

Государственный университет – Высшая школа экономики

Нижегородский филиал

Факультет бизнес информатики и прикладной математики

Программа дисциплины **«Имитационное моделирование (системы** **массового обслуживания)»**

для направления 080700.62 – Бизнес-информатика,
010500.62 – Прикладная математика и информатика
подготовки бакалавра

Автор: профессор В.В.Крылов

Рекомендована УМС
Секция «Математика и информатика»
Председатель

_____ В.М. Демкин

« » _____ 2009 г.

Одобрена на заседании кафедры
Прикладной математики и информатики
Зав. кафедрой

_____ В.А. Калягин

« » _____ 2009 г.

Утверждена УМС филиала
Председатель
_____ Л.Г. Макарова

« » _____ 2009 г.

Н. Новгород, 2009 г.

I. Пояснительная записка

Авторы программы: программа дисциплины разработана коллективом кафедры Прикладной математики и информатики НФ ГУ ВШЭ, ответственный исполнитель профессор Крылов В.В.

Требования к студентам:

Исходный уровень – знание основ математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики, дифференциальных и разностных уравнений, теории вероятностей и основ математической статистики.

Аннотация:

Курс «Имитационное моделирование» является прикладным из цикла курсов подготовки современного специалиста в области экономики. Курс опирается на фундаментальный курс «Теория вероятностей» и является его продолжением и важным практическим приложением. «Имитационное моделирование» является одним из полезных для будущих специалистов курсов наряду с курсами по математической статистике, эконометрике, теории игр, анализу временных рядов и других курсов специализированной подготовки.

Дисциплина рассчитана на 28 часов лекционных занятий и 14 часов практических занятий.

Учебная задача дисциплины:

Целями курса являются

- знакомство с основными понятиями теории систем массового обслуживания и ее приложениями;
- развитие аналитического мышления, навыков имитационного моделирования систем с конфликтами за ресурсы и методами экспериментального анализа таких систем.

II. Тематический план учебной дисциплины

	Наименование тем	Всего часов	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
			Раздел 1. Аналитические методы исследований систем массового обслуживания		
1.1	Базовая концепция СМО	10	2		8
1.2	Марковские модели СМО	10	2		8
1.3	Немарковские модели СМО	10	2		8
1.4	СМО с самоподобными входными потоками	9	1		8
			Раздел 2. Эмпирический анализ систем массового обслуживания		
2.1	Измерения случайных потоков, прогнозирование характеристик СМО по результатам измерений	12	2	2	8

			Раздел 3. Имитационные методы анализа систем массового обслуживания		
3.1	Моделирование СМО средствами GPSS	5	1	2	2
3.2	Моделирование СМО сетями Петри	4	2		2
3.3	Моделирование в среде ARENA	44	12	10	22
Итого		108	28	14	66

III. Формы рубежного и итогового контролей

Контроль знаний студентов включает формы текущего и итогового контроля. Текущий контроль осуществляется в течение двух модулей. По курсу предусмотрены текущий контроль знаний и работы студентов на практических занятиях, две контрольные работы (2 x 45 мин.) и самостоятельная разработка проектов на дому (эссе). Каждая форма текущего контроля оценивается 10-балльной оценкой, которая выставляется в рабочую ведомость преподавателя. По результатам текущего контроля организуются индивидуальные консультации в рамках второй половины рабочего дня преподавателя. Форма итогового контроля – письменный дифференцированный зачет по окончании двух модулей учебного курса, который оценивается по 10-балльной шкале. Продолжительность зачета 120 мин.

Для получения *результатирующей оценки О* итогового контроля используются следующие весовые множители:

0,15 – для оценки **Оконтр1.**, за контрольную работу № 1,

0,15 – для оценки **Оконтр2.**, за контрольную работу № 2,

0,3 – для оценки **Оэссе.**, за самостоятельная разработка программы на дому,

0,4 – для оценки **Описьм.зач.**, за письменный зачет.

Для получения результирующей оценки **О** по 10-балльной шкале вычисляется величина

$O = 0,15 \times \text{Оконтр.1} + 0,15 \times \text{Оконтр.2} + 0,3 \times \text{Оэссе} + 0,4 \times \text{Описьм.зач.}$

Полученный после округления этой величины до целого значения результат и *выставляется* как *результатирующая оценка по 10-балльной шкале* по учебной дисциплине «Имитационное моделирование» в экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента. В экзаменационную ведомость и зачетную книжку студента выставляется также и результат зачета по данной дисциплине **в форме «зачтено» «не зачтено»**, получаемый из оценки по десятибалльной шкале в соответствии со следующей таблицей соответствия (см. Приложение № 2 к приказу Ректора ГУ-ВШЭ № 1002 от 17.06.2002).

