричные методы в теории массового обслуживания

Тема 4.1. Системы типа MAP/PH/1. Распределение числа запросов и времени ожидания.

Тема 4.2. Системы с групповыми марковскими потоками, полумарковским обслуживанием. Свойства групповых марковских потоков. Распределения фазового типа. Системы, функционирующие в случайной среде. Системы с использованием дополнительного ресурса. Многомерные цепи Маркова. Системы типа BMAP/G/1 и BMAP/SM/1.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов		Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	
1	**Введение**	**4**	**1**	
1.1	Основные понятия теории систем массового обслуживания	4	1	собеседования
2	**Основные типы случайных процессов, анализируемых в рамках теории СМО**	**6**	**8 (5 ч ДО)**	собеседования
2.1	Случайные процессы, используемые в теории СМО	2	2 (2 ч ДО)	собеседования
2.2	Метод вложенных цепей Маркова. Стационарное распределение числа запросов и времени ожидания в системах M/G/1 и GI/M/1	2	4 (2 ч ДО)	рефераты
2.3	Методы введения дополнительной переменной и дополнительного события в применении к системе M/G/1.	2	2 (1 ч ДО)	письменные отчеты
3	**Основные виды систем обслуживания и результаты их исследования**	**5**	**6 (3 ч ДО)**	письменные отчеты
3.1	Многолинейные системы обслуживания	2	2 (1 ч ДО)	письменные отчеты
3.2	Системы с повторными вызовами	2	2 (1 ч ДО)	письменные отчеты
3.3	Тандемные системы обслуживания	1	2 (1 ч ДО)	письменные отчеты
4	**Матричные в теории массового обслуживания**	**5**	**5 (4 ч ДО)**	
4.1	Системы типа MAP/PH/1. Распределение числа запросов и времени ожидания	2	2 (2 ч ДО)	контрольная работа № 1

4.2	Системы с групповыми марковскими потоками, полумарковским обслуживанием	3	3 (2 ч ДО)	отчеты
	ИТОГО	**20**	**20 (10 ч /ДО)**	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Вишневский В.М., Дудин А.Н., Клименок В.И. Стохастические системы с коррелированными потоками: Теория и применение в телекоммуникационных сетях. 2018. Техносфера. Москва. 564 С.

2. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. «Введение в ТМО». М.: ЛКИ. 2013.

3. Дудин А.Н., Медведев Г.А., Меленец Ю.В. «Практикум на ЭВМ по ТМО», Минск. БГУ. 2000.

Перечень дополнительной литературы

1 Dudin A.N., Klimenok V.I., Vishnevsky V.M. The theory of queuing systems with correlated flows. Springer. 2019. ISBN 978-3-030-32072-02. 430 C.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

1. *Устная форма*: собеседования;
2. *Письменная форма*: рефераты, письменные отчеты по аудиторным практическим упражнениям, контрольные работы;
3. *Устно-письменная форма*: отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой.

Формой текущей аттестации по дисциплине «АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ» учебным планом предусмотрен зачет.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- отчеты – 40 %;
- подготовка реферата – 30 %;
- контрольная работа – 30 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и зачетной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Оценка по текущей успеваемости составляет 30 %, зачетная оценка – 70 %.

Примерная тематика лабораторных занятий

Занятие № 1. BMAP-поток. Матричная считающая функция потока. Расчет матриц $P(n, t)$.
Занятие № 2. BMAP-поток. Свойства и интегральные характеристики.
Занятие № 3. BMAP-поток, вычисление интеграла $\int_0^\infty P(n,t)DB(t)$, когда распределение $B(t)$ имеет фазовый тип.
Занятие № 4. Система BMAP | G | 1. Распределение состояния системы во вложенные моменты времени. Подход с использованием векторной производящей функции.
Занятие № 5. Система BMAP | G | 1. Распределение состояния системы во вложенные моменты времени. Подход с использованием аппарата сенсорных цепей Маркова.
Занятие № 6. Система BMAP | G | 1. Факториальные моменты распределения состояния системы во вложенные моменты времени.
Занятие № 7. Система BMAP | G | 1. Распределение состояния системы в произвольные моменты времени.
Занятие № 8. Система BMAP | G | 1. Распределение виррyального и реального времени ожидания запроса в системе
Занятие № 9. Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой.
Занятие № 10. Отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой.

Рекомендуемая тематика контрольных работ:

Контрольная работа № 1.Векторные процессы гибели и размножения и иллюстрация их применения.

Контрольная работа № 2. Многомерные цепи Маркова типа G/M/1 и иллюстрация их применения.

Текущий контроль знаний проводится в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (эвристический, проективный, практико-ориентированный)

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержание образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

При организации образовательного процесса используется **метод группового обучения**, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные ресурсы: разместить на образовательном портале комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, методические указания к лабораторным занятиям, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в т.ч. вопросы для подготовки к зачету, задания, тесты, вопросы для самоконтроля, тематика рефератов и др., список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

Темы реферативных работ

1.Многомерные цепи Маркова с блочно структурированными генераторами или матрицами одношаговых вероятностей переходов

Примерный перечень вопросов к зачету

1. BMAP-поток. Матричная считающая функция потока. Расчет матриц $P(n, t)$.
2. BMAP-поток. Свойства и интегральные характеристики.

3. BMAP-поток. Его частные случаи.
4. BMAP-поток, вычисление интеграла $\int_0^\infty P(n,t)DB(t)$, когда распределение $B(t)$ имеет фазовый тип.
5. Полумарковский поток.
6. Векторные процессы гибели и размножения.
7. Система MAP | PH | 1.
8. Цепь Маркова типа G | M | 1.
9. Система G | PH | 1.
10. Цепь Маркова типа M | G | 1. Условие эргодичности.
11. Цепь Маркова типа M | G | 1. Нахождение стационарного распределения методом производящих функций.
12. Цепь Маркова типа M | G | 1. Нахождение факториальных моментов распределения.
13. Цепь Маркова типа M | G | 1 Нахождение стационарного распределения с помощью метода сенсорных цепей Маркова.
14. Система BMAP | G | 1. Распределение состояния системы во вложенные и произвольные моменты времени.
15. Система BMAP | G | 1. Распределение виртуального времени ожидания.
16. Система BMAP | G | 1. Распределение реального времени ожидания.
17. Система BMAP | SM | 1.
18. Асимптотические квазитеплицевы цепи Маркова. Условие эргодичности.
19. Асимптотические квазитеплицевы цепи Маркова. Алгоритм нахождения стационарных вероятностей.
20. Система BMAP | G | 1 с повторными вызовами.
21. Стохастические и субстохастические матрицы. Генераторы и субгенераторы.
22. Функции от матриц. Кронекеровы произведение и сумма матриц.
23. Система BMAP | PH | n с повторными вызовами.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Многомерный статистический анализ	Кафедра теории вероятностей и математической статистики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 4 от 24 ноября 2020 г.
Методы статистического анализа сложных данных	Кафедра теории вероятностей и математической статистики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 4 от 24 ноября 2020 г.
Визуальная аналитика данных с временной структурой	Кафедра теории вероятностей и математической статистики	нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения, протокол № 4 от 24 ноября 2020 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на _____/_____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

_____ _____ _____

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ _____ _____