

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)
Кафедра автоматизации обработки информации

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Методические указания к лабораторным работам и организации
самостоятельной работы
для студентов направления
«Бизнес-информатика»
(уровень бакалавриата)

Салмина Нина Юрьевна

Имитационное моделирование: Методические указания к лабораторным работам и организации самостоятельной работы для студентов направления «Бизнес-информатика» (уровень бакалавриата) / Н.Ю. Салмина. – Томск, 2018. – 58 с.

© Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники,
2018

© Салмина Н.Ю., 2018

Оглавление

1 Введение.....	4
2 Методические указания к проведению лабораторных работ.....	5
2.1 Лабораторная работа «Моделирование работы стохастической системы»	5
2.2 Лабораторная работа «Моделирование работы многоканальной системы»	13
2.3 Лабораторная работа «Оценивание характеристик исследуемой системы»	20
2.4 Лабораторная работа «Определение эффективного режима работы системы с разнотипными заявками»	26
2.5 Лабораторная работа «Моделирование сети систем обслуживания»	34
2.6 Лабораторная работа «Моделирование стохастической системы на GPSS»	43
3 Методические указания для организации самостоятельной работы	53
3.1 Общие положения	53
3.2 Проработка лекционного материала	53
3.3 Самостоятельное изучение тем теоретической части курса	55
3.3.1 Проверка качества генераторов последовательностей случайных чисел	55
3.3.2 Системное время. Управляющие блоки GPSS	56
3.3.3 Внутренняя организация GPSS	57
4 Рекомендуемая литература	58

1 Введение

Цель проведения лабораторных работ и самостоятельной работы – ознакомление студентов с основными этапами построения моделей на ЭВМ, вопросами статистического моделирования; формирование у студентов способности использования математического аппарата для обработки, анализа и систематизации статистической информации; получение навыков по разработке и исследованию моделей с помощью одного из языков моделирования – GPSS.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по следующим разделам высшей математики: теория вероятностей и математическая статистика, дискретная математика.

Изучение данной части дисциплины включает в себя: теоретический раздел (изучение теоретического материала); практический раздел (выполнение лабораторных и контрольных работ); итоговый контроль результата изучения дисциплины. Данное пособие содержит в себе методические указания и варианты заданий для лабораторных работ, вопросы по организации самостоятельной работы.

2 Методические указания к проведению лабораторных работ

2.1 Лабораторная работа «Моделирование работы стохастической системы»

Цель работы

Целью данной работы является изучение методов моделирования стохастических процессов и систем, а также получение навыков анализа результатов моделирования.

Рекомендации по подготовке к работе

Сущность метода статистического моделирования сводится к построению для процесса функционирования исследуемой системы некоторого моделирующего алгоритма с использованием метода Монте-Карло. Данный алгоритм имитирует поведение и взаимодействие элементов системы с учетом случайных входных воздействий и воздействий внешней среды.

В каждом варианте задания описана работа некоторой стохастической системы, а также указаны те характеристики системы, оценку которых необходимо получить в процессе моделирования.

Для моделирования непрерывных случайных величин с заданными законами распределения можете использовать любой из известных методов. Для моделирования наступления случайных событий пользуйтесь методами, предлагаемыми в статистическом моделировании [1].

Рекомендации: для генерации случайных величин с экспоненциальным законом распределения удобнее использовать метод нелинейных преобразований; случайные величины с Пуассоновским законом распределения можно генерировать с помощью соответствующего неуниверсального метода.

Помните, что, если время между наступлением событий распределено экспоненциально, то количество событий, наступающих в единицу времени, подчиняется Пуассоновскому закону распределения. Какой закон использовать в вашем случае, зависит от построения алгоритма.

Для программной реализации можно использовать любой алгоритмический язык. Из встроенных датчиков случайных чисел пользоваться можно только датчиками равномерно распределенных случайных чисел на интервале от 0 до 1. При необходимости генерации равномерно распределенных случайных чисел на другом интервале масштабируйте базовую последовательность на заданный интервал.

Порядок проведения работы

- 1) Построить моделирующий алгоритм для оценки требуемых параметров исследуемой системы;
- 2) Разработать программу и провести моделирование работы системы с определением требуемых параметров;
- 3) Программа должна иметь возможность устанавливать и изменять количество повторных реализаций моделируемого процесса, так как от этого зависит точность получаемых оценок искомых характеристик.