Таблица соответствия оценок по десятибалльной и пятибалльной системам.

По десятибалльной шкале	По пятибалльной шкале
1 – неудовлетворительно 2 – очень плохо 3 – плохо	Неудовлетворительно - 2
4 – удовлетворительно 5 – весьма удовлетворительно	удовлетворительно -3
6 – хорошо 7– очень хорошо	хорошо - 4

8 – почти отлично	отлично - 5
9 – отлично	
10 – блестяще	

IV. Содержание программы

Глава 1. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.

Тема 1.1. БАЗОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ СМО.

Предметная область теории систем массового обслуживания. Основные компоненты СМО. Классификация СМО по Кендаллу-Башаринову. Входные потоки требований и процессы обслуживания. Непрерывная марковская цепь как базовая модель СМО. Процесс гибели-размножения и уравнения переходного режима. Уравнения равновесного состояния СМО.

Основная литература

Клейнрок Л. Теория массового обслуживания, Пер. с англ., М., Машиностроение, 1970.

Розанов Ю.А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы, Наука, 1989

Дополнительная литература

Крылов В.В., Самохвалова С.С Теория телетрафика и ее приложения –СПб.:БХВ-Петербург, 2005.

J. Medhi Stochastic models in queueing theory, Academic Press, 2003

Тема 1.2. МАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ СМО.

Анализ системы М/М/1. Распределение времени ожидания. Характеристики выходного процесса. Анализ полумарковского процесса. Модели СМО с конечным размером очереди. Модели с многими серверами. Модели СМО с полными потерями. Формулы Эрланга. Модели Энгсета. Анализ переходных процессов в СМО. Расширения Марковских моделей.

Основная литература

Клейнрок Л. Теория массового обслуживания, Пер. с англ., М., Машиностроение, 1970.

Розанов Ю.А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы, Наука, 1989

Дополнительная литература

Крылов В.В., Самохвалова С.С Теория телетрафика и ее приложения –СПб.:БХВ-Петербург, 2005.

J. Medhi Stochastic models in queueing theory, Academic Press, 2003

Тема 1.3. НЕМАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ СМО.

Модели с марковскими входными потоками. Формула Полячека-Хинчина. Распределение времени ожидания. Подход полумарковских процессов. Распределение времени занятости. Интегральное уравнение Такаши. Системы с конечным размером очереди. СМО с произвольными распределениями входных потоков. Интегральное уравнение Линдли. Границы для времени ожидания.

Основная литература

Клейнрок Л. Теория массового обслуживания, Пер. с англ., М., Машиностроение, 1970.

Розанов Ю.А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы, Наука, 1989

Дополнительная литература

Крылов В.В., Самохвалова С.С Теория телетрафика и ее приложения –СПб.:БХВ-Петербург, 2005.

J. Medhi Stochastic models in queueing theory, Academic Press, 2003

Тема 1.4. СМО С САМОПОДОБНЫМИ ВХОДНЫМИ ПОТОКАМИ

Случайные процессы с долгосрочными зависимостями. Самоподобие и параметр Херста. Фрактальное броуновское движение и «черный шум». Анализ СМО с фрактальным броуновским потоком. Теорема Илка. Сравнение характеристик СМО при обслуживании различных типов входных потоков.

Основная литература

Шелухин О.И., Тенякишев А.М., Осин А.В. Фрактальные процессы в телекоммуникациях Радиотехника, Москва, 2003.

Дополнительная литература

Крылов В.В., Самохвалова С.С Теория телетрафика и ее приложения –СПб.:БХВ-Петербург, 2005.

Norros Ilkka A storage model with self-similar input. Queueing Systems, 1994

Глава 2. ЭМПИРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.

Тема 2.1. ИЗМЕРЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОТОКОВ.

Основные понятия математической статистики. Задачи описания данных. Оценивание и проверка гипотез. Параметрические и непараметрические методы оценивания.

Корреляционный анализ. Оценивание параметра Херста.

Основная литература

Колемаев В.А. Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика, ИНФРА-М, 1999.

Вероятность и математическая статистика. Энциклопедия / Гл. ред. Ю. В. Прохоров. – М.: Изд-во «Большая Российская Энциклопедия», 1999.

Дополнительная литература

Leland W.E., Taqqu M.S., Willinger W., Wilson D.V. On the self-similar nature of Ethernet traffic// IEEE Transaction on networking. – Vol. 12. – 1994.-1. – p.2-15

Орлов А.И. Математика случая: Вероятность и статистика - основные факты: Учебное пособие. - М.: МЗ-Пресс, 2004.

Тема 2.2. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СМО ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЙ.

Статистические методы восстановления функциональных зависимостей. Оценивание вида модели СМО. Оценивание вероятностей потерь. Примеры оценивания характеристик СМО в телекоммуникационных задачах. Оценивание параметров СМО в эконометрии.

Основная литература

Орлов А.И. Математика случая: Вероятность и статистика - основные факты: Учебное пособие. - М.: МЗ-Пресс, 2004.

Дополнительная литература

Harmantzis F., Hatzinako D. Heavy Network Traffic Modelling and Simulation using Stable FARIMA Processes Communications, IEEE Transactions on Volume 49, Issue 7, Jul 2001 Page(s):1203 - 1214.

Глава 3. ИМИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Тема 3.1 МОДЕЛИРОВАНИЕ СМО СРЕДСТВАМИ GPSS

Принципы имитационного моделирования СМО. Основные программные модели для имитации поведения СМР. Программные методы построения имитационных моделей.

История и назначение языка GPSS. Объекты и блоки языка. Построение простейших имитационных моделей СМО. Использование моделей для прогнозирования характеристик СМО. Построение больших имитационных моделей.

Основная литература

Кудрявцев Е.М. *GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем.* - М.: ДМК, 2003

Дополнительная литература

Рыжиков Ю.И. *Имитационное моделирование: Теория и технологии*, Альтекс-А, 2004.

Бражник А.Н. *Имитационное моделирование: Возможности GPSS WORLD*, Реноме, 2006

Тема 3.2 МОДЕЛИРОВАНИЕ СМО СЕТЯМИ ПЕТРИ

Сети Петри и их виды. Простые системы моделирования сетями Петри. Моделирование СМО сетями Петри. Программные системы имитационного моделирования на основе сетей Петри. Основные принципы построения моделей СМО в открытых программных пакетах. Базовые способы анализа характеристик СМО при моделировании сетями Петри.

Основная литература

Котов В.Е. *Сети Петри*. М.: Наука, 1984.

Питерсон Дж. *Теория сетей Петри и моделирование систем*, М., Мир-1984

Дополнительная литература

Крылов В.В., Самохвалова С.С. *Теория телеграфика и ее приложения* –СПб.:БХВ-Петербург, 2005.

Тема 3.3 МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ ARENA

Знакомство с программной системой ARENA Rockwell Automation. Построение простой модели СМО М/М/1. Анализ характеристик системы по данным моделирования. Построение сложных моделей систем с учетом ресурсных конфликтов. Изучение изобразительных средств системы моделирования. Выполнение индивидуальных заданий по построению и анализу моделей реальных бизнес систем.

Основная литература

Simulation with Arena 4th edition. W. David Kelton, Randall P. Sadowski, Rockwell Automation David T. Sturrock, Rockwell Automation McGraw-Hill, ©2007

Simulation Modeling and Analysis with ARENA , Tayfur Altioek, Bengamin Melamed, Academic Press-2007

Дополнительная литература

Process Analysis and Improvement: Tools and Techniques, Marvin S Seppanen , Productive Systems Sameer Kumar, University of St. Thomas, Minneapolis

Charu Chandra, University of Michigan - Dearborn

McGraw-Hill Irwin

ISBN: 0072857129

Copyright year: 2005

ИЗ ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВА ARENA ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ЦЕНТРА СТРАХОВАНИЯ АВТОГРАЖДАНСКОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

А. Свечников; http://www.iteam.ru/publications/it/section_51/article_2264/

V. Тематика эссе

Предлагается набор тем по анализу параметров бизнес-процессов путем построения теоретической модели, получения характеристик путем расчетов, построения имитационной

модели, получение оценок тех же характеристик в процессе моделирования и сравнительный анализ результатов.

Пример темы: Оценить характеристики качества обслуживания Web – сервера, по заданным статистическим характеристикам потока запросов и программно-аппаратного комплекса его имплементации.

VI. Методические рекомендации преподавателю

См., приложение по методике 10-балльной оценки.

VII. Методические рекомендации студентам

Для более глубокого усвоения курса предполагается использование студентами дополнительной литературы, работа в библиотеке, поиск информации в сети Интернет.

VIII. Рекомендации по использованию информационных технологий

Используется компьютерное моделирование СМО для анализа их характеристик. В НФ ГУ-ВШЭ студентам предоставляется возможность самостоятельной работы с электронными ресурсами информации, периодической литературой.

В компьютерном классе (в здании на Б. Печерской) доступ on-line.

Преподаватель Крылов В.В.

Приложение: Методика формирования результирующей оценки

Программа предусматривает в качестве форм контроля: оценку контрольной работы, оценку домашнего задания, зачет (экзамен). Каждая форма оценивается по 10-балльной шкале.

Для контрольных работ:

высшая оценка в 9 баллов (10 баллов проставляется в исключительных случаях) проставляются при отличном выполнении заданий: полных (с детальными или многочисленными примерами и возможными обобщениями) ответах на вопросы, правильном решении задачи и четком и исчерпывающем ее представлении почти отличная оценка в 8 баллов проставляется при полностью правильных ответах и решении задач, но при отсутствии какого-либо из выше перечисленных отличительных признаков, как, например: детальных примеров или обобщений, четкого и исчерпывающего представления решаемой задачи, оценка в 7 баллов проставляется при правильных ответах на вопросы и правильном решении задачи, но при отсутствии пояснений, примеров, обобщений, без представления алгоритма или последовательности решения задач, оценка в 6 баллов проставляется при наличии отдельных неточностей в ответах на вопросы (включая грамматические ошибки) или неточностях в решении задачи не принципиального характера (описки и случайные ошибки арифметического характера), оценка в 5 баллов проставляется в случаях, когда в ответах и в решении задач имеются неточности и ошибки, свидетельствующие о недостаточном понимании вопросов и требующие дополнительного обращения к тематическим материалам, оценка в 4 балла проставляется при наличии серьезных ошибок и пробелов в знании по контролируемой тематике, оценка в 3 балла проставляется при наличии лишь отдельных положительных моментов в ответах на вопросы и в решении задач, говорящих о потенциальной возможности в последующем более успешно выполнить задания; оценка в 3 балла, как правило, ведет к повторному написанию ответов на вопросы или решению дополнительной задачи, оценка в 2 балла проставляется при полном отсутствии положительных моментов в ответах на вопросы и решении задач и, как правило, ведет к повторному написанию контрольной работы в целом, оценка в 1 балл проставляется, когда неправильные ответы и решения, кроме того, сопровождаются какими-либо демонстративными проявлениями безграмотности или неэтичного отношения к изучаемой теме.

При оценке выполнения домашнего задания (эссе):

10 баллов проставляется в исключительных случаях самостоятельно проведенной работы, которая может в дальнейшем использоваться в учебном процессе или в исследовательской работе студента, 8-9 баллов проставляется при самостоятельно разработанном или удачно адаптированном и отлично представленном исследовании по выбранной тематике, 6-7 баллов проставляется при своевременно выполненном и самостоятельно представленном результате продукте по выбранной тематике, 4-5 баллов проставляется при частичном, несамостоятельном участии в выполнении работ, 2-3 балла проставляется, когда студент не может самостоятельно представить работу; когда работа носит явные признаки заимствований (работу предлагается переделать), 1 балл проставляется при наличии каких-либо демонстративных проявлений безграмотности и неэтичного отношения к работе. На зачете (экзамене), представляющем собой письменный ответ на вопрос и решение задачи с последующим собеседованием, оценка проставляется следующим образом: высшая оценка в 9 баллов (10 баллов проставляется в исключительных случаях) проставляется при отличном выполнении заданий: полных, с примерами и возможными обобщениями ответов на вопросы, при правильном решении задачи и детальном ее представлении, почти отличная оценка в 8 баллов проставляется при полностью правильных ответах и решении задач, но при отсутствии какого-либо из выше перечисленных отличительных признаков, как, например: примеров и обобщений, детального представления решаемой задачи, оценка в 7 баллов проставляется при правильных ответах на вопросы и правильном решении задачи, но при отсутствии пояснений, примеров, без представления алгоритма решения задач, оценка в 6 баллов проставляется при наличии отдельных неточностей в ответах на вопросы или непринципиальных неточностях в решении задачи (описки и случайные ошибки арифметического характера), оценка в 4-5 баллов проставляется в случаях, когда в ответах и в решении задачи имеются существенные неточности и ошибки, свидетельствующие о недостаточном понимании проблематики, оценка в 2-3 балла проставляется при наличии лишь отдельных положительных моментов в ответах на вопросы и в решении задачи и ведет к повторному написанию ответов на вопросы или решению задачи, оценка в 1 балл проставляется, когда неправильные ответы и решения, кроме того, сопровождаются какими-либо демонстративными проявлениями безграмотности или неэтичного отношения к учебному процессу.

По результатам устного собеседования с преподавателем выполненной на итоговом собеседовании работы возможны корректировки оценки в ту или иную сторону.

Автор программы, профессор

Крылов В.В.