

Министерство образования и науки Российской Федерации

Владивостокский государственный университет
экономики и сервиса

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Руководство по выполнению курсовых работ

Владивосток
Издательство ВГУЭС
2006

ББК 65.050.030.1

Руководство по выполнению курсовой работы по дисциплине «Имитационное моделирование экономических процессов» составлено в соответствии с требованиями государственного стандарта России и предусмотрено учебным планом специальности. Содержит организационно-методические указания и рекомендации для выполнения курсовой работы.

Предназначено студентам специальности 351400 «Прикладная информатика в экономике», изучающих ее в качестве дисциплины естественнонаучного цикла.

Автор: Е.В. Кийкова, ст. преподаватель кафедры ИИКГ

© Издательство Владивостокского
государственного университета
экономики и сервиса, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	5
1.1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
1.2. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
1.3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
1.4. ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	8
1.5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ И ИХ ОТЧЕТНОСТИ ПО КУРСОВОЙ РАБОТЕ	8
2. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ	9
2.1. ВЫБОР ЗАДАЧИ И ВАРИАНТА	9
2.2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ИМИТАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ	9
3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	27
3.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	27
3.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	27

ВВЕДЕНИЕ

Имитационное моделирование становится эффективным методом исследования сложных систем со случайным взаимодействием элементов, таких как транспортные потоки, многоступенчатое промышленное производство, распределенные объекты управления. Принцип имитационного моделирования заключается в том, что поведение системы отображают компьютерной моделью взаимодействия ее элементов во времени и пространстве.

Главная ценность имитационного моделирования состоит в том, что в его основу положена методология системного анализа. Она дает возможность исследовать проектируемую или анализируемую систему по технологии операционного исследования, включая такие взаимосвязанные этапы, как содержательная постановка задачи; разработка концептуальной модели; разработка и программная реализация имитационной модели; оценка адекватности модели и точности результатов моделирования; планирование экспериментов; принятие решений. Благодаря этому имитационное моделирование можно применять как универсальный подход для принятия решений в условиях неопределенности и для учета в моделях трудно формализуемых факторов.

Изучение системы с помощью модели позволяет проверить новые решения без вмешательства в работу реальной системы, растянуть или сжать время функционирования системы, понять сложное взаимодействие элементов внутри системы, оценить степень влияния факторов и выявить “узкие места”.

Применение имитационного моделирования целесообразно, если:

- проведение экспериментов с реальной системой невозможно или дорого;
- требуется изучить поведение системы при ускоренном или замедленном времени;
- аналитическое описание поведения сложной системы невозможно;
- поведение системы зависит от случайных воздействий внешней среды;
- требуется выявить реакцию системы на непредвиденные ситуации;
- нужно проверить идеи по созданию или модернизации системы;
- требуется подготовить специалистов по управлению реальной системой.

1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1.1. Цель и задачи курсовой работы

Целью выполнения курсовой работы является углубление знаний по данной дисциплине, развитие способности самостоятельно выполнять анализ эффективности экономических информационных систем методами имитационного моделирования, применять имитационные модели в системах управления экономического назначения.

В ходе выполнения курсовой работы у студента должно формироваться представление о принципах и способах построения имитационных моделей экономических процессов.

В ходе достижения цели решаются следующие задачи:

- ознакомление с основными языками имитационного моделирования систем;
- проведение анализа возможных методов решения поставленной задачи;
- организация экспериментов с моделью;
- обрабатывать результаты моделирования;
- выработка умения самостоятельного решения задач по анализу эффективности экономических информационных систем методами имитационного моделирования;
- изучение современных способов имитационного моделирования сложных экономических информационных систем.

1.2. Требования к выполнению курсовой работы

Для выполнения курсовой работы следует ознакомиться с проведением экспериментов в среде моделирования, изучить операционный анализ систем массового обслуживания (СМО) и применить его для оценки адекватности построенной модели. Необходимо выполнить анализ возможных методов решения поставленной задачи и обосновать свой выбор.

1.3. Объем и содержание курсовой работы

Имитационное исследование оформляется в виде документированного проекта, пояснительная записка которого состоит из следующих структурных элементов:

- титульный лист;
- содержание;
- постановка задачи;
- раздел «Анализ возможных методов решения поставленной задачи»;

- раздел «Разработка концептуальной модели»;
- раздел «Выбор программных средств моделирования»;
- раздел «Разработка структурной схемы имитационной модели и описание ее функционирования»;
- раздел «Оценка адекватности модели»;
- раздел «Организация экспериментов с моделью»;
- выводы и рекомендации относительно применения модели;
- перечень ссылок;
- приложения.

Постановка задачи. Приводится содержательная постановка задачи, определяются цели исследования, внешние воздействия и ограничения, которые накладываются на систему.

Анализ возможных методов решения поставленной задачи

В данном разделе главе анализируются методы решения поставленной задачи, указываются их преимущества и недостатки, дается четкое обоснование выбора метода решения, указываются источники, которым проводится обзор методов решения. Приводятся конкретные причины, по которым задача не может быть решена аналитическими методами.

Разработка концептуальной модели. В данном разделе необходимо:

- определить цели моделирования;
- разработать структурную схему модели;
- описать входные, выходные переменные и параметры модели;
- представить функциональные зависимости, описывающие поведение переменных и параметров;
- описать ограничения на возможные изменения величины;
- выбрать степень детализации представления модели;
- сформулировать целевые функции (критерии эффективности) моделируемой системы.

Выбор программных средств моделирования. При предварительном выборе программных средств необходимо определить:

- существует ли хорошо написанное руководство или инструкция для пользователя;
- обеспечивается ли хорошая диагностика ошибок;
- знакомо ли средство программирования модели.

При кратком описании выбранного средства необходимо указать:

- имеющиеся средства генерации случайных чисел и переменных;
- возможности отладки программной реализации модели;
- организацию сбора статистических данных о работе модели;
- возможности отображения структуры моделируемой системы;
- возможности редактирования модели;
- наличие средств автоматизации создания программ.

Разработка структурной схемы имитационной модели и описания ее функционирования.

Описание имитационной модели. В данном подразделе разрабатывается алгоритм моделирования, приводится схема имитационной модели в терминах алгоритма моделирования или выбранного средства моделирования и описывается программная реализация модели. Приводится таблица определений, содержательное значение всех используемых статических и динамических объектов с описанием их свойств.

Описание программной реализации имитационной модели. В данном подразделе дается описание каждого блока модели с комментариями к ним. Для оценки правильности программной реализации имитационной модели проводится пробный эксперимент (прогон модели с тестовыми данными) с целью проверки правильности функционирования программы. Приводятся данные по тестированию модели.

Оценка адекватности модели. В этом разделе выполняется предварительный расчет ожидаемых от модели результатов с помощью операционного анализа сетей СМО или метода средних величин. Полученные результаты сравниваются с результатами пробного прогона модели. Обосновывается правильность построения модели путем обратных преобразований (программная модель преобразуется в алгоритм моделирования или логическую схему, а затем в концептуальную модель и постановку задачи). Осуществляется подбор тестовых данных для проверки функционирования модели во всем диапазоне исходных данных. Приводятся данные трассировки модели.

Организация экспериментов с моделью.

План экспериментов. Основная цель планирования экспериментов - изучение поведения моделированной системы при наименьших затратах на экспериментирование. Для этого строится план экспериментов. Чаще всего используют такие эксперименты:

- сравнение средних значений и дисперсий разных альтернатив;
- поиск оптимальных значений переменных на некотором множестве возможных значений;
- определение важности учёта или значимости влияния переменных и ограничений, которые накладываются на эти переменные.

Разрабатывается план экспериментов с моделью для достижения поставленной цели. При необходимости используют отсеивающий или оптимизирующий эксперименты. В случае оптимизации числового критерия формулируют гипотезы о выборе наилучших вариантов структур моделируемой системы или режимов ее функционирования, определяют диапазон значений параметров (режимов функционирования) модели, в границах которых осуществляется поиск оптимального решения.

Анализ и оценка результатов. Приводятся результаты компьютерных экспериментов в виде графиков, таблиц, распечаток, а

также даются качественные и количественные оценки результатов моделирования.

Поиск наилучших решений. За один прогон модели невозможно определить наилучшие показатели системы или выбрать ее структуру. Процедура поиска наилучших решений всегда оказывается итерационной и циклической. Если осуществляется поиск оптимальных значений на поверхности отклика, то используют оптимальное планирование экспериментов и численные методы оптимизации. Для выбора наилучшего решения из нескольких альтернатив обычно используют проверки гипотез и выявляют гипотезу победительницу.

Выводы и рекомендации по использованию модели. По полученным результатам формулируются выводы по проведенным исследованиям и определяются рекомендации по использованию модели. Описываются сценарии принятия решений.

Перечень ссылок. В списке литературы необходимо указывать только те источники, на которые есть ссылка в проекте.

Приложения. Приложения содержат тексты программ и другие вспомогательные материалы. Объем приложений не ограничивается

1.4. Техническое и программное обеспечение для выполнения курсовой работы

Для выполнения курсовой работы необходимо наличие персонального компьютера. На персональных компьютерах должно быть установлено следующее программное обеспечение: операционная система Windows 2000 и выше, а также среда моделирования GPSS/W.

1.5. Виды контроля знаний студентов и их отчетности по курсовой работе

Написанная курсовая работа должна быть проверена преподавателем и защищена студентом с учетом высказанных замечаний. Проверка курсовой работы осуществляется поэтапно, согласно промежуточных аттестаций, проводимых в университете. К первой аттестации студент должен представить разработанные блок-схемы, текст программы и план экспериментов. Ко второй аттестации студент представляет отлаженную программу, статистику по всем экспериментам и оценку адекватности модели. К защите студент представляет пояснительную записку оформленную в соответствии с СТП 1.005-2004. Студенты не прошедшие очередной этап аттестации в установленный срок к следующему этапу не допускаются.

2. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

2.1. Выбор задачи и варианта

Руководство к курсовой работе содержит 17 задач из [2]. К каждой задаче имеется 4 варианта. Для выбора задачи и варианта студенты дневной формы обучения обращаются к преподавателю. Студенты заочной и дистанционной формы обучения самостоятельно рассчитывают свой номер задания и номер варианта по следующему алгоритму:

1. **Для выбора номера задания** необходимо взять две последние цифры вашей зачётной книжки поделить на 17, взять остаток от деления и прибавить 1. *Например: две последние цифры – 37, делим нацело на 17, целая часть от деления – 2, остаток от деления – 3 ($2 \cdot 17 + 3$), прибавляем 1 получаем 4. Ваше задание – 4.*
2. **Для выбора варианта** необходимо взять две последние цифры вашей зачётной книжки поделить на 4, взять остаток от деления и прибавить 1. *Например: две последние цифры – 37, делим нацело на 4, целая часть от деления – 9, остаток от деления – 1 ($9 \cdot 4 + 1$), прибавляем 1 получаем 2. Ваш вариант – 2.*

2.2. Задания для имитационных проектов

Задание 1

Контейнеры с керамическими изделиями поступают в цех обжига (входной поток пуассоновский с параметром λ). Каждый контейнер содержит партию из 100 изделий, которые требуют одинакового времени обжига. Время обжига – равномерно распределенная величина в интервале $A \pm B$. В цехе находится печь, в которую одновременно загружают три контейнера. Время обжига соответствует наибольшему из времен, необходимых для обжига изделий из этих трех контейнеров. Прибыль от обжига каждого изделия составляет S_1 единиц стоимости. Один час работы печи требует S_2 единиц стоимости (учитывается только «чистое» время работы печи).

