

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра интеллектуальных информационных технологий

Методические указания

к выполнению курсовых работ по дисциплине

“Моделирование систем”

для студентов “АСОИ” 1 – 53 01 02 и “ЭВМиС” 1 – 40 02 01

БРЕСТ 2008

УДК 681.3 (075.8)

Целью указаний является знакомство студентов с основными этапами организации моделирования сложных систем.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом Брестского государственного технического университета

Составители: Г.Л. Муравьев, доцент, к.т.н.
Ю.В. Савицкий, доцент, к.т.н.

Рецензент: доцент кафедры информатики и прикладной математики Брестского государственного технического университета, к.т.н. Мухов С.В.

1. ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТА. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА НА МОДЕЛИ

ЦЕЛЬ: разработка имитационной модели объекта [1, с. 10-11, с. 20-25], исследование как свойств модели, так и свойств объекта на модели [1, с. 86-88].

ПОДХОД: построение и исследование для заданного объекта (системы) концептуальной модели (КМ), математической модели [ММ: Q-схемы, ССМ] [1, с.33-36, 40, с. 14-16] и имитационной моделей (ИМ) [40, с. 15-17] в терминах выбранного языка имитационного моделирования [O -> КМ -> ММ: Q-схема -> ССМ -> GPSS-модель]. Исследование объекта на имитационной модели.

1.1. Построение концептуальной модели

Построение концептуальной модели объекта [O -> КМ] [1, с.93, 40, с. 27-29].

1.1.1. Определение и формулирование целей моделирования объекта, выявление и описание задач, решаемых с помощью моделирования.

1.1.2. Выявление основных частей объекта и соответственно модели объекта, их назначения, особенностей функционирования и в том числе структурных частей (подсистем, компонентов, элементов, таких как узлы, устройства и т.п.) и процессов (функций), протекающих в них [1, с.92, 40, с. 6-8].

Описание закона функционирования модели, известных функциональных, причинно-следственных связей.

Выявление параметров (элементов и процессов) и характеристик объекта, выделение существенных для целей исследования и их описание. В том числе, описание состава параметров модели, источников их определения, диапазонов изменения, ограничений на значения и т.п. [40, с. 9-10].

Описание состава характеристик модели (узловых и системных), подлежащих определению, описание способов их вычисления, выбор представления, полноты оценки характеристик (например, на уровне оценок средних значений, на уровне оценок средних значений и дисперсий и т.д.), формулирование критериев эффективности объекта.

По согласованию с руководителем экспертное до определение недостающей информации о функционировании и строении объекта.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Описания объекта, модели объекта в произвольной форме (в том числе в виде таблиц, графиков, текстового материала, в формульном виде и т.п.).

1.2. Построение математической модели

Построение математической, абстрактной модели объекта [по схеме ММ: КМ -> Q-схема -> ССМ].

1.2.1. Анализ возможностей использования для целей моделирования объекта типовых математических моделей (например, автоматных моделей, агрегатных моделей, Q-схем и т.д. [1, с.49-50, 40, с. 11-14, с. 23-26]).

1.2.2. Анализ существующих средств и методов реализации выбранной типовой модели (например, в виде аналитических или имитационных моделей). Обоснование выбора языков программирования, языков и систем моделирования. Анализ альтернативных средств [1, с.152-168, 40, с. 66-70].

1.2.3. Разработка и описание математической модели объекта в терминах выбранной математической модели (например, в терминах Q-схемы [1, с.64-69]).

Параметризация модели (на базе п. 1.1.2 – “Выявление основных частей объекта”), описание параметров структуры и функционирования $\langle S, F \rangle$.

Графическое изображение структуры с выявлением и обозначением всех элементов структуры, где производятся какие-либо действия, например, по задержке, блокированию, обслуживанию, анализу, синхронизации процессов и т.д.

Описание (графическое) маршрутов движения заявок всех классов на структуре модели. Рекомендуется раздельное графическое описание маршрутов движения заявок каждого из классов (особенно для классов заявок, значительно отличающихся маршрутами движения и способом обработки). Стиль изображения произвольный, принятый в Q-схемах [1, с.64-69]. Допустимо изображение элементов-узлов точками, а маршрутов движения заявок линиями, соединяющими узлы, с указанием направления перемещения заявок. В пояснительном тексте комментируется назначение, функции, параметры узлов.

Введение обозначений узлов и параметров узлов, описание законов распределения параметров узлов, дисциплин обслуживания и т.п.

Введение обозначений классов заявок и параметров классов (потоков) заявок; описание законов распределения параметров, маршрутов движения и т.п.

Введение обозначений характеристик (например, узловых и системных, в разрезе классов заявок и в целом по всем потокам заявок), уточнение методов их получения и расчета, процедур вычисления.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Рисунок “Графическое изображение структуры Q-схемы”. Рисунок “Графическое изображение маршрутов движения заявок Q-схемы”. Таблица “Описание (перечень) параметров Q-схемы”. Таблица “Описание (перечень) характеристик Q-схемы”.

1.2.4. Разработка и описание математической модели объекта (для Q-схем перевод полученного описания в термины стохастических сетевых моделей ССМ [40, с. 71-75]), имитированной на имитационное моделирование.

Параметризация модели (на базе п. 1.1.2 – “Выявление основных частей объекта”). Описание ССМ выполняется аналогично п. 1.2.2 – “Анализ существующих средств” с использованием введенных там обозначений. При необходимости вводятся добавочные параметры и характеристики.

В том числе, это описание порядка отображения узлов исходной Q-схемы в обслуживающие, управляющие, маршрутные и др. узлы ССМ.

Графическое описание структуры ССМ [40, с. 71-74].

Графическое описание на структуре модели маршрутов движения заявок всех классов (допустимо раздельное описание по каждому классу).

Описание параметров узлов и заявок.

Описание расчетных характеристик (назначения, процедур вычисления).

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Рисунок “Структура ССМ”. Рисунок “Маршруты движения заявок ССМ”. Таблица “Описание отображения параметров Q-схемы в параметры ССМ”. Таблица “Описание отображения характеристик Q-схемы в характеристики ССМ”.

1.3. Построение имитационной модели на языке моделирования

Построение имитационной модели на языке моделирования, например, GPSS [40, с. 75-108] [по схеме ИМ О: ССМ -> GPSS-модель].

Общие требования к реализации моделей: 1) обеспечить максимальную универсальность, параметризованность модели. Параметры модели должны переустанавливаться

без изменения текста модели. В GPSS-моделях следует максимально использовать возможности инициализации сохраняемых величин для задания значений параметров и т.п.; 2) подобрать наборы данных – значений параметров, обеспечивающие стационарный режим работы модели с разной степенью загрузки узлов; 3) оценить погрешности вычисления характеристик и необходимую длительность моделирования.

1.3.1. Разработка, описание и реализация имитационной модели объекта (например, GPSS-модели) для ССМ. См. п. 1.2.4 – “Разработка и описание математической модели”.

1.3.2. Параметризация модели.

Введение обозначений параметров и характеристик, описание методов их получения и расчета, оценка ограничений на их значения.

Описание порядка отображения параметров и характеристик объекта и соответствующей ИМ в параметрах и характеристиках ИМ (например, для ССМ, см. п. 1.2.4). Описание параметров генераторов, узлов, заявок, статистики – точек сбора и способов вычисления характеристик (например, через СЧА, типовые статистики GPSS и т.д.).