Варианты заданий

Вариант 1.

Техническое устройство состоит из двух узлов: Y_1 и Y_2 . Исправная работа узла Y_1 безусловно необходима для работы устройства; узел Y_2 предназначен для поддержания нормального режима работы Y_1 . Время безотказной работы узлов распределено по экспоненциальному закону и равно в среднем 40 и 60 минут соответственно. Имеется 2 запасных узла Y_1 . При выходе из строя Y_1 техническое устройство останавливается на 3 ± 1 минуты, после чего Y_1 заменяется и работа устройства возобновляется. Если вышел из строя Y_2 , то закон распределения Y_1 меняется: оно работает в среднем 20 минут. Время работы устройств распределено по экспоненциальному закону.

Определить вероятность того, что по истечении двух часов устройство будет находиться в рабочем состоянии.

Вариант 2.

Логика работы устройства обнаружения цели заключается в следующем: если сигнал превышает порог при двух последовательных локациях – цель обнаружена; в противном случае – цель потеряна. Состояния системы: S_0 – исходное, в это состояние из S_1 и S_0 система переходит с вероятностью 0.4; S_1 – состояние, соответствующее однократному превышению порога, в это состояние из S_0 и из этого состояния в очередное S_2 система переходит с вероятностью 0.6; S_2 – состояние, соответствующее двукратному превышению порога, из данного состояния система может переходить в S_1 с вероятностью 0.6 и в S_3 с вероятностью 0.4; S_3 – состояние, соответствующее однократному не превышению

порога после обнаружения цели. Если после очередной локации сигнал превышает порог, система возвращается из S_3 в S_2 с вероятностью 0.6, в противном случае – в S_0 с вероятностью 0.4. Определить оценку вероятности обнаружения цели за один час, если интервал смены состояний равен 10 минут.

Вариант 3.

При передаче информации системой передачи данных, вследствие действия помех в канале связи, в блоке информации могут возникнуть одиночные, двойные и тройные ошибки, причем при обнаружении двойных и тройных ошибок требуется повторить передачу блока информации. При обнаружении одиночной ошибки на приемном конце в среднем в течение одной секунды производится ее коррекция. Время передачи блока информации равно в среднем 5 секунд. Время коррекции и передачи информации подчинено экспоненциальному закону распределения.

Оценить для 1000 передаваемых блоков информации затраты времени на коррекцию ошибок и повторную передачу информации, если известно, что вероятности возникновения ошибок равны, соответственно, $P(0) = 0.95$; $P(1) = 0.025$; $P(2) = 0.015$; $P(3) = 0.01$.

Вариант 4.

Рассматривается процесс обработки детали на токарном станке. Вероятность появления брака при обработке равна 0.1. В начале работы проверка подвергается каждая третья деталь. Если число бракованных деталей достигает 20, то в дальнейшем проверка подвергается каждая деталь, обработанная на станке. Если в этом случае число бракованных деталей достигнет 10, то работу на станке прекращают. Поток поступления деталей на обработку подчинен закону Пуассона с интенсивностью 2 детали в минуту.

Определить среднее время наработки станка до остановки.

Вариант 5.

Время между последовательными прибытиями покупателей в магазин равномерно распределяется на интервале от 1 до 20 минут. Для 50% покупателей время обслуживания составляет 8 минут, в то время как для остальных 50% это время составляет 14 минут. Оценить суммарное время ожидания покупателей (простоя в очереди) и время простоя системы обслуживания за 4 часа работы.

Вариант 6.

На складе, обслуживающем три сборочных цеха, нормативный запас комплектующих деталей составляет 10 тысяч комплектов. В начале работы со склада в каждый из цехов одновременно поступает по 100 комплектов деталей. Время использования каждым цехом одного комплекта является случайной величиной с экспоненциальным законом распределения с параметром 20 комплектов в сутки. После израсходования цехом комплектующих деталей на склад поступает заявка на новую партию деталей, которая удовлетворяется по мере возможности.

Оценить интервал времени, на который может хватить нормативного запаса деталей на складе, если известно, что страховой запас деталей на складе равен 200 комплектам.

Вариант 7.