Сравните экономическую эффективность следующих дисциплин обслуживания:

- A. Контейнеры загружаются в печь по три по принципу FIFO. Для поддержки функционирования очереди необходимо S_3 единиц стоимости в час.
- B. Контейнеры разделяются на две очереди: очередь с большим временем обжига и очередь с меньшим временем обжига изделий в печи. В печь загружаются по три контейнера из каждой очереди выбор осуществляется по принципу FIFO. Для поддержки этих двух очередей необходимо $k_1 \cdot S_3$ единиц стоимости.
- C. Контейнеры разделяются на три очереди: с «большим»,

«средним» и «меньшим» временем обжига изделий в печи. В печь загружаются по три контейнера из каждой очереди, выбор осуществляется по принципу FIFO. Для поддержки функционирования этих трех очередей необходимо $k_2 \cdot S_3$ единиц стоимости.

Оценить интервалы значений k_1 и k_2 при которых дисциплины В и С становятся невыгодными.

Варианты заданий приведены в табл. 1.

Таблица 1- Варианты к заданию 1

Параметр	Варианты			
	1	2	3	4
L	1/30	1/20	1/50	1/40
A±B	30±10	20±8	50±15	40±10
S1	3	5	7	6
S2	15	20	25	23
S3	10	11	12	13

Задание 2

Роботизированная производственная система имеет два станка с числовым программным управлением, три робота, пункт прибытия и склад обработанных деталей. Детали прибывают на пункт прибытия в соответствии с экспоненциальным законом распределения со средним значением T_0 секунд, захватываются одним из свободных роботов и перемещаются к первому станку, после чего робот освобождается. После завершения обработки на первом станке деталь захватывается одним из роботов и перемещается на второй станок, а после обработки на втором станке одним из роботов перемещается на склад обработанных деталей.

Время перемещения робота между пунктом прибытия и первым станком, первым и вторым станками, вторым станком и складам составляет T_1 , T_2 , T_3 секунд, соответственно, независимо от того, «холостой» это ход или нет. Роботу необходимо время $T_4 \pm T_5$ секунд на захват или освобождение деталей. Время обработки на первом станке распределено по нормальному закону со средним значением T_6 секунд и имеет стандартное отклонение T_7 секунд. Время обработки на втором станке имеет экспоненциальный закон распределения со средним

значением T_8 секунд.

Определить наилучший (с точки зрения повышения пропускной способности производственной системы) способ закрепления роботов за операциями. Возможные варианты закрепления:

- по одному роботу на каждый из трех путей перемещения деталей (пункт прибытия - первый станок, первый станок - второй станок, второй станок - склад);
- каждый робот может использоваться на каждом из путей перемещения деталей (при этом должен использоваться ближайший из роботов).

Найти:

- распределение времени прохождения деталей;
- коэффициенты использования роботов и станков;
- максимальную емкость бункера для хранения деталей на участке прибытия.

Варианты заданий приведены в табл. 2.

Таблица 2- Варианты к заданию 2

Вариант	Параметры								
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	40	6	7	5	8	1	60	10	100
2	60	8	9	7	10	2	80	15	140
3	70	10	15	20	15	3	140	20	180
4	50	7	8	6	9	1,5	70	12	120

Задание 3

На сборочный участок цеха через экспоненциально распределенные интервалы времени со средним значением T_1 минут поступают партии, каждая из которых состоит из n деталей. Равновероятно детали проходят одну из предварительных обработок (ПО):

- ПО1 на протяжении экспоненциально распределенного интервала времени со средним значением T_2 минут;
- ПО2 на протяжении T_3 минут (равномерное распределение).

В результате обработки возможно появление k процентов бракованных деталей, которые не поступают на дальнейшую сборку, а снова направляются на соответствующую предварительную обработку. На сборку поступает одна деталь, которая прошла ПО1, и одна деталь, прошедшая ПО2. Процесс сборки занимает T_4 минут. В каждый момент

времени может происходить сборка только одного изделия (состоящего из двух деталей). Потом собранное изделие поступает на регулировку, которая длится T5 минут. В каждый момент времени может проводиться регулировка только одного изделия.

Прибыль от производства одного изделия составляет S1 единиц стоимости. Если деталь изделия, которая прошла ПО1, находилась в цеху более T минут, стоимость изделия уменьшается вдвое.

Уменьшение уровня брака до значения $(k - r)$ требует $r \cdot S2$ единиц стоимости на каждую деталь $(r < k)$. Уменьшение средней продолжительности операций сборки и регулировки на m минут требует дополнительного вложения $m \cdot S3$ единиц стоимости на одно изделие. Длительность этих операций может изменяться независимо, при этом минимально возможная длительность операций сборки и регулировки составляет 3 минуты.

Определить, при каких уровнях снижения брака r и длительности операций сборки и регулировки достигается максимальная экономическая эффективность.

Варианты заданий приведены в табл. 3.

Таблица 3- Варианты к заданию 3

Вариант	Параметры										
	n	T1	T2	T3	T4	T5	k	S1	S2	S3	T
1	2	11	8	7±2	6±1	5±1	10	80	3	8	40
2	3	21	10	9±3	15±1,5	7±1,5	12	95	3	8	50
3	2	30	12	8±2	5,5±2	8±2	15	100	4	10	60
4	3	25	11	10±2	6±2	8±1	15	98	4	9	55

Задание 4.

В цех на участок обработки поступают партии деталей по три в каждой. Интервалы между приходом партий - случайные величины, равномерно распределенные в интервале $A \pm B$ минут. Первичная обработка деталей происходит на одном из двух типов станков. Деталь поступает на обработку на станок с меньшей очередью. Станок первого типа обрабатывает деталь за T1 минут и допускает $k1$ процентов брака, второго типа - соответственно, T2 минут и $k2$ процентов брака. Все бракованные детали возвращаются на повторную обработку на свой станок. Детали, которые были забракованы дважды, считаются отходами и отправляются на утилизацию.

После первичной обработки детали поступают в накопитель, а из него - на вторичную обработку, которую проводят два параллельно работающих станка за время, распределенное по экспоненциальному закону со средним T_3 минут на одну деталь каждый. Причем второй станок подключается к работе, только если в накопителе находится более трех деталей. Затраты на содержание станков первого и второго типов составляют, соответственно, S_1 и S_2 единиц стоимости в час, независимо от того, используется станок или нет. Цена реализации готовой детали составляет S_3 единиц стоимости, а стоимость покупки необработанной детали - S_4 единиц стоимости.

Есть возможность повысить качество первичной обработки деталей. Уменьшение уровня брака в работе станков на r процентов требует дополнительных затрат $r \cdot S_5$ единиц стоимости на каждую деталь. Действия по повышению эффективности качества первичной обработки могут проводиться для обоих типов станков независимо друг от друга.

Определить, сколько станков первого и второго типов необходимо иметь и в каком объеме проводить мероприятия по повышению качества первичной обработки, чтобы достичь максимума прибыли за единицу времени.

Варианты заданий приведены в табл. 4.

Таблица 4- Варианты к заданию 4

Задание 5.

На регулировочный участок цеха через случайные интервалы времени поступают по два агрегата через каждые T_1 минут. Первичная регулировка проводится для двух агрегатов одновременно и занимает T_2 минут. Если в момент поступления агрегатов операция регулировки занята, агрегаты на первичную регулировку не принимаются и поступают в промежуточный накопитель, в котором ждут дальнейшей обработки. Агрегаты, которые прошли первичную регулировку, поступают попарно на вторичную регулировку, которая выполняется за T_3 минут (в результате получаем агрегаты первого сорта). Агрегаты, не прошедшие первичную регулировку, с промежуточного накопителя поступают по одному на частичную регулировку (время регулировки - T_4 минут для каждого агрегата), В результате получают агрегаты второго сорта. Величины T_2 , T_3 и T_4 заданы в табл. 5 своими средними значениями. Они распределены по экспоненциальному закону распределения.

Прибыль от реализации одного агрегата первого сорта составляет S_1 единиц стоимости, второго сорта - S_2 единиц стоимости. Уменьшение на одну минуту средней длительности первичной, вторичной и частичной регулировок требует, соответственно, дополнительных затрат - S_3 , S_4 , S_5 единиц стоимости на каждую

деталь. Изменение длительности регулировок можно выполнять независимо друг от друга.

Определить наиболее выгодную с точки зрения экономической эффективности длительность первичной, вторичной и частичной регулировок.

Варианты заданий приведены в табл. 5.

Таблица 5- Варианты к заданию 5

Вариант	Параметры								
	T1	T2	T3	T4	S1	S2	S3	S4	S5
1	30±10	30	60	50	300	200	5	3	8
2	40±8	40	80	60	500	220	7	4	7
3	45±10	45	90	65	600	300	8	3	9
4	35±8	35	70	55	450	210	6	4	6

Задание 6

На участке термической обработки выполняют цементирование и закалку шестерен, поступающих через каждые T1 минут. Цементирование занимает T2 минут, а закалка — T3 минут. Качество шестерни определяется суммарным временем ее обработки без учета времени ожидания. Шестерни со временем обработки более T4 минут (первый сорт) покидают участок, со временем обработки от T5 до T4 минут (второй сорт) передаются на повторную закалку, а со временем обработки менее T5 минут (третий сорт) повторно проходят полную обработку и остаются того же сорта. Стоимость шестерен первого, второго и третьего сортов равна S3, S4 и S5 единиц стоимости, соответственно.

Увеличение на k процентов ($0 < k < 50$) среднего времени цементирования требует $k \cdot S1$ единиц стоимости для каждой шестерни. Увеличение на q процентов ($0 \leq q \leq 50$) среднего времени закалки требует $q \cdot S2$ единиц стоимости для каждой шестерни. Эти изменения могут производиться независимо друг от друга.

Определить характеристики операций цементирования и закалки, при которых достигается максимум суммарной стоимости шестерен, выпускающихся за единицу времени.

Варианты заданий приведены в табл. 6.

Таблица 6- Варианты к заданию 6

Вариант	Параметры									
	T1	T2	T3	T	T			S	S	S
				4	5	S1	S2	3	4	5
1	15±5	10±5	10±5	25	18	0,01	0,03	2	8	5
2	20±8	15±7	20±10	35	25	0,02	0,03	3	12	7
3	40±9	30±10	30±12	70	55	0,03	0,01	4	16	10
4	35±9	25±8	30±10	65	58	0,02	0,02	3	18	11

Задание 7

В механическом цеху есть M станков. Каждый из них может выйти из строя. Неисправности станков делятся на три типа. Неисправности i -го типа представляют собой пуассоновский поток с параметром λ_i минут⁻¹.

В цеху есть две категории мастеров-ремонтников. Функции распределения времени их работы по устранению неисправностей равномерные (табл. 7).

Час работы станка дает прибыль $S1$ единиц стоимости; заработная плата ремонтника - $S2$ единиц стоимости в час для первой категории и $S3$ единиц стоимости для второй.

Определить состав бригады ремонтников, при котором суммарная прибыль достигает максимума.

Варианты заданий приведены в табл. 7 и 7.1.

Таблица 7- Варианты к заданию 7

Категория мастера	Время работы на устранение неисправности j					
	Варианты 1 и 2			Варианты 3 и 4		
	$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=1$	$j=2$	$j=3$
1	16±4	18±4		26±4	22±5	15±5
2	10±3	15±6	19±5	17±4	14±2	

Таблица 7.1- Варианты к заданию 7

Вариант Т	Параметры						
	М	λ_1	λ_2	λ_3	S1	S2	S3
1	50	1/100	1/200	1/300	7000	30	80
2	30	1/200	1/150	1/200	8000	50	35
3	40	1/300	1/200	1/300	6000	45	65
4	45	1/250	1/180	1/250	7000	60	40

Задание 8

В сборочном цеху на изделия монтируются агрегаты двух типов. Предполагается, что на входе цеха имеется такое количество агрегатов, которое является достаточным для бесперебойной работы цеха.

Агрегаты первого типа поступают на операцию ОП1 проверки параметров агрегатов с длительностью T_1 минут. Агрегаты второго типа поступают на операцию ОП2 проверки параметров с длительностью T_2 минут. Монтирование агрегатов на изделия может начаться только при наличии двух агрегатов первого типа и одного агрегата второго типа и после монтирования предыдущего изделия. Монтирование двух агрегатов первого типа занимает T_3 и T_4 минут, соответственно, монтирование агрегата второго типа занимает T_5 минут. Операции монтирования производятся параллельно. Длительность каждой из операций зависит от числа задействованных на ней рабочих.

Прибыль от реализации каждого смонтированного изделия составляет S_1 единиц стоимости. На участке может быть задействовано не более N работников. Заработная плата одного работника составляет S_2 единиц стоимости в час.

Определить необходимое количество работников и их распределение между операциями, при которых достигается максимальная экономическая эффективность работы цеха (прибыль за единицу времени).

Варианты заданий приведены в табл. 8.

Таблица 8- Варианты к заданию 8

Параметры	Количество работников	Варианты			
		1	2	3	4
T_1	1	30±11	88±20	70±20	90±15

	2	22±8	60±18	55±10	70±11
	3	18±5	50±15	45±11	55±10
T2	1	20±10	50±12	45±10	60±10
	2	18±8	40±11	40±8	45±6
	3	15±5	35±9	30±7	40±8
T3	1	20±8	50±15	40±14	45±10
	2	13±6	35±8	30±5	38±5
	3	8±3	25±7	20±7	22±7
T4	1	25±9	45±13	40±12	50±12
	2	17±6	30±10	25±7	33±6
	3	12±4	20±7	18±6	19±6
T5	1	27±10	42±15	40±10	45±10
	2	18±7	20±10	18±9	25±9
	3	10±3	15±6	15±4	20±4
N		11	14	13	15
S1		500	1000	800	1100
S2		50	80	40	90

Задание 9

Служба заказа такси имеет N_1 каналов для одновременного приема заказов по телефону. Интервалы времени между попытками вызова такси распределены по закону Эрланга второго порядка со средним T_1 секунд. Абонент затрачивает T_2 секунд на набор номера. Если он

застает все каналы заказа занятыми или после соединения выясняет, что очередь на обслуживание превышает N заказов (в таком случае заказы не принимаются), то через $T3$ секунд он повторяет набор. После K попыток абонент прекращает набор. Служба заказа имеет в своем распоряжении $N2$ машин для обслуживания пассажиров. Время, затраченное для проезда к клиенту, зависит от расстояния. Распределение расстояния приведено в табл. 9. Стоимость проезда к клиенту недоплачивается. Скорость движения машины равномерно распределена в интервале $V1 \pm V2$ километров в час (табл. 9.1). Время обслуживания клиента равномерно распределено в интервале $T4 \pm T5$ минут. Стоимость предварительно заказа составляет $S1$ рублей, стоимость проезда 1 км равна $S2$ копеек табл. 9.1

Найти оценку интервала времени выполнения заказа (время от момента заказа такси до момента доставки клиента на место). Считая, что операторы-телефонисты и водители такси взаимозаменяемы, перераспределить их между участками работы так, чтобы минимизировать время выполнения заказов (штат службы не должен превышать $N1 + N2$ человек).

Определить такое количество операторов на телефонах и водителей такси, при которых прибыль службы за сутки работы (суточная заработная плата каждого из работников составляет $S3$ рублей) будет максимальной.

Таблица 9- Варианты к заданию 9

Расстояние, км	5	8	9	11	12	20
Вероятность	0,10	0,20	0,25	0,17	0,23	0,05

Таблица 9.1 - Варианты к заданию 9

Параметр	Варианты			
	1	2	3	4
$N1$	5	4	3	4
$N2$	10	8	9	10
$T1$	180	150	190	170
$T2$	30	25	35	20

T3	60	50	70	40
t4±t5	40±10	45±15	40±20	35±15
K	10	12	8	9
V1±V2	40±5	43±7	45±5	50±8
S1	2	3	2,5	4
S2	50	60	70	70
S3	10	14	16	15
N	2	1	3	2

Задание 10

В сборочном цеху из агрегатов двух типов монтируются готовые изделия. Агрегаты первого (второго) типа поступают в цех через интервалы времени, распределенные нормально с математическим ожиданием m_1 (m_2) минут и среднеквадратическим отклонением σ_1 (σ_2) минут (табл. 10).

Агрегаты первого типа поступают на операцию настройки ОН1 с длительностью операции T1 минут. Агрегаты второго типа поступают на операцию настройки ОН2 с длительностью T2 минут. Монтирование агрегатов для получения готового изделия может начаться только при наличии одного агрегата первого типа и двух агрегатов второго типа и только после монтирования предыдущего изделия. Монтирование агрегата первого типа занимает T3 минут, двух агрегатов второго типа – T4 и T5 минут, соответственно. Операции монтирования производятся параллельно. Длительность каждой операции зависит от количества задействованных на ней рабочих.

На участке может быть задействовано не более N рабочих. Заработная плата одного рабочего составляет Z единиц стоимости за 1 час. Стоимость хранения одного агрегата каждого типа в цеху на протяжении 1 часа составляет S единиц стоимости.

Определить наилучшее с экономической точки зрения распределение рабочих между операциями.

Варианты заданий приведены в табл. 10.

Таблица 10 - Варианты к заданию 10

	Параметры
--	-----------

Вариант	m_1, σ_1	m_2, σ_2	N	Z	S	Кол-во рабочих	T1	T2	T3	T4	T5
1	30,5	18,3	15	10	0,5	1	50±1 5	35±1 2	20±8	25±9	27± 10
						2	29±1 0	17±8	13±6	17±6	18± 7
						3	20±8	12±5	8±5	12±4	10± 3
2	75,10	51,6	14	30	0,6	1	95±2 0	80±1 5	50±1 5	45±1 3	42± 15
						2	70±1 8	50±1 1	35±8	30±1 0	20± 10
						3	45±1 5	35±9	25±7	20±7	15± 6
3	80,12	56,7	13	40	0,8	1	90±1 8	70±1 5	55±1 2	40±1 1	35± 10
						2	75±1 5	55±1 0	30±7	25±9	22± 8
						3	50±1 2	30±6	20±6	18±5	16± 5
4	60,10	50,8	15	50	0,7	1	95±1 8	75±1 5	60±1 5	40±1 1	40± 10
						2	65±1 5	50±1 0	38±1 0	27±9	30± 7
						3	45±1 2	35±6	25±7	18±6	22± 5

Задание 11

На участок поступают пуассоновские потоки узлов двух типов с параметрами $\lambda_1 \text{ мин}^{-1}$ и $\lambda_2 \text{ мин}^{-1}$ для первого и второго, соответственно (табл. 11).

Первая операция - операция предварительной подгонки - начинается в том случае, если в наличии есть по одному узлу каждого типа и завершена подгонка предыдущих узлов. Длительность этой

операции T_1 минут. Далее с вероятностью p_1 над узлом первого типа и p_2 над узлом второго типа производится операция доводки, которая длится T_2 и T_3 минут, соответственно. После этого узлы поступают на операцию сборки, которая начинается после поступления узлов обоих типов, которые ранее были взаимно подогнаны. Сборка длится T_4 минут.

Длительность каждой операции зависит от количества задействованных на ней рабочих. Всего на участке может быть задействовано не более N рабочих.

Прибыль от реализации одного готового изделия составляет S_1 единиц стоимости, но, если после завершения подгонки узлов до момента их сборки проходит более T минут, прибыль от реализации изделия уменьшается вдвое. Заработная плата каждого рабочего - S_2 единиц стоимости в час.

Определить такое количество занятых в производстве рабочих и их распределение между операциями, которое бы обеспечило максимальную экономическую эффективность производства.

Варианты заданий приведены в табл. 11.

Таблица 11 - Варианты к заданию 11

Параметры	Количество рабочих	Вариант			
		1	2	3	4
λ_1		1/20	1/40	1/30	1/25
λ_2		1/20	1/40	1/30	1/25
T_1	1	20±10	55±12	40±15	50±10
	2	15±5	37±10	29±11	30±8
	3	12±4	30±8	22±8	20±6
T_2	2	18±5	40±10	40±10	30±11
	3	10±3	18±5	25±7	20±6
T_3	1	20±8	25±6	28±9	30±5
	2	12±6	20±6	20±8	18±4

T_4	1	20±7	48±12	40±10	45±10
	2	18±6	35±8	30±7	35±7
	3	15±5	29±6	20±5	25±5
	4	10±4	18±5	16±4	15±3
ρ_1		0,75	0,70	0,65	0,55
ρ_2		0,90	0,55	0,85	0,65

Продолжение табл. 11

Параметры	Количество рабочих	Вариант			
		1	2	3	4
S_1		400	600	560	650
S_2		75	90	50	60
N		9	11	10	12
T		20	35	30	35

Задание 12

Детали, необходимые для работы цеха, находятся на цеховом и центральном складах. На цеховом складе может храниться до n комплектов деталей, потребность в которых возникает через $A \pm B$ минут и составляет один комплект. В случае понижения уровня до k комплектов на протяжении C минут формируется запрос на пополнение запасов цехового склада до полного объема в n комплектов. Запрос посылают на центральный склад, где на протяжении $D \pm E$ минут комплектуются детали и через $F \pm G$ минут доставляются в цех.

Следующий запрос на пополнение запасов может подаваться только после выполнения предыдущего.

Хранение одного комплекта на цеховом складе требует S_1 единиц стоимости за единицу времени. Штраф за задержку поставки комплекта составляет S_2 единиц стоимости за единицу времени.

Определить, при каких значениях n и k достигается максимальная

экономическая эффективность работы склада.

Варианты заданий приведены в табл. 12.

Таблица 12 - Варианты к заданию 12

Вариант	Параметры										
	<i>n</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>k</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>S1</i>	<i>S2</i>
1	20	60	10	3	60	80	20	70	10	10	150
2	35	100	20	4	90	110	50	120	30	15	300
3	25	50	10	2	40	30	20	80	35	20	200
4	30	70	15	3	40	30	20	80	35	20	200

Задание 13

Частный магазин покупает партию из *N* единиц товара по оптовой цене *S* единиц стоимости. Деньги на приобретение товара владелец магазина берет в кредит. Процентная ставка за кредит составляет *k* процентов от суммы непогашенного кредита в день (табл. 13).

Поток покупателей, проходящих в магазин, - пуассоновский с параметром λ мин⁻¹.

Вероятность того, что покупатель не будет покупать товар и сразу уйдет из магазина, зависит от длины очереди и розничной цены товара:

$$P_{\text{уход}} = 1 - p_1 * p_2, \quad (1)$$

где

p1 - вероятность того, что длина очереди «устраивает» покупателя,

p2 - вероятность того, что он купит товар по установленной розничной цене.

Время обслуживания покупателя в магазине - равномерно распределенная случайная величина в интервале $A \pm B$ мин.

Определить наиболее выгодную розничную цену продажи товара в магазине с учетом платы за кредит.

Примечание. Считать, что после продажи единицы товара величина кредита уменьшается на отпускную цену проданного товара (если долг еще существует). Это приводит к тому, что величина кредита и выплата процентов по нему уменьшаются.

Варианты заданий приведены в табл. 13.

Таблица 13 - Варианты к заданию 13

Параметры	Варианты
-----------	----------

параметры	1	2	3	4
N	600	1000	2000	1500
S	1000	500	1500	800
$k, \%$	1	2	3	2
λ	0,05	0,033	0,04	0,08
$p1$ - очередь до 3 человек	0,55	0,67	0,62	0,6
4 - 6 человек	0,2	0,15	0,2	0,2
7 - 10 человек	0,15	0,1	0,13	0,12
Свыше 11 человек	0,1	0,08	0,05	0,08
$p2$ - цена до 1,5 S	0,67	0,65	0,6	0,68
1,5S - 2S	0,14	0,2	0,2	0,15
2S - 3S	0,11	0,1	0,1	0,1
3S - 4S	0,08	0,05	0,1	0,07
A	20	30	25	12
B	4	5	4	3

Задание 14

Поток требований на получение книг в библиотеке - пуассоновский с интенсивностью n требований в час. Требования принимает один библиотекарь. Прием требований занимает интервал времени, распределенный по экспоненциальному закону со средним временем t_1 минут. С вероятностью p_1 , приходят требования на научную литературу, с вероятностью p_2 - на художественную литературу, с вероятностью p_3 - на периодические издания. Соответственно типу запросы направляются в отделы научной, художественной литературы и периодических

изданий. В этих отделах работают, соответственно, k_1 , k_2 и k_3 человек. Время поиска книги составляет $t_2 \pm t_3$, минут в научном и художественном отделах, а время поиска литературы в отделе периодических изданий – $t_4 \pm t_5$ минут. Потом заказанная литература приходит в отдел выдачи литературы, где работает k_4 библиотекарей. Заказы на периодические издания имеют больший приоритет, нежели на научную и художественную литературу, а заказы на художественную и научную – одинаковый приоритет. Время выдачи литературы распределено равномерно в интервале $t_6 - t_7$ минут.

Найти оценку среднего времени выполнения заказа.

Определить количество библиотекарей в каждом отделе, при котором среднее время выполнения требований было бы минимальным, учитывая, что общее количество библиотекарей не должно превышать L человек.

Варианты заданий приведены в табл. 14.

Таблица 14 - Варианты к заданию 14

Параметры	Варианты			
	1	2	3	4
n	20	25	15	15
p_1	0,3	0,25	0,2	0,4
p_2	0,5	0,45	0,45	0,3
p_3	0,2	0,3	0,25	0,3
k_1	2	3	3	3
k_2	3	2	3	2
k_3	2	2	3	2
k_4	1	2	1	1
t_1	1,1	1	1,3	1,3
$t_2 \pm t_3$	20 ± 5	25 ± 10	35 ± 5	30 ± 5

$t_4 \pm t_5$	15 ± 5	20 ± 5	28 ± 10	25 ± 10
t_6	1	1,5	0,8	0,9
t_7	3	3	2,5	3,2
L	12	14	20	17

Задание 15

На маршруте работают два микроавтобуса (А и Б), каждый из которых имеет n мест. Микроавтобус А пользуется большей популярностью, нежели микроавтобус Б поскольку водитель микроавтобуса А ездит аккуратнее и быстрее. Поэтому пассажир, подойдя к остановке, садится в микроавтобус Б только в том случае, если микроавтобуса А нет.

Микроавтобус отправляется на маршрут только в том случае, если все места в нем заняты. Пассажиры приходят к остановке через $t_1 \pm t_2$ минут и, если нет микроавтобусов, становятся в очередь. Если очередь больше L человек, потенциальный пассажир уходит из очереди. Предполагается, что все пассажиры едут до конца маршрута. На прохождение маршрута микроавтобус А тратит $t_3 \pm t_4$ минут, микроавтобус Б - $t_5 \pm t_6$ минут. После того, как пассажиры освободят микроавтобус (время освобождения – $t_7 \pm t_8$ минут), он едет в обратном направлении. Плата за проезд составляет S единиц стоимости. Автопредприятие столько же теряет (недополучает), если пассажир, придя на остановку, не ждет, а уходит (учесть это при определении затрат).

Найти оценку времени ожидания в очереди и времени, которое тратит пассажир на поездку.

Определить, при каком n (n не более 25) время ожидания в очереди будет минимальным. Для этого значения n определить выручку автопредприятия за день, если микроавтобусы работают 10 часов в сутки.

Варианты заданий приведены в табл.15.

Таблица 15 - Варианты к заданию 15

Параметры	Варианты			
	1	2	3	4
n	10	12	15	16

$t1 \pm t2$	$0,5 \pm 0,2$	$1 \pm 0,2$	$0,8 \pm 0,3$	$0,6 \pm 0,2$
$t3 \pm t3$	20 ± 5	25 ± 6	30 ± 5	22 ± 5
$t5 \pm t6$	30 ± 5	30 ± 10	35 ± 5	28 ± 5
$t7 \pm t8$	2 ± 1	4 ± 1	3 ± 2	3 ± 1
L	30	35	45	30
S	2	1	1,5	2,5

Задание 16

Поток самолетов, требующих посадки в аэропорту, - пуассоновский с интенсивностью λ , самолетов в час. В аэропорту есть n посадочных полос. Самолет, совершив посадку на полосу, освобождает ее через $t1$ минут. Если самолет, требующий посадки, застаёт все полосы занятыми, то он становится в «очередь» самолетов, ожидающих посадки. Через $t2 \pm t3$ минут после затребования посадки самолет нуждается в дозаправке, что обходится аэропорту в $S1 \pm S2$ ед. стоимости. После $t4$ минут безуспешного ожидания самолет отправляется на посадку в другой аэропорт. За каждый самолет, совершивший посадку без ожидания, аэропорт получает прибыль $S3$ ед. стоимости. За каждый самолет, севший после ожидания, - $S4 \pm S5$ ед. стоимости. Эксплуатация одной посадочной полосы обходится в $S6$ ед. стоимости в месяц.

Определить количество n посадочных полос, при котором достигается максимальная экономическая эффективность. Варианты заданий приведены в табл. 16.

Таблица 16 - Варианты к заданию 16

Параметры	Варианты			
	1	2	3	4
λ	10	15	20	25
n	2	4	4	3
$t1$	35	70	90	50

$t2 \pm t3$	70 ± 10	80 ± 15	60 ± 5	100 ± 10
$S1 \pm S2$	1000 ± 200	1200 ± 250	1300 ± 100	1100 ± 300
$t4$	140	120	150	100
$S3$	2000	2500	2200	2400
$S4 \pm S5$	1500 ± 100	1200 ± 200	1300 ± 100	1400 ± 150
$S6$	3000000	5000000	4000000	6000000

Задание 17

Фирма «Happy New Year», работающая по системе «сегодня на сегодня», имеет в своем штате N актеров, играющих роль Деда Мороза, и M актрис, играющих роль Снегурочки. Время прихода заказов распределено по закону Эрланга третьего порядка со средним временем $T1$ минут. Характеристики заказов приведены в табл. 17.

Таблица 17 - Варианты к заданию 17

Вид поздравления	Вероятность прихода заказа на поздравление	Время выполнения заказа (поздравления), минут	Стоимость поздравления
С Дедом Морозом	$p1$	$t1 \pm t4$	$s1$
Со Снегурочкой	$p2$	$t2 \pm t5$	$s2$
С Дедом Морозом и Снегурочкой	$p3$	$t3 \pm t6$	$s3$

При заказе поздравления клиент указывает желаемый срок выполнения T_2 (минут). Если поздравление выполняется позже заявленного срока, то клиенту предоставляется 20% скидка от начальной стоимости поздравления.

Заработная плата актера составляет z рублей в месяц. В начале своей работы фирма делает одноразовые затраты (костюмы, реквизит, лицензия, литературные тексты и прочее) на сумму S единиц стоимости. Фирма работает только один месяц в году (считать, что в другое время она не несет никаких затрат).

Найти оценку периода окупаемости T (в годах) фирмы по формуле

$$T=S/P, \quad (2)$$

где

P - прибыль, полученная за один год работы.

Определить величины N и M , при которых время окупаемости фирмы и соответствующее среднее время ожидания клиентом выполнения заказа будет минимальным. Если возможно снижение цен на услуги, то до какого уровня?

Варианты заданий приведены в табл. 17.1.

Таблица 17.1 - Варианты к заданию 17

Параметры	Варианты			
	1	2	3	4
N	5	6	4	5
M	3	5	3	4
p_1	0,5	0,4	0,3	0,25
p_2	0,2	0,5	0,4	0,25
p_3	0,3	0,1	0,3	0,5
T_1	25	20	30	35
T_2	160 ± 10	200 ± 20	180 ± 20	175 ± 15
$t_1 \pm t_4$	60 ± 15	65 ± 20	70 ± 10	70 ± 20

t2±t5	50±11	48±12	50±14	55±15
t3±t6	90±12	100±14	110±15	80±10
s1	50	45	55	50
s2	33	35	40	60
s3	90	100	110	100
S	15000	14000	16000	13000
z	300	350	400	400

3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

3.1. Основная литература

1. А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума Имитационное моделирование экономических процессов/ Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002. -368 с.
2. Томашевский В.Н., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. –М.: Бестселлер, 2003. –412 с.
3. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Учебник для ВУЗов. - М.: Высшая школа, 2001.-344 с.
4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Практикум: Учеб. пособие. - М.: Высшая школа, 1999.-224 с.

3.2. Дополнительная литература

5. Армстронг Дж. Р. Моделирование цифровых систем. - М.: Мир, 1992.- 174 с.
6. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. - М.: Мир, 1989.- 540 с.
7. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. - М.: Наука, 1978.- 400 с.
8. Варфоломеев В.И. Алгоритмическое моделирование элементов экономических систем. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 208 с.
9. Гульгяев А.К. Имитационное моделирование в среде Windos. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 400 с.
10. Емельянов А.А. Имитационное моделирование в управлении рисками. СПб.: Инжэкон, 2000. – 376 с.
11. Математическое моделирование: Методы, описания и исследования сложных систем / Под ред. А.А. Самарского. - М.: Наука, 1989.- 128 с.
12. Марков А.А. Моделирование информационно-вычислительных процессов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999.-360 с.
13. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. – СПб.: КОРОНА принт; М.: Альтекс-А, 2004. – 384 с.
14. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - Искусство и наука. - М.: Мир, 1978.- 418 с.
15. Шрайбер Т.Дж. Моделирование на GPSS. - М.: Машиностроение, 1980.- 592 с.

Кийкова Елена Валерьевна

**«ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**

**Руководство по выполнению курсовых работ
(ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ "ПРИКЛАДНАЯ
ИНФОРМАТИКА (В ЭКОНОМИКЕ)")**

Редактор
Корректор
Компьютерная верстка

Лицензия на издательскую деятельность

Подписано в печать Формат 60×84 1/16.
Бумага типографская. Печать офсетная. Усл. печ. л.
Тираж экз. Заказ

Издательство Владивостокского государственного университета
экономики и сервиса
690600, Владивосток, ул. Гоголя, 41
Отпечатано в лаборатории множительной техники ВГУЭиС
690600, Владивосток, ул. Державина, 57