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Рисунок “Структура ССМ” (приводится при необходимости адаптации ССМ под выбранный язык моделирования, например, GPSS). Листинг “Текст GPSS-модели”. Таблица “Описание отображения параметров ССМ в параметры ИМ”. Таблица “Описание отображения характеристик ССМ в характеристики ИМ”.

1.4. Формирование наборов данных для имитационной модели

Производится формирование наборов данных – значений параметров имитационной модели, описанной на языке моделирования [ИМ О: GPSS-модель] [40, с. 35-38].

1.4.1. Подбор значений параметров модели. Требование: исходные данные должны обеспечивать работу модели в стационарном режиме, то есть без нарастающих очередей. Значения коэффициентов загрузки обслуживающих узлов, устройств, памятей могут быть разными. Рекомендуемые значения коэффициентов загрузки должны лежать в пределах 0,3+0,75. Длительность моделирования должна быть достаточной для обработки не менее 1000 заявок.

При необходимости по согласованию с руководителем выполняется доопределение недостающих значений параметров (см. п. 1.1.2 – “Выявление основных частей объекта”). Например, в случае отсутствия или частичной недоопределенности в задании значений параметров модели (например, длительностей обслуживания заявок в каналах устройств, законов распределения числа используемых каналов устройств, законов распределения количества потребляемой памяти и т.п.).

Отладка модели.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Листинг “Статистика выполнения GPSS-модели”. Таблица “Значения параметров GPSS-модели”. Таблица “Значения узловых характеристик GPSS-модели”. Таблица “Значения системных характеристик GPSS-модели”.

1.4.2. Формирование наборов данных контрольных примеров (4+6-ти) для дальнейшей работы с моделью.

Включает подбор значений параметров модели и получение значений характеристик-эталонов для дальнейшего использования. Выполняется, например, (с учетом результатов п. 1.4 – “Формирование наборов данных”) в установленном, стационарном режиме модели за счет вариации интенсивностей входных потоков заявок. Или производится за

счет изменения числа обрабатываемых заявок для замкнутых режимов функционирования модели при неизменных значениях остальных параметров. При необходимости корректируются значения других параметров.

Подбирается минимальная интенсивность входных потоков, обеспечивающая появление в модели узлов (хотя бы одного) с малой загруженностью (с коэффициентами загрузки в пределах $0,1 \div 0,25$) либо обеспечивающая практическое отсутствие очередей в модели. Затем подбирается максимальная интенсивность входных потоков, обеспечивающая появление в модели узлов (хотя бы одного) с высокой загруженностью (в пределах $0,8 \div 0,95$). А затем выбирается 2 - 4 значения интенсивностей входных потоков в пределах между минимальным и максимальным значениями.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Листинг "Отчет статистики GPSS-модели" (для каждого набора данных). Таблица "Значения параметров GPSS-модели" (для каждого набора данных). Таблица "Значения узловых характеристик GPSS-модели" (для каждого набора данных). Таблица "Значения системных характеристик GPSS-модели" (для каждого набора данных).

1.5. Анализ длительности моделирования

Производится анализ необходимой длительности моделирования для имитационной модели на языке моделирования [ИМ О: GPSS-модель] [40, с. 38-39].

1.5.1. Исследование (например, графическое) переходных процессов модели с целью уменьшения их влияния на характеристики модели в установившемся, стационарном режиме.

1.5.2. Оценка точности моделирования.

При выбранной (зафиксированной) длительности моделирования получить оценки значений (математического ожидания, дисперсии и т.д.) отдельных узловых и системных характеристик и их погрешности.

Оценивать доверительные интервалы вычисляемых оценок. При расчетах задаваться уровнем значимости (например, 0,05).

1.5.3. Анализ зависимости точности моделирования (см. п. 1.5.2 -- "Оценка точности моделирования") от длительности моделирования. В качестве шага изменения длительности моделирования можно использовать число обработанных заявок (например, 1000 - 5000 заявок).

Выбрать длительность моделирования, обеспечив заданную точность моделирования. Длительность моделирования исчислять как в виде числа обрабатываемых заявок, так и в виде абсолютных значений времени моделирования.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Рисунок "Графики переходных процессов". Таблица "Статистические оценки узловых и системных характеристик. Погрешности". Таблица "Зависимость точности моделирования от длительности моделирования". Рисунок "Зависимость точности моделирования от длительности моделирования".

1.6. Оценка адекватности имитационной модели

Производится оценка адекватности имитационной модели, описанной на языке моделирования [ИМ О: GPSS-модель] [1, с. 93].

1.6.1. Формирование плана экспериментов по оценке адекватности модели и их проведение [2, с.176-180]. При отсутствии эталона выполняется косвенно и включает следующие мероприятия (виды анализа) оценки достоверности работы модели.

Анализ корректности генерируемых распределений (гистограмм) и их соответствия заданным или ожидаемым распределениям. В том числе, анализ законов поступления и обслуживания заявок; анализ качества имитации случайных объектов, генерации базовых распределений.

Анализ достоверности рассчитываемых на модели характеристик, в том числе в режиме неучета случайных факторов (т.е. с постоянными временами); анализ характеристик граничных режимов работы модели; анализ чувствительности модели к изменению значений ее параметров.

Анализ корректности вероятностей маршрутов движения заявок, в том числе анализ корректности маршрутов движения заявок в режиме неучета случайных факторов.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Описание "План экспериментов по оценке адекватности модели". Описание "Результаты экспериментов по оценке адекватности модели". "Выводы".

1.6.2. Формирование наборов данных для работы с имитационной моделью - повтор расчетов эталонных наборов характеристик (см. п. 1.4.2 – "Формирование наборов данных") с учетом точности и требуемой длительности моделирования.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): в случае корректировки наборов данных представляются скорректированные таблицы из п. 1.4.2 "Формирование наборов данных". В том числе: Таблица "Значения параметров GPSS-модели" (для каждого набора данных). Таблица "Значения узловых характеристик GPSS-модели" (для каждого набора данных). Таблица "Значения системных характеристик GPSS-модели" (для каждого набора данных).

1.7. Исследование свойств объекта на имитационной модели

Выполняется исследование свойств (характеристик) объекта на имитационной модели [ИМ О: GPSS-модель] [1, с. 207-225, 2 с. 176-186].

1.7.1. Характеристика установившегося режима работы объекта (анализ стационарности, сбалансированности, наличия "узких" мест). Построение диаграмм Кивиата.

Оценка специфичных характеристик (например, вероятностей отказа в обслуживании, процента потерянных заявок, вероятностей простоев из-за ненадежности узлов и т.п.).

1.7.2. Прогнозирование изменения характеристик объекта (узловых и системных) на модели в зависимости от роста интенсивностей всех (отдельных) потоков заявок. Для замкнутых потоков производится в зависимости от числа заявок в потоке.

Оценка предельных значений системных характеристик. Выявление "узких" мест.

Предложения по их устранению, оценка результатов (эффективности). Прогнозирование 1 - 2-х следующих "узких" мест.

1.7.3. Прогнозирование изменения характеристик объекта на модели для замкнутого режима функционирования в зависимости от числа обслуживаемых заявок. Рекомендуется для неоднородных моделей сохранять соотношения между потоками заявок разных классов с учетом исходного соотношения их интенсивностей в разомкнутом режиме, зафиксированного числа заявок, пребывающих на обслуживании.

Выявление "узких" мест объекта.

1.7.4. По согласованию с руководителем составить и реализовать индивидуальный план исследований объекта на модели.

1.7.4.1. Оптимизация объекта на модели, включая формулирование целей оптимизации, выбор критериев эффективности, определение и анализ эффективности проведенных мероприятий.

1.7.4.2. Другие исследования объекта. В том числе, исследование эффектов модификации, модернизации объекта. Например, замены узлов, изменения каналностей устройств, изменения емкости памяти, буферных устройств и т.п. Исследование влияния ненадежности работы элементов на качество функционирования объекта и т.п.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Рисунок "Диаграммы Кивиата". Рисунок "График зависимости загрузок узлов от интенсивностей входных потоков заявок (для разомкнутого режима функционирования)". Рисунок "График зависимости времен пребывания заявок от интенсивностей входных потоков заявок на обслуживание (для разомкнутого режима функционирования)". Рисунок "Графики зависимости узловых и системных характеристик от интенсивностей входных потоков заявок (для разомкнутого режима функционирования)". Рисунок "Графики зависимости производительности объекта и загрузок узлов от числа обслуживаемых заявок (для замкнутого режима функционирования)". Описание "Результаты исследования "узких" мест" (для разомкнутого или замкнутого режима функционирования).

1.8. Анализ характеристик модели

Выполняется анализ основных свойств, характеристик модели [ИМ О: GPSS-модель].

1.8.1. Оценка универсальности модели (степени учета параметров объекта в модели, возможных ограничений).

1.8.2. Оценка адекватности модели. Оценка статистических погрешностей (см. п. 1.5 – "Анализ необходимой длительности моделирования").

1.8.3. Оценка трудоемкости модели.

Оценивается как время, затрачиваемое на один прогон, т.е. расчет характеристик объекта на модели (на одном наборе параметров при заданных требованиях по точности моделирования). Оценивается как время, затрачиваемое на моделирование обработки одной заявки (транзакта в GPSS).

Оценивается зависимость трудоемкости модели от точности моделирования.

1.8.4. Оценка чувствительности модели.

В том числе, оценка степени влияния на характеристики модели (в частности, точность моделирования) упрощений в модели. Например: - влияние изменения законов поведения случайных объектов, величин в модели; - игнорирование наличия специфических узлов; - замена ограниченных накопителей на накопители бесконечной емкости; - упрощение алгоритмов управления, маршрутизации заявок и т.п.

Оценка степени влияния на характеристики модели (в частности, точность моделирования) погрешностей задания значений параметров модели (например, средней длительности обслуживания в узле, среднего числа занимаемых каналов обслуживающих узлов и т.п.).

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Таблица "Характеристики модели". Рисунок "Графики зависимости трудоемкости модели от точности моделирования". Рисунок "Графики зависимости погрешностей характеристик модели от погрешностей задания значений параметров модели". А также рисунки аналогичных графиков для случаев внесения иных упрощений в модели.

2. ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТА ОБЪЕКТА

ЦЕЛЬ: разработка модели фрагмента объекта на языке GPSS [GPSS-модель ФО] для использования в качестве эталона как для модели фрагмента объекта, разработанной в терминах языка программирования высокого уровня [ЯП-модель ФО], так и аналитической модели фрагмента объекта.

ПОДХОД: построение для заданного фрагмента объекта (ФО) имитационной модели в терминах выбранного языка имитационного моделирования [ИМ ФО: ССМ ФО -> GPSS-модель ФО].

2.1. Выбор фрагмента объекта

По согласованию с руководителем производится выбор фрагмента исходного объекта для сведения как имитационного (на языке GPSS и в терминах языка программирования высокого уровня) так и аналитического моделирования. Выбранный фрагмент должен сводиться к ССМ или к сети массового обслуживания.

В первом случае фрагмент исходного объекта может обладать однородностью потоков заявок с произвольными законами распределения случайных величин. Должен включать только вероятностные и модифицирующие маршрутные узлы, одно-и многоканальные устройства, памяти, накопители ограниченной емкости. В этом случае в дальнейшем потребуются дополнительное сведение полученного фрагмента к сети массового обслуживания.

Во втором случае фрагмент исходного объекта должен включать один класс заявок, допустимы только вероятностные и модифицирующие маршрутные узлы, одно- и многоканальные устройства, а также возможны произвольные законы распределения случайных величин.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Описание "Фрагмент объекта" в произвольной форме (в том числе в виде таблиц, графиков, текстового материала, в формульном виде и т.п.).

2.2. Построение математической модели фрагмента объекта

Производится построение математической модели фрагмента объекта [ИМ: ФО -> ССМ ФО]. Выполняется в терминах стохастических сетевых моделей, путем преобразования модели, полученной в п. 1.2.4 "Разработка и описание математической модели", с учетом результатов п. 2.1 "Выбор фрагмента объекта".

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Рисунок "Структура ССМ ФО". Рисунок "Маршруты движения заявок ССМ ФО". Таблица "Описание параметров и характеристик ССМ ФО" (при необходимости).

2.3. Построение и реализация имитационной модели фрагмента объекта

Производится построение и реализация имитационной модели фрагмента объекта [ИМ ФО: ССМ ФО -> GPSS-модель ФО]. Выполняется в терминах выбранного языка имитационного моделирования (например, GPSS) путем модификации исходной ИМ, полученной в п. 1.3 - "Построение имитационной модели", с учетом результатов п. 2.2 - "Построение математической модели фрагмента".

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Листинг "Текст GPSS-модели".

2.4. Формирование наборов данных

Данный пункт включает работы по подбору значений параметров для имитационной модели фрагмента объекта [GPSS-модель ФО] и получению на них значений характеристик модели.

Указанные наборы данных используются в дальнейшем в качестве эталонных при оценке адекватности как имитационных моделей, включая GPSS-модель фрагмента объекта, ЯП-модель фрагмента объекта в терминах языка программирования (см. п. 3.2 – “Исследование адекватности имитационной модели”), так и аналитических моделей фрагмента объекта (см. п. 4.3 – “Исследование адекватности аналитической модели”).

За основу указанных наборов данных берутся наборы данных контрольных примеров (см. п. 1.4.2 “Формирование наборов данных”). Выполняется их корректировка с учетом параметров модели фрагмента объекта с последующим перерасчетом ожидаемых значений характеристик-эталонов.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Листинг “Отчет статистики GPSS-модели” (для каждого набора данных). Таблица “Значения параметров GPSS-модели ФО” (для каждого набора данных). Таблица “Значения узловых характеристик GPSS-модели ФО” (для каждого набора данных). Таблица “Значения системных характеристик GPSS-модели ФО” (для каждого набора данных).

3. ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТА ОБЪЕКТА НА ЯВУ

ЦЕЛЬ: изучение подходов и реализация имитационного моделирования фрагмента объекта средствами универсальных языков программирования высокого уровня (ЯВУ).

ПОДХОД: построение и исследование для заданного фрагмента объекта (системы) имитационной модели в терминах произвольного языка программирования высокого уровня [по схеме ИМ ФО: ССМ ФО -> ЯП-модель ФО].

3.1. Построение и реализация имитационной модели фрагмента объекта

Производится построение и реализация имитационной модели фрагмента объекта [ИМ ФО: ССМ ФО -> ЯП-модель ФО], что включает выполнение следующих работ.

3.1.1. Разработка структуры модели [40, с. 57-58].

Выбор метода продвижения модельного времени [40, с. 53-56].

Выбор способа реализации псевдопараллельностей [40, с. 58-66].

Разработка информационной базы модели [40, с. 19-20]. В том числе, формализация описания состояния модели, разработка структуры временных списков и алгоритмов их обработки, описание системных переменных, описание событий, присущих объекту, и разработка алгоритмов их обработки и т.д.

3.1.2. Выбор методов генерации случайных объектов. Выбор методов имитации узлов модели [1, с.115-142, 40, с. 44-51].

3.1.3. Выбор методов, разработка алгоритмов сбора и обработки статистических данных (результатов моделирования) [40, с. 35-38].

3.1.4. Разработка алгоритмов управления процессом моделирования [40, с. 58-66].

3.1.5. Реализация модели (алгоритмов, разработанных в п. 3.1.1- 3.1.4 – “Построение и реализация имитационной модели”) в терминах языка программирования.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Описание результатов разработки (см. п. 3.1.1-3.1.5 – “Построение и реализация имитационной модели”). Таблица “Характеристики состояний ЯП-модели”. Рисунок “Структура ЯП-модели”. Рисунок “Структура информационной базы ЯП-модели”. Рисунок “Алгоритмы обработки событий ЯП-модели”. Рисунок “Алгоритмы генерации случайных объектов ЯП-модели”. Рисунок “Алгоритмы управления процессом моделирования ЯП-модели”. Листинг “ЯП-модели”.

3.2. Исследование адекватности имитационной модели фрагмента объекта

Выполняется исследование адекватности имитационной модели фрагмента объекта [ЯП-модель ФО]. Включает формирование плана экспериментов по оценке адекватности полученной ЯП-модели и их проведение.

В качестве минимального набора данных для аттестации модели следует использовать наборы данных п. 2.4 – “Формирование наборов данных”.

В качестве модели-эталона следует использовать GPSS-модель ФО (см. § 3 – “Построение и исследование для заданного фрагмента”).

Проведение оценки адекватности производится путем выполнения одних и тех же расчетов на обеих имитационных моделях. Для сравнения выборок-результатов эталона (GPSS-модели ФО) и ЯП-модели и проверки гипотез (например, на равенство средних и т.п. при различной длительности моделирования) использовать соответствующие критерии. Например, использовать критерии хи-квадрат, Смирнова, Стьюдента, Фишера и т.п. [1, с.246-247].

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Результаты оценки погрешностей вычисления узловых и системных характеристик модели. Листинг “Отчет статистики ЯП-модели” (для каждого набора данных). Таблица “Погрешности вычисления узловых и системных характеристик модели”.

4. ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТА ОБЪЕКТА

ЦЕЛЬ: разработка аналитической модели упрощенного фрагмента объекта, исследование свойств модели.

ПОДХОД: упрощение фрагмента объекта и построение для него аналитической модели [АМ ФО или АМ ФО': ССМ -> ЭСеть МО -> АМ ЯП].

4.1. Выбор фрагмента объекта и реализация его имитационной модели

Выбор фрагмента объекта [ФО']. Построение и реализация имитационной модели фрагмента объекта [ИМ ФО или ИМ ФО': ССМ ФО или ССМ ФО' -> GPSS-модель ФО или GPSS-модель ФО'].

Для этого при необходимости выполнить по согласованию с руководителем работы дальнейшее упрощение фрагмента исходного объекта, обеспечивающее его сводимость к экспоненциальной однородной замкнутой или разомкнутой сети массового обслуживания [40, с. 73-74, с. 112]. Соответственно упростить полученную ранее GPSS-модель ФО (см. п. 2.2-2.4 – “Работа с моделью фрагмента”), скорректировать наборы данных, рассчитать на GPSS-модели характеристики-эталон.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Описание фрагмента объекта и имитационной модели. Листинг "Имитационная GPSS-модель ФО". Листинг "Отчет статистики GPSS-модели" (для каждого набора данных). Таблица "Значения параметров GPSS-модели ФО" (для каждого набора данных). Таблица "Значения узловых характеристик GPSS-модели ФО" (для каждого набора данных). Таблица "Значения системных характеристик GPSS-модели ФО" (для каждого набора данных).

4.2. Построение и реализация аналитической модели фрагмента объекта

Построение и реализация аналитической модели фрагмента объекта в терминах сетей массового обслуживания [AM ФО или AM ФО': ЭСеть МО -> AM ЯП].

4.2.1. Описание экспоненциальной сети МО (структуры узлов, потоков заявок) [40, с. 73-74, с. 112-113].

Параметризация сети (см. п. 1.2.3 – "Разработка и описание математической модели"), введение обозначений, описание параметров и характеристик. Определение источников получения значений параметров, описание возможных ограничений на значения параметров.

4.2.2. Описание и реализация AM (алгоритмов расчета характеристик сети МО на языке программирования) [40, с. 112-118].

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Рисунок "Графическое изображение сети МО". Таблица "Описание параметров и характеристик сети МО". Листинг "Аналитическая модель ФО".

4.3. Исследование адекватности аналитической модели

Производится исследование адекватности аналитической модели фрагмента объекта [AM ФО или AM ФО']. Выполняется по аналогии с п. 3.2 ("Исследование адекватности имитационной модели") путем расчета и сравнения узловых и системных характеристик AM ФО и ИМ на одних и тех же наборах исходных данных.

В качестве эталона для сравнения берутся результаты моделирования соответствующей ИМ (GPSS-модели). Например, в качестве модели-эталона в соответствии с результатами п. 4.1 ("Выбор фрагмента объекта") используется одна из следующих моделей:

а) GPSS-модель ФО (см. п. 2.2-2.3 – "Построение и реализация модели фрагмента") и наборы данных из п. 2.4 ("Формирование наборов данных");

б) GPSS-модель ФО' (см. п. 4.1 – "Выбор фрагмента объекта") и наборы данных из п. 4.1.

Отчетные результаты (таблицы, графики, выводы и предложения): Результаты оценки погрешностей вычисления узловых и системных характеристик модели (AM ЯП ФО'). Листинг "Отчет статистики AM ЯП ФО'" (для каждого набора данных). Таблица "Значения параметров AM ЯП ФО'" (для каждого набора данных). Таблица "Значения узловых характеристик AM ЯП ФО'" (для каждого набора данных). Таблица "Значения системных характеристик AM ЯП ФО'" (для каждого набора данных). Таблица "Погрешности вычисления узловых и системных характеристик модели".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Советов Б.Я., С.А. Яковлев. Моделирование систем: Учеб. для вузов - М.: Высшая школа, 2001. – 343 с.
2. Советов Б.Я., С.А. Яковлев. Моделирование систем. Практикум: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2003. – 295 с.
3. Основы теории вычислительных систем. - Учебное пособие /Под ред. Майорова С.А. - М.: Высшая школа, 1978.
4. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. - М.: Наука, 1988.
5. Черемных С.В. и др. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. – М.: Финансы и статистика, 2003. - 208 с.
6. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. - СПб.: КОРОНА, 2004.
7. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. - СПб.: Питер, 2004.
8. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 2004. – 454 с.

Дополнительная литература

9. Аланосович В.В., Тихоненко О.М. Цифровое моделирование стохастических систем. - Минск, изд. "Университетское", 1986.
10. Шрайбер Т. Моделирование на GPSS. - М.: Машиностроение, 1980.
11. Клейнен Д. Статистические методы в имитационном моделировании. - М.: Статистика, 1978.
12. Альяных М.Н. Моделирование вычислительных систем. - М.: Машиностроение, 1988.
13. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. - М.: Радио и связь, 1988.
14. Авен О.И., Гурин Н.Н., Коган Я.А. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. - М.: Наука, 1982.
15. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. - М.: Мир, 1978.
16. Голованов О.В., Дуванов С.Г., Смирнов В.Н. Моделирование сложных дискретных систем на ЭВМ третьего поколения (опыт применения GPSS). - М.: Энергия, 1978.
17. Советов Б.Я. Моделирование систем (лабораторный практикум). - М.: Высшая школа, 1989.
18. Киндлер Е. Языки моделирования. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
19. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. - М.: Наука, 1985.
20. Феррари Д. Оценка производительности вычислительных систем. - М.: Мир, 1981.
21. Жожикашвили В.А., Вишневикий В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применения к сетям ЭВМ. - М.: Радио и связь, 1988.
22. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями - М.: Мир, 1979.
23. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. - М.: Машиностроение, 1979.
24. Каган Б.М. Электронные вычислительные машины и системы. Учебное пособие - М.: Энергоатомиздат, 1985.
25. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. - М.: Наука, 1985.

26. Вероятностные методы в вычислительной технике: Учебн. пособие для вузов / Под ред. А.М.Лебедева и Е.А.Чернявского. - М.: Высшая школа, 1986.
27. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. - СПб.: БНВ-Санкт-Петербург, 1997.
28. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. - М.: Финансы и статистика, 1980.
29. Антонов А.В. Системный анализ: Учебник для вузов. - М.: Высш. шк., 2004. – 454 с.
30. Мороз А.И. Курс теории систем: Учеб пособие для вузов. - М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.
31. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. - М.: Мир, 1973.
32. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – Учеб пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.
33. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с AllFusion Process Modeler (BPWin 4.1). – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. - 240 с.
34. Технология системного моделирования. Е.Ф. Аврамчук и др. / Под общ. ред. С.В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение, 1988. - 520 с.
35. Кудрявцев Е.М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. - М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.
36. Маклаков С.В. Создание информационных систем с AllFusion Modelling Suite. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2004.
37. Черемных С.В. и др. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. – М.: Финансы и статистика, 2003. - 208 с.
38. Томашевский В.Н. Имитационное моделирование в GPSS. – М.: Бестселлер, 2003.
39. Технология системного моделирования. Е.Ф. Аврамчук и др. / Под общ. ред. С.В. Емельянова и др. – М.: Машиностроение, 1988. - 520 с.

Учебно-методические материалы по дисциплине

40. Муравьев Г.Л. Моделирование систем: Курс лекций по дисциплине “Моделирование систем” для студентов специальностей “АСОИ”, “ЭВМ и С”. – Брест: БГТУ, 2003. – 164 с.
41. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине “Моделирование систем” для студентов специальностей АСОИ, ЭВМ и С. Электронный вариант. - Сеть кафедры ИИТ (каталог K:\LOOK\4 курс\Моделирование систем\Лабораторные работы).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СОСТАВ ОТЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Здесь описан минимальный перечень таблиц, графиков и других отчетных материалов, которые должны быть представлены в пояснительной записке.

По разделу - "Работа с моделями заданного объекта".

Подраздел "Работа с Q-схемой объекта":

- рисунок 1. "Структура Q-схемы";
- таблица 1. "Перечень параметров Q-схемы";
- таблица 2. "Перечень характеристик Q-схемы".

Подраздел "Работа с GPSS-моделью объекта":

- рисунок 2. "Схема GPSS-модели";
- листинг 1. "Текст GPSS-модели";
- таблица 3. "Параметры GPSS-модели (отображение параметров Q-схемы в GPSS-модели)";
- таблица 4. "Характеристики GPSS-модели (отображение характеристик Q-схемы в GPSS-модели)".

Подраздел "Результаты выполнения GPSS-модели на исходных данных":

- листинг 2. "Статистический отчет выполнения GPSS-модели";
- таблица 5. "Значения параметров GPSS-модели";
- таблица 6. "Значения узловых характеристик GPSS-модели";
- таблица 7. "Значения системных характеристик GPSS-модели";
- рисунок 3. "График переходного процесса".

Подраздел "Результаты исследования GPSS-модели":

- рисунок 4. "Зависимости времени пребывания заявок в модели, загрузок обслуживающих узлов от интенсивности входного потока (для разомкнутого режима работы сети)";
- рисунок 5. "Зависимости производительности модели, загрузок обслуживающих узлов от числа обслуживаемых заявок (для замкнутого режима работы сети)".

По разделу - "Работа с имитационными моделями фрагмента объекта".

Подраздел "GPSS-модель фрагмента":

- рисунок 6. "Схема GPSS-модели фрагмента объекта";
- листинг 3. "Текст GPSS-модели фрагмента объекта";
- таблица 8. "Описание параметров модели фрагмента объекта".

Подраздел "Результаты выполнения GPSS-модели фрагмента на исходных данных":

- листинг 4. "Статистический отчет выполнения GPSS-модели фрагмента объекта";
- таблица 9. "Значения параметров GPSS-модели фрагмента объекта";
- таблица 10. "Значения узловых характеристик GPSS-модели фрагмента объекта";
- таблица 11. "Значения системных характеристик GPSS-модели фрагмента объекта".

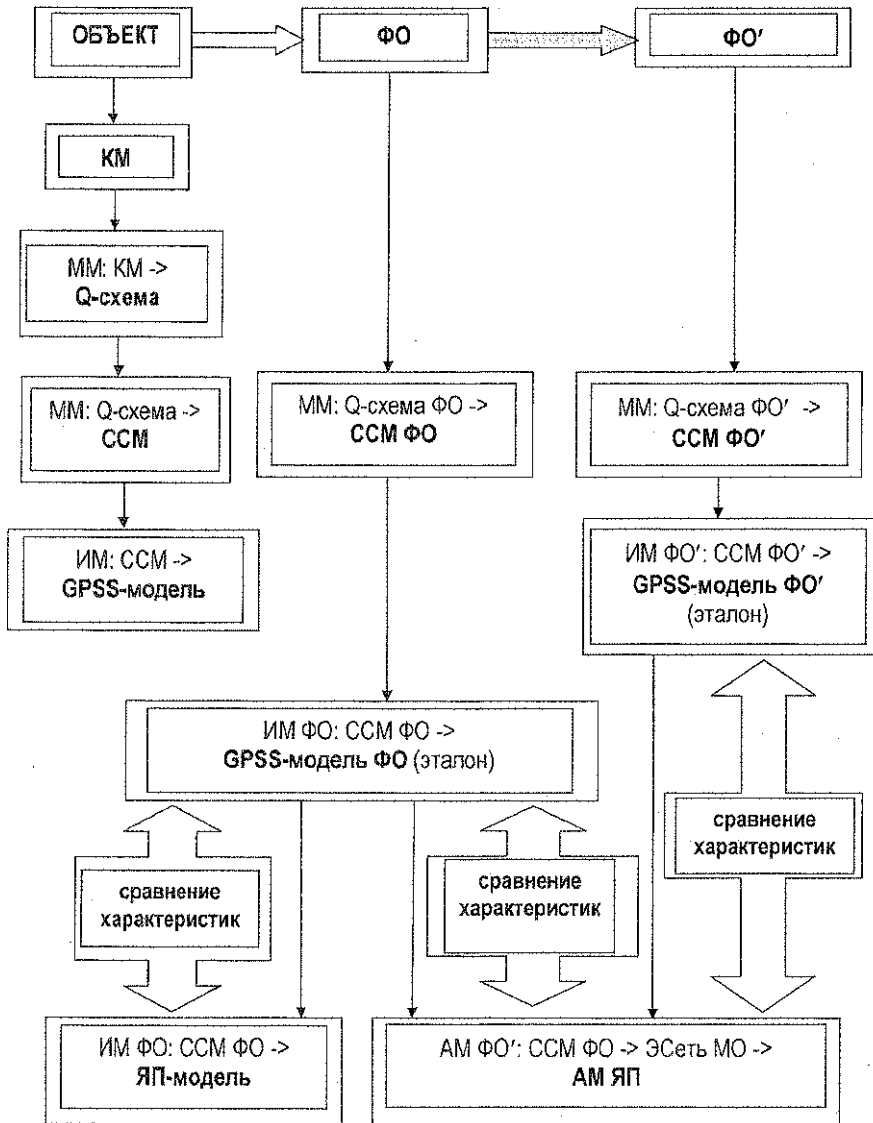
По разделу - "Работа с аналитическими моделями фрагмента объекта".

- таблица 12. "Значения параметров аналитической модели";
- таблица 13. "Значения узловых характеристик аналитической модели, погрешности расчета";
- таблица 14. "Значения системных характеристик аналитической модели, погрешности расчета".

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- О – объект моделирования.
- КМ - концептуальная модель объекта.
- ММ – математическая, абстрактная модель объекта.
- АМ - аналитическая модель.
- ИМ - имитационная модель.
- Q-схема - математическая модель с очередями.
- ССМ - стохастическая сетевая модель.
- GPSS-модель – имитационная модель на языке GPSS.
- СЧА – стандартный числовой атрибут GPSS.
- НД - набор данных для работы с имитационной моделью.
- ФО, ФО' - фрагмент объекта, системы.
- ИМ ФО, ИМ ФО' - имитационная модель фрагмента объекта.
- ССМ ФО, ССМ ФО' - модели фрагмента объекта в терминах стохастических сетевых моделей.
- ЯВУ - язык программирования высокого уровня.
- ЯП-модель - имитационная модель объекта в терминах языка программирования высокого уровня.
- Сеть МО - сеть массового обслуживания.
- ЭСеть МО – экспоненциальная однородной (замкнутая или разомкнутая) сеть массового обслуживания.
- АМ ЯП – аналитическая модель объекта, реализованная на языке программирования высокого уровня.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ГРАФ МОДЕЛЕЙ



ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ

Тема работы: Моделирование объекта заданной конфигурации.

Исходные данные: Объект - Q-схема. Модель транзактная. Способы расчета: имитационный (на языке GPSS и на языке программирования), аналитический.

ВАРИАНТ № 1. Состав узлов: S0-S5, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, устройства S1-S4. Устройства многоканальные. Закон поступления заявок – нормальный, законы обслуживания – экспоненциальные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5
S0		1				
S1			1			
S2		0,3		0,3	0,4	
S3						1
S4						1
S5						1

ВАРИАНТ № 2. Состав узлов: S0-S5, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, устройства S1-S4. Устройства одноканальные. Закон поступления заявок – экспоненциальный, законы обслуживания – экспоненциальные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5
S0		1				
S1			1			
S2			0,3	0,3	0,4	
S3						1
S4						1
S5						1

ВАРИАНТ № 3. Состав узлов: S0-S6, в т.ч. источники заявок S0, приемники S6, устройства S1-S5. Устройства S1-S3 – одноканальные, S4-S5 – многоканальные. Закон поступления заявок – произвольный, законы обслуживания равномерные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S0		1					
S1			0,7	0,3			
S2			0,3			0,7	
S3					1		
S4						1	
S5							1
S6							1

ВАРИАНТ № 4. Состав узлов: S0-S6, в т.ч. источники заявок S0, приемники S6, устройства S1-S5. Устройства одноканальные. Закон поступления заявок – произвольный, законы обслуживания произвольные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S0		1					
S1			0,7	0,3			
S2			0,3			0,7	
S3					1		
S4				0,5		0,5	
S5							1
S6							1

ВАРИАНТ № 5. Состав узлов: S0-S5, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, устройства S1-S4. Устройства S1 – многоканальное, S2 – S4 – одноканальные. Закон поступления заявок – равномерный, законы обслуживания – треугольные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5
S0		1				
S1			0,5	0,5		
S2					1	
S3		0,7				0,3
S4						1
S5						1

ВАРИАНТ № 6. Состав узлов: S0-S5, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, устройства S1-S4. Устройства одноканальные. Закон поступления и обслуживания – экспоненциальные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5
S0		1				
S1		0,6	0,3	0,1		
S2					1	
S3		0,7				0,3
S4						1
S5						1

ВАРИАНТ № 7. Состав узлов: S0-S5, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, устройства S1-S4. Устройства S1, S2 – одноканальные, S3, S4 – многоканальные. Законы поступления заявок и обслуживания – произвольные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5
S0		1				
S1			0,25	0,3	0,4	0,05
S2				1		
S3		1				
S4		1				
S5						1

ВАРИАНТ № 8. Состав узлов: S0-S5, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, устройства S1-S4. Устройства одноканальные. Законы поступления заявок и обслуживания – экспоненциальные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5
S0		1				
S1		0,5	0,2	0,2	0,05	0,05
S2				1		
S3		1				
S4		1				
S5						1

ВАРИАНТ № 9. Состав узлов: S0-S5, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, устройства S1-S4. Устройства S1, S2 – одноканальные, S3, S4 – многоканальные. Закон поступления заявок – гамма-распределение, законы обслуживания – экспоненциальные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5
S0		0,5	0,5			
S1		0,1	0,9			
S2				1		
S3					1	
S4						1
S5						1

ВАРИАНТ № 10. Состав узлов: S0-S4, в т.ч. источники заявок S0, устройства S1-S4. Устройства S2-S4 многоканальные, S1 – одноканальное. Закон обслуживания в узлах S1 – треугольный, в узлах S2-S4 – равномерный. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4
S0		1			
S1			1		
S2	0,5			0,3	0,2
S3		0,4	0,6		
S4	1				

ВАРИАНТ № 11. Состав узлов: S0-S6, в т.ч. источники заявок S0, приемники S6, устройства S1, S3, S4, памяти – S2, узлы освобождения памяти S5. Устройства одноканальные. Закон поступления заявок – экспоненциальный, законы обслуживания – экспоненциальные. Число типов потоков заявок – 2 (30% заявок первого и 70% второго типа). Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S0		1					
S1			1				
S2				1			
S3					0,7	0,3	
S4				1			
S5							1
S6							1

ВАРИАНТ № 12. Состав узлов: S0-S6, в т.ч. источники заявок S0, приемники S4-S6, устройства S1- S3. Устройства одноканальные, кроме S2. Накопитель к S1 ограничен. Закон поступления заявок – пуассоновский, законы обслуживания – равномерные. Число

типов потоков заявок – 2 (30% заявок первого и 70% второго типа). Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S0		x					1-x
S1			0,5	0,5			
S2			0,7		0,3		
S3						1	
S4					1		
S5						1	
S6							1

ВАРИАНТ № 13. Состав узлов: S0-S7, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, S7, устройства S2, S3, памяти S1, узел освобождения памяти S4, S6. Устройства S2, S3 одноканальные. Накопители к S2, S3 ограничены. Закон поступления заявок – равномерный, законы обслуживания – треугольные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S0		1						
S1			0,3	x				1-x
S2					1			
S3					1			
S4						1		
S5						1		
S6								1
S7								1

ВАРИАНТ № 14. Состав узлов: S0-S7, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, S7, устройства S2, S3, памяти S1, узел освобождения памяти S4, S6. Устройства одноканальные. Накопитель к S3 ограничен. Закон поступления заявок – равномерный, законы обслуживания в S1 – равномерный, в S2, S3 произвольный. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Число типов потоков заявок – 2. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S0		1						
S1			0,3	x				1-x
S2					1			
S3					1			
S4		0,3				0,7		
S5						1		
S6								1
S7								1

ВАРИАНТ № 15. Состав узлов: S0-S5, в т.ч. источники заявок S0, S1, приемники S4, устройства S2, S3, S5. Устройство S2, S3 одноканальные, S5 – многоканальное. Накопитель к S2 ограничен. Закон поступления заявок от S0 – нормальный, от S1 – равномерный, законы обслуживания – показательные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания, в т.ч. относительными приоритетами при обслуживании в накопителе к S2. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5
S0			1			
S1			1			
S2				0,7	0,2	0,1
S3			1			
S4					1	
S5			0,7		0,3	

ВАРИАНТ № 16. Состав узлов: S0-S7, в т.ч. источники заявок S0, S5, приемники S4, S6, устройства S1- S3, S7. Устройства S1- S3 одноканальные. Закон поступления заявок – пуассоновский, законы обслуживания – равномерные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрицы вероятностей переходов для каждого из типов заявок P1 и P2

P1	S0	S1	S2	S3	S4	P2	S1	S5	S6	S7
S0		1				S1			0,3	0,7
S1			0,3	0,2	0,5	S5	1			
S2		1				S6			1	
S3		1				S7	1			
S4					1					

ВАРИАНТ № 17. Состав узлов: S0-S7, в т.ч. источники заявок S0, S5, приемники S4, S6, устройства S1-S3, S7. Устройства S1-S2 многоканальные. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Закон поступления заявок – равномерный, законы обслуживания – равномерные для 1-го типа и треугольные для 2-го. Матрицы вероятностей переходов для каждого из типов заявок P1 и P2

P1	S0	S1	S2	S3	S4	P2	S1	S5	S6	S7
S0		1				S1			0,3	0,7
S1			0,3	0,2	0,5	S5	1			
S2		1				S6			1	
S3					1	S7	1			
S4					1					

ВАРИАНТ № 18. Состав узлов: S0-S5, в т.ч. источники заявок S0, приемники S4, S5, а S1-S3 устройства. Устройства S1, S2 одноканальные, S3 многоканальное. Накопитель к S3 ограничен. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Закон поступления заявок – равномерный, законы обслуживания произвольные. Матрицы вероятностей переходов для каждого из типов заявок P

P1	S0	S1	S2	S3	S4	S5
S0		1				
S1			1			
S2				x		1-x
S3			0,7		0,3	
S4					1	
S5						1

ВАРИАНТ № 19. Состав узлов: S0-S8, в т.ч. источники заявок S0, приемники S5, S6, S8, устройства S1, S3, S4, памяти S2, узел освобождения памяти S7. Устройства S1, S3, S4 одноканальные. Накопитель к S1 ограничен. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Закон поступления заявок – пуассоновский, законы обслуживания – экспоненциальные для 1 и равномерные для 2 типа заявок. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
S0		x							1-x
S1			0,5	0,5					
S2					1				
S3				0,9		0,1			
S4								1	
S5						1			
S6							1		
S7							1		
S8									1

ВАРИАНТ № 20. Состав узлов: S0-S6, в т.ч. источники заявок S0, S1, приемники S4-S6, устройства S2, S3. Устройства одноканальные, кроме S2. Накопитель к S2 ограничен. Отказ в обслуживании для заявок 1-го типа из-за превышения емкости накопителя, для 2 типа по превышению заданной длины очереди. Число типов потоков заявок – 2. Закон поступления заявок – равномерный (1 тип заявок), произвольный (2 тип заявок). Законы обслуживания – равномерные. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S0			x			1-x	
S1			y				1-y
S2				0,9	0,1		
S3			1				
S4					1		
S5						1	
S6							1

ВАРИАНТ № 21. Состав узлов: S0-S6, в т.ч. источники заявок S0, S1, приемники S4-S6, устройства S2, S3. Устройства одноканальные. Накопитель к S2 ограничен. Отказ в обслуживании для заявок 1-го типа из-за превышения емкости накопителя, для 2 типа по превышению заданной длины очереди. Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Закон поступления заявок – равномерный (1 тип заявок), пуассоновский (2 тип заявок). Законы обслуживания – равномерные. Обслуживание в узле S3 с учетом относительных приоритетов. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S0			x			1-x	
S1			y				1-y
S2				1			
S3				0,5	0,5		
S4					1		
S5						1	
S6							1

ВАРИАНТ № 22. Состав узлов: S0-S7, в т.ч. источники заявок S0 – S1, приемники S6 – S7 для обслуженных и S3 – S4 для заявок с отказом обслуживания, устройство S2 (одноканальное), S5 (многоканальное). Число типов потоков заявок – 2. Различаются параметрами поступления и обслуживания. Закон поступления заявок – экспоненциальный, закон обслуживания – экспоненциальный, равномерный. Число используемых каналов S5 распределяется по треугольному закону, длительность обслуживания обратно пропорциональна числу используемых каналов. Накопитель к S2 ограничен. Отказ в обслуживании при нехватке свободных каналов (1 тип заявок), при превышении времени ожи-

дания обслуживания сверх заданного (2 тип заявок). Матрицы вероятностей переходов для каждого из типов заявок P1, P2

P1	S0	S2	S3	S5	S6	P2	S1	S2	S4	S5	S7
S0		x	1-x			S1		y	1-y		
S2				t		S2				1	
S3			1			S4			1		
S5					1	S5					1
S6					1	S7					1

ВАРИАНТ № 23. Состав узлов: S0 – S11, в т.ч. источники заявок S0, S1, приемники S8, S9, устройства S3 – S5, памяти - S2, узлы освобождения памяти S6, S7, узел типа G – S10, узел типа T – S11. Устройства S3 и S5 – многоканальные. Узел S10 анализирует наличие свободной памяти, узел S11 наличие нужного числа каналов. Закон поступления заявок – экспоненциальный и треугольный, законы обслуживания – экспоненциальные и равномерные. Число типов потоков заявок – 2. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
S0											1	
S1											1	
S2												1
S3							0,5					0,5
S4					0,2	0,8						
S5										1		
S6									1			
S7					1							
S8									1			
S9										1		
S10			и		л							
S11				и				л				

ВАРИАНТ № 24. Состав узлов: S0 – S11, в т.ч. источники заявок S0, S1, приемники S8, S9, устройства S3 – S5, памяти - S2, узлы освобождения памяти S6, S7, узел типа G – S10, узел типа T – S11. Устройства S3 и S5 – многоканальные. Узел S10 анализирует наличие свободной памяти (для заявок 2 типа), узел S11 наличие нужного числа каналов (для заявок 1 типа). Закон поступления заявок – экспоненциальный и треугольный, законы обслуживания – экспоненциальные и равномерные. Число типов потоков заявок – 2. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
S0											1	
S1											1	
S2												1
S3							0,5					0,5
S4						1						
S5						0,1				0,9		
S6									1			
S7					1							
S8									1			
S9										1		
S10			и		л							
S11				и				л				

ВАРИАНТ № 25. Состав узлов: S0 – S7, в т.ч. источники заявок S0, S1, приемники S6, устройства S2 – S5, узел типа G – S7. Устройство S5 – многоканальное. Узел S7 анализирует занятость узла S4. Длительности обслуживания в узлах пропорциональны текущей длине заявки. Закон поступления заявок – экспоненциальный и равномерный, законы обслуживания – равномерные. Число типов потоков заявок – 2. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S0			1					
S1			1					
S2				1				
S3								1
S4				0,9			0,1	
S5							1	
S6							1	
S7					и	л		

ВАРИАНТ № 26. Состав узлов: S0 – S7, в т.ч. источники заявок S0, S1, приемники S6, устройства S2 – S5, узел типа G – S7. Устройство S5 – многоканальное. Узел S7 анализирует занятость узла S4. Длительности обслуживания в узлах пропорциональны текущей длине заявки. Закон поступления заявок – произвольный, законы обслуживания – экспоненциальные. Число типов потоков заявок – 2. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
S0			1					
S1			1					
S2				1				
S3								1
S4			0,9				0,1	
S5							1	
S6							1	
S7					и	л		

ВАРИАНТ № 27. Состав узлов: S0 – S8, в т.ч. источники заявок S0, S1, приемники S6, устройства S2 – S5, узел типа T – S7, S8. Узлы S7, S8 анализируют соответственно наличие требуемого числа свободных каналов многоканальных узлов S4, S5. Закон поступления заявок – экспоненциальный, законы обслуживания – экспоненциальные. Число типов потоков заявок – 2. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
S0			1						
S1			1						
S2				1					
S3							0,2	0,8	
S4				1					
S5				1					
S6							1		
S7					и				л
S8						и			

ВАРИАНТ № 28. Состав узлов: S0 – S8, в т.ч. источники заявок S0, приемники S6, устройства S3 – S5, узел типа T – S7, S8. Узлы S7, S8 анализируют соответственно наличие требуемого числа свободных каналов многоканальных узлов S4, S5. Закон поступ-

ления заявок – экспоненциальный, законы обслуживания - равномерные. Число типов потоков заявок – 2. Источник генерирует 30% заявок высокого и 70% низкого приоритетов. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S3	S4	S5	S6	S7	S8
S0		1					
S3					0,2	0,8	
S4		1					
S5		1					
S6					1		
S7			и				л
S8				и			

ВАРИАНТ № 29. Состав узлов: S0 – S10, в т.ч. источники заявок S0 – S2, приемник S9, одноканальные устройства S6 – S8, память – S3, узел освобождения памяти S10, узлы типа T – S4, S5. Узлы S4, S5 анализируют соответственно текущую длину очереди и время ожидания к узлам S6, S7. Число типов потоков заявок – 3. Законы поступления заявок – произвольные, законы обслуживания - произвольные. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
S0				1							
S1				1							
S2				1							
S3					1						
S4						л	и				
S5								и	л		
S6											1
S7											1
S8									0,8		0,2
S9										1	
S10										1	

ВАРИАНТ № 30. Состав узлов: S0 – S10, в т.ч. источники заявок S0 – S2, приемник S9, одноканальные устройства S6, S7 и многоканальное S8, память – S3, узел освобождения памяти S10, узлы типа T – S4, S5. Узлы S4, S5 анализируют соответственно текущую длину очереди и время ожидания к узлам S6, S7 для заявок 2, 3 типа. Число типов потоков заявок – 3. Законы поступления заявок – пуассоновские, законы обслуживания - показательные. Матрица вероятностей переходов P

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
S0				1							
S1				1							
S2				1							
S3					1						
S4						л	и				
S5								и	л		
S6											1
S7											1
S8											1
S9										1	
S10										1	

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТА. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТА НА МОДЕЛИ.....	3
1.1. Построение концептуальной модели.....	3
1.2. Построение математической модели.....	3
1.3. Построение имитационной модели на языке моделирования.....	4
1.4. Формирование наборов данных для имитационной модели.....	5
1.5. Анализ длительности моделирования.....	6
1.6. Оценка адекватности имитационной модели.....	6
1.7. Исследование свойств объекта на имитационной модели.....	7
1.8. Анализ характеристик модели.....	8
2. ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТА ОБЪЕКТА.....	9
2.1. Выбор фрагмента объекта.....	9
2.2. Построение математической модели фрагмента объекта.....	9
2.3. Построение и реализация имитационной модели фрагмента объекта.....	9
2.4. Формирование наборов данных.....	10
3. ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТА ОБЪЕКТА НА ЯВУ.....	10
3.1. Построение и реализация имитационной модели фрагмента объекта.....	10
3.2. Исследование адекватности имитационной модели фрагмента объекта.....	11
4. ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФРАГМЕНТА ОБЪЕКТА.....	11
4.1. Выбор фрагмента объекта и реализация его имитационной модели.....	11
4.2. Построение и реализация аналитической модели фрагмента объекта.....	12
4.3. Исследование адекватности аналитической модели.....	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СОСТАВ ОТЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ГРАФ МОДЕЛЕЙ.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПЕРЕЧЕНЬ ЗАДАНИЙ.....	18
СОДЕРЖАНИЕ.....	27

Учебное издание

Составители: Муравьев Геннадий Леонидович
Савицкий Юрий Викторович

Методические указания

к выполнению курсовых работ по дисциплине
“Моделирование систем”

для студентов “АСОИ” 1 – 53 01 02 и “ЭВМиС” 1 – 40 02 01

Ответственный за выпуск: *Г.Л. Муравьев*

Редактор: *Т.В. Строкач*

Компьютерная вёрстка: *Кармаш Е.Л.*

Компьютерный набор: *Г.Л. Муравьев*

Корректор: *Никитчик Е.В.*

Подписано в печать 25.09.2008 г. Формат 60x84^{1/16}.

Бумага “Снегурочка”. Усл. п. л. 1,63. Усл. изд. л. 1,75. Тираж 100 экз. Заказ №951.

Отпечатано на ризографе УО “Брестский государственный технический университет”,
224017, Брест, ул. Московская, 267