Система может находиться в состояниях S_1, S_2, S_3 . Переход из одного состояния в другое происходит по схеме однородной цепи Маркова. Матрица вероятностей переходов имеет вид:

$$P = \begin{array}{|c|c|c|} \hline & 0.5 & 0.3 & 0.2 \\ \hline 0.5 & & 0 & 0.5 \\ \hline 0.3 & 0.25 & & 0.45 \\ \hline \end{array}$$

Время между переходами системы из одного состояния в другое в среднем равно 2 секунды и распределено по экспоненциальному закону.

Оценить вероятность нахождения системы в каждом из состояний через 10 минут после начала работы, если первоначально система находится в состоянии S_1 .

Вариант 8.

Рассматривается процесс обслуживания на бензозаправочной станции, состоящей из одной бензоколонки. Моменты появления автомобилей на станции образуют случайный поток заявок, интервалы между которыми имеют плотность распределения $f(t) = 4 \cdot \exp(-4 \cdot t)$.

Время обслуживания каждой машины имеет экспоненциальный закон распределения с параметром 3 автомобиля в час. Рассматривается работа станции в течение 30 суток.

Оценить число обслуженных и отказанных автомобилей, если автомашина, заставшая бензоколонку занятой, немедленно покидает ее.

Вариант 9.

Система передачи данных работает в режиме, называемом нормальным, до появления сбоев в трех сообщениях подряд. В этом случае система переходит в режим аварии, в котором остается до тех пор, пока очередное сообщение не будет принято правильно. После этого система возвращается в нормальный режим. Вероятность сбоя в очередном сообщении равна 0.1, вероятность безошибочного приема – 0.9. За состояния системы принять: S_0 – нет сбоев; S_1 – сбой в одном сообщении; S_2 – сбой в двух сообщениях подряд и т.д. Оценить вероятность нахождения системы в следующих состояниях: нормальном, аварийном, S_0 , S_1 , S_2 , S_3 .

Время работы системы – 10 часов; время передачи информации распределено равномерно на интервале от 3 до 7 минут; количество реализаций – 100.

Вариант 10.

Время между последовательными прибытиями покупателей в магазине равномерно распределяется на интервале от 2 до 18 минут. Для 30% покупателей время обслуживания составляет 5 минут, для других 30% – 12 минут и для остальных 40% это время составляет 16 минут.

Оценить суммарное время ожидания покупателей и время простоя системы обслуживания за 8 часов работы.

Вариант 11.

При передаче информации системой передачи данных, вследствие действия помех в канале связи, в блоке информации могут возникнуть одиночные, двойные и более ошибки. Для передачи информации из пункта А в пункт В используется промежуточный пункт Х. при обнаружении двух и более ошибок в пунктах Х или В требуется повторить передачу блока информации из предыдущего пункта. При обнаружении одиночной ошибки на приемном конце в среднем в течение одной секунды производится ее коррекция. Время передачи блока информации распределено равномерно и равно в среднем 5 ± 2 секунды из пункта А в пункт Х и 6 ± 2 секунды из пункта Х в пункт В. Время коррекции информации подчинено экспоненциальному закону распределения.

Оценить для 1000 передаваемых блоков информации затраты времени на передачу информации, если известно, что вероятности возникновения ошибок равны, соответственно, $P(0) = 0.95$; $P(1) = 0.03$; $P(2 \text{ и более}) = 0.02$.

Вариант 12.

Техническое устройство состоит из двух узлов: Y_1 и Y_2 . Исправная работа узла Y_1 безусловно необходима для работы устройства; узел Y_2 предназначен для поддержания нормального режима работы Y_1 . Время безотказной работы узлов распределено по экспоненциальному закону и равно в среднем 30 и 60 минут соответственно. Имеется 3 запасных узла Y_1 . При выходе из строя Y_1 техническое устройство останавливается на 3 ± 1 минуты, после чего Y_1 заменяется и работа устройства возобновляется. Если вышел из строя Y_2 , то закон распределения Y_1 меняется: оно работает в среднем 15 минут. Время работы устройств распределено по экспоненциальному закону.

Оценить среднее время, которое устройство будет проводить в работающем состоянии.

Вариант 13.

Процесс производства одной из деталей состоит в следующем: заготовки из печи, где они нагреваются до определенной температуры, транспортируются к месту обработки. Время транспортировки - случайная величина, имеющая экспоненциальный закон распределения со средним значением 5 минут. Время обработки – случайная величина с равномерным законом распределения на интервале от 2 до 6 минут. Если суммарное время транспортировки и обработки превышает 14 минут, то деталь бракуется.

Определить среднее число годных и бракованных деталей за смену (8 часов).

Вариант 14.

В цех в случайные моменты времени, отделяемые друг от друга интервалами t , имеющими распределение $f(t) = a \cdot \exp(-a \cdot t)$ с параметром $a = 3$ партии в час, поступают очередные партии комплектующих изделий. Конкретный размер партии деталей определяется, исходя из того, что поставки ведутся партиями, содержащими обычно 1000, 1200 и 1400 деталей, причем известно, что $P(1000) = 0.3$, $P(1200) = 0.6$, $P(1400) = 0.1$.

В цехе три сборочные линии, которые обслуживаются различными бригадами. Вероятности того, что вновь поступившая партия деталей попадет в i -ую бригаду, следующие: $P(1) = 0.3$, $P(2) = 0.5$,

$P(3) = 0.2$. Оценить число деталей, получаемых каждой бригадой за смену (8 часов).

Вариант 15.

Начальник пожарной бригады обнаружил, что число пожаров за сутки следует распределению Пуассона со средним значением 4 пожара в сутки. Изучив данные по прежним пожарам, он нашел, что в 70% случаев для тушения потребовалась только одна пожарная машина, а время, необходимое для ликвидации пожара, имеет нормальное распределение с $m=2.5$ часа и $\sigma=0.5$ часа. В остальных 30% случаев нужны были две пожарные машины, а время для ликвидации этих пожаров распределено нормально с $m=3.5$ часа и $\sigma=1$ час.

Предполагая, что необходимые пожарные машины всегда находятся под рукой, определите, сколько часов в среднем они бывают нужны каждые сутки.

Вариант 16.

В систему управления в случайные моменты времени, интервалы между которыми имеют равномерный закон распределения на интервале $[1,5]$ минут, поступают сообщения о неблагоприятном ходе управляемого процесса. По каждому из сообщений система может принять одно из пяти управляющих воздействий U_1, U_2, U_3, U_4 и U_5 . Причем известно, что вероятности выбора решений равны, соответственно, $P(U_1) = 0.15$, $P(U_2) = 0.2$, $P(U_3) = 0.22$, $P(U_4) = 0.18$, $P(U_5) = 0.25$. Потери внутри объекта управления, вызванные задержкой в выдаче управляющего воздействия равны, соответственно, 200, 280, 290, 220 и 300 рублей.

Оценить потери внутри объекта управления за 8 часов работы, вызванные задержками в выдаче управляющих воздействий.

Вариант 17.

Психолог в службе «Телефон доверия» ведет разговор с клиентами. Время между поступлениями звонков на разговор подчиняется равномерному закону распределения на интервале 20 ± 5 минут. Длительность разговора подчиняется экспоненциальному закону распределения и равно в среднем для 40% случаев 15 минутам, а для 60% случаев – 25 минутам. Известно, что клиент, услышавший «занято», бросает трубку.

Оценить, какой процент клиентов получает обслуживание, если служба работает с 16 до 24 часов.

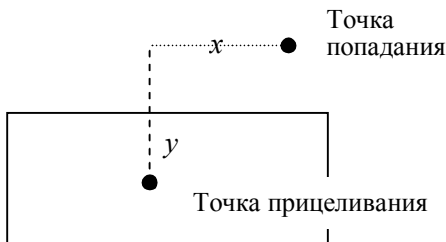
Вариант 18.

Т.А.Шанс живет в Лас-Вегасе. Ежедневно перед работой он заходит в соседний ресторан и играет в «тройку». В этой игре игрок подбрасывает многократно монету до тех пор, пока разность между числом выпавших «гербов» и «решек» не станет равна трем. За каждый бросок монеты игрок платит один доллар, но при удачном исходе конца игры он получает 8 долларов. Каждое утро Т.А.Шанс откладывает 10 долларов для этой игры и играет в нее до тех пор, пока либо не проиграет все деньги, отложенные на игру, либо не завершит одну партию.

Оценить вероятность того, будет ли Шанс в выигрыше за неделю в 5 рабочих дней.

Вариант 19.

Промоделировать поведение истребителя-бомбардировщика, посланного атаковать промышленное предприятие ракетами. Размеры предприятия 150×60 м. Точка прицеливания – геометрический центр цели. Точка попадания определяется по отклонениям x и y :



Для расстояния, с которого запускаются ракеты, оба отклонения независимы, нормально распределены относительно точки прицеливания с $m = 0$, $\sigma_x = 60$ м, $\sigma_y = 30$ м. Бомбардировщик при каждом заходе выпускает 6 ракет.

Оценить среднее число попаданий при каждой атаке.

Вариант 20.

Пьяница вышел на улицу подышать свежим воздухом и прогуляться. На каждом перекрестке он может с равной вероятностью пойти на Юг, Север, Восток или Запад. Оценить вероятность того, что, пройдя десять кварталов, он окажется не дальше двух кварталов от своего дома.

2.2 Лабораторная работа «Моделирование работы многоканальной системы»

Цель работы

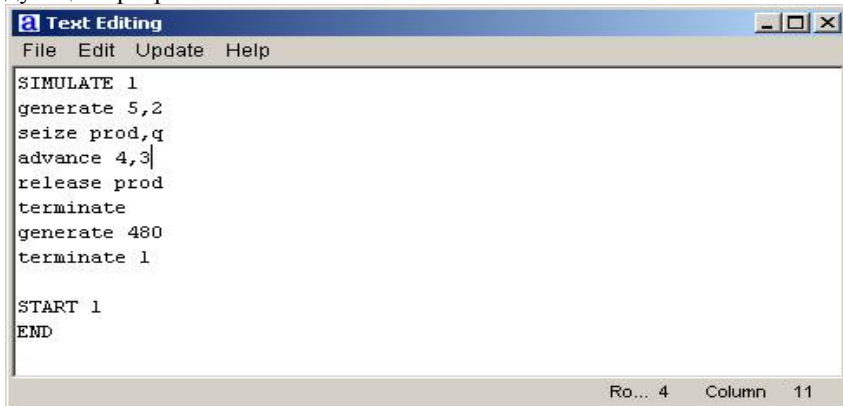
Целью данной работы является получение первичных навыков работы на языке моделирования GPSS на примере моделирования многоканальных устройств: изучение среды моделирования и анализа результатов моделирования в среде aGPSS.

Рекомендации по подготовке к работе

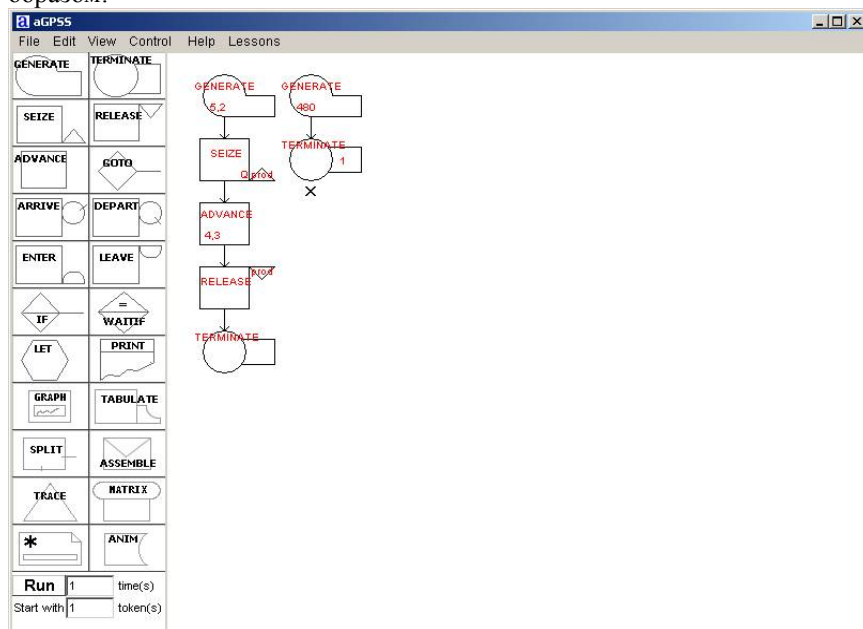
Для моделирования в среде aGPSS первоначально необходимо создать новый файл с текстом программы на GPSS (при запуске программы по умолчанию новый файл предлагается создавать в окне Block diagram). Для работы в текстовом редакторе выберите пункт меню Edit/Text editing, у вас откроется окно для создания текста программы:



После написания программы вы должны отобразить его в виде блочной диаграммы через пункт меню Update/ Block diagram. Например, следующая программа



после преобразования в блочную диаграмму будет выглядеть следующим образом:



Запускать программу на выполнение можно **ТОЛЬКО** путем нажатия кнопки «RUN», после того как будет построена блочная диаграмма.

После прогона модели откроется окно Results, в котором приводится информация о результатах моделирования: текст программы (Program list); статистика по блокам – наличие транзактов в каждом блоке всего и на момент завершения моделирования (Block statistics), информация об объектах языка, имитирующих оборудование (Stations); статистика по очередям (Queue/AD).

В данной лабораторной работе вы должны построить модель работы системы, описанной в вашем варианте и провести исследования с целью ответа на вопрос: какое требуется минимальное количество каналов обслуживания для обеспечения заданных условий функционирования системы.

Для моделирования пуассоновского потока событий или для описания времени обслуживания с экспоненциальным законом распределения используйте встроенную функцию XPDIS.

Если по условию задачи вам необходимо добиться полного отсутствия очереди, то ни один транзакт не должен задерживаться в очереди!

Это означает, что вся статистика по данной очереди (кроме Total entries и Zero entries) должна быть нулевой!

Анализируйте получаемую статистику. В случае необходимости дополнительные расчеты можно проводить на обычном калькуляторе.

Совет. Из постановки задачи следует, что вам придется рассматривать варианты с различным количеством оборудования. Для моделирования оборудования вместо устройства используйте сразу память. В таком случае для изменения условий вам достаточно будет менять емкость памяти. Если же вы первоначально будете использовать устройство, то при увеличении числа каналов необходимо будет менять блоки работы с устройством на блоки работы с памятью.

Порядок проведения работы

- 1) Построить на GPSS модель системы, описанной в вашем варианте.
- 2) Провести моделирование для случая одного, двух, трех и более единиц оборудования и определить минимально необходимое количество каналов.
- 3) Требуемое число каналов определяется для каждого варианта в зависимости от поставленных условий.

Варианты заданий

Вариант 1.

Поток автомобилей, проходящих через подземный туннель и терпящих в этот момент аварию или ломающихся, является пуассоновским со значением среднего, равным 1 день. Для предотвращения образования пробок при туннеле оборудуются ремонтные гаражи. Ремонт одного автомобиля занимает $(2+1.5)$ дня. Смоделировать работу туннеля за год и определить необходимое количество ремонтных гаражей с учетом того, что ни один автомобиль, потерпевший аварию, не должен оставаться в туннеле.

Вариант 2.

Самолеты прибывают в аэропорт с интервалами в (25 ± 10) минут. Время вылета самолетов из аэропорта распределено равномерно в интервале (30 ± 15) минут. Время занятия взлетно-посадочной полосы зависит от типа самолета и подчиняется экспоненциальному закону со средним при посадке – 15 минут, при взлете – 25 минут. Определить необходимое количество взлетно-посадочных полос при условии отсутствия очереди. Моделирование провести в течение суток.

Вариант 3.

Психолог в службе «Телефон доверия» ведет разговор с клиентами в течение (25 ± 15) минут. Считается, что запросы на разговор поступают через каждые (15 ± 5) минут. Клиент, услышавший «занято», бросает трубку. Определить необходимое количество психологов, если требуется, чтобы доступ к разговору получали не менее 90% клиентов. смоделировать работу службы в течение недели, если время работы ее ежедневно с 20 ч 00 мин до 24 ч 00 мин.

Вариант 4.

Поступление пациентов в больницу имеет пуассоновское распределение. При этом существует два типа больных: тяжелобольные, со средним временем поступления два дня и легкобольные, со средним временем поступления 0.5 дня. Время обслуживания пациентов равно, соответственно, (15 ± 5) дней и (5 ± 3) дня. Определить необходимое количество коек в больнице, если пациенты должны получать место в больнице без ожидания. Смоделировать работу больницы в течение полугода.

Вариант 5.

Рабочие приходят в кладовую через каждые (100 ± 50) секунд для получения необходимых деталей и инструмента. Время, затрачиваемое одним кладовщиком на поиск требуемой детали, характеризуется экспоненциальным законом распределения со средним 280 секунд. выполнить моделирование на интервале 8 часов. Определить оптимальное количество кладовщиков, если требуется, чтобы каждый рабочий в среднем простаивал в очереди не более 2 минут.

Вариант 6.

Поток автомобилей, подъезжающих к мойке, является пуассоновским со значением среднего интервала, равным 10 минут. Время мойки распределено экспоненциально со значением среднего, равным 20 минут. На стоянке возле моечной станции могут расположиться три машины. Если клиенты подъезжают и не застают свободного места для ожидания, они уезжают. Промоделировать работу моечной в течение восьмичасового рабочего дня. Определить необходимое количество мест для мытья автомобилей, если требуется, чтобы обслуживание получали не менее 90% автомобилей.

Вариант 7.

В почтовое отделение поступает пуассоновский поток клиентов со средним временем появления 5 минут. Первоначально клиенты осматри-

ваются, заполняют бланки, на что затрачивается в среднем $(5+5)$ минут. Время обслуживания клиентов составляет $(10+5)$ минут. Смоделировать работу отделения за четыре часа непрерывной работы и найти оптимальное количество почтовых служащих, если требуется, чтобы клиенты в среднем проводили в почтовом отделении не более 25 минут.

Вариант 8.

В парикмахерскую могут приходиться клиенты двух типов. Клиенты первого типа желают только стричься, распределение интервалов их прихода составляет (35 ± 10) минут. Клиенты второго типа желают подстричься и побриться. Распределение интервалов их прихода (40 ± 20) минут. Парикмахер тратит на стрижку (25 ± 10) минут, а на бритье (10 ± 2) минуты. Выполнить моделирование работы парикмахерской в течение восьми часов. Определить оптимальное количество парикмахеров, если требуется, чтобы в очереди скапливалось не более 2 человек.

Вариант 9.

В магазин самообслуживания покупатели заходят каждые $(3+1)$ минут. Время, затрачиваемое покупателями на отбор товаров, подчиняется экспоненциальному закону и равно в среднем за 12 минут. Кассир обслуживает клиентов за $(5+2)$ минуты. Выполнить моделирование работы магазина в течение восьмичасового рабочего дня. Определить оптимальное количество кассиров, если требуется, чтобы покупатели простаивали в очереди в среднем не более 5 минут.

Вариант 10.

Диспетчер управляет внутривозовским транспортом. Заявки на перевозку поступают к диспетчеру каждые (20 ± 15) минут. Диспетчер передает заявку на выполнение водителю грузовика, на что тратит (3 ± 1) минут. Грузовик выполняет заявку на перевозку за (40 ± 10) минут. Смоделировать работу системы в течение 10 часов. Определить необходимое количество грузовиков, если требуется, чтобы с момента поступления заявки до момента ее выполнения проходило в среднем не более 50 минут.

Вариант 11.

На станцию автообслуживания приезжают автомобили для заправки бензином или для мойки. Распределение интервалов прихода автомобилей первого типа (15 ± 5) минут, второго типа – (40 ± 20) минут. На заправку автомобиля работник затрачивает (10 ± 5) минут, а на мойку – (25 ± 10) минут. Выполнить моделирование работы станции за 9 часов и опреде-

лечь оптимальное количество работников, если: и мойку и заправку могут выполнять одни и те же работники; необходимо, чтобы в очереди скапливалось не более 2 машин.

Вариант 12

В справочную телефонную сеть города вызовы в дневное время суток поступают в среднем каждые 20 секунд, время поступления вызовов подчиняется экспоненциальному закону. Обслуживание абонентов оператором длится (40 ± 20) секунд. Смоделировать работу справочной службы в течение 10 часов. Определить необходимое количество операторов, если требуется, чтобы с первого раза дозванивались не менее 85 % клиентов.

Вариант 13

В почтовое отделение по приему/выдаче переводов приходят клиенты двух типов. Клиенты первого типа желают послать денежный перевод. Распределение интервалов их прихода (20 ± 10) минут. Время, затрачиваемое на оформление перевода – (10 ± 2) минуты. Клиенты второго типа желают получить перевод. Время их прихода и обслуживания равно, соответственно, (10 ± 5) и (12 ± 3) минуты. Смоделировать работу отделения с 8 ч 00 мин до 14 ч 00 мин. Определить оптимальное количество почтовых служащих, если требуется, чтобы в почтовом отделении не скапливалось более 5 человек.

Вариант 14

Читатели приходят в библиотеку в среднем каждые 3 минуты. Первоначально они проводят поиск необходимых книг в каталоге, на что затрачивают $(8+7)$ минут. Библиотекарь обслуживает читателя в среднем 3 минуты. Время прихода и время обслуживания подчиняется экспоненциальному закону. Требуется, чтобы клиенты ожидали в очереди в среднем не более 5 минут. Промоделировать работу библиотеки в течение 5 часов и определить необходимое количество работников.

Вариант 15

Больные приходят в поликлинику в среднем каждые 5 минут и обращаются в регистратуру за талоном к врачу или за карточкой. Регистратор обслуживает посетителя в среднем в течение (3 ± 1) минуты. После регистратуры больной направляется к врачу. Врач осматривает больного и назначает лечение, на что затрачивает в среднем 12 минут. Время прихода больных и время работы врача подчиняются экспоненциальному

закону распределения. Определить оптимальное количество врачей, если необходимо, чтобы больные ожидали приема не более 6 минут. Промоделировать работу поликлиники в течение 8 часов.

Вариант 16

В железнодорожную кассу пассажиры приходят каждые $(10+5)$ минут. Первоначально они изучают расписание движения поездов, либо обращаются в справочную службу, на что затрачивают $(6+5)$ минут. Время обслуживания клиентов кассиром распределено равномерно на интервале $(12+6)$ минут. Требуется, чтобы в кассы очередь не превышала 5 человек. Определить оптимальное количество кассиров, промоделировав работу касс в течение 10 часов.

Вариант 17

После первичной термообработки в печи детали поступают в цех доводки, в котором проходят два этапа обработки. Время поступления деталей распределено равномерно на интервале $(5+1)$ минуты. Время обработки деталей на первом этапе равно $(7+2)$ минуты, на втором этапе – $(12+4)$ минуты. Определить необходимое количество рабочих на первом и на втором этапах, если необходимо, чтобы любая подошедшая деталь сразу же бралась на обработку (не должно скапливаться очередей). Промоделировать работу цеха в течение 8-часового рабочего дня.

Вариант 18

В студенческий вычислительный зал заходят студенты-пользователи, желающие провести расчеты на ЭВМ. Поток пользователей является пуассоновским со значением среднего, равным 10 минут. Время, необходимое для решения задач, включая выводы результатов на печать, характеризуются интервалом $(18+6)$ минут. Не допускается, чтобы более пяти пользователей ожидали своей очереди. Смоделировать процесс обслуживания ста пользователей. Определить необходимое количество машин с тем, чтобы обслуживание получали все приходящие студенты.

Вариант 19

В вычислительную машину, работающую в системе управления технологическим процессом, через каждые $(3+1)$ секунды поступает информация от датчиков и измерительных устройств. До обработки на ЭВМ информационные сообщения, длина которых 8 байт, накапливаются в буферной памяти объемом 64 байта. Продолжительность обработки всего накопленного пакета сообщений на ЭВМ имеет экспоненциальный

характер со средним 15 секунд. Смоделировать процесс работы системы на четыре часа, определить коэффициент загрузки ЭВМ.

Вариант 20

Вычислительная система состоит из нескольких ЭВМ. С интенсивностью три прихода в одну минуту в систему поступает пуассоновский входной поток заданий, которые адресуются одной из свободных ЭВМ. После обработки задания на одной из ЭВМ оно считается выполненным. Продолжительность обработки заданий на одной ЭВМ характеризуется интервалом времени (4+1) минуты. Смоделировать процесс обработки 200 заданий. Определить необходимое количество ЭВМ, если необходима машина.

2.3 Лабораторная работа «Оценивание характеристик исследуемой системы»

Цель работы

Целью данной работы является изучение различных типов функций языка GPSS, а также получение навыков вычисления требуемых характеристик исследуемой системы.

Рекомендации по подготовке к работе

Рассматривается некоторая стохастическая система.

Известны следующие характеристики системы: время прихода и время обработки заявок. Временные характеристики подчиняются различным законам распределения. Если закон распределения не является равномерным или экспоненциальным, то для его представления необходимо описать собственную функцию.

Для описания функции необходимо выбрать меню Control/Functions. В открывшемся окне нажмите кнопку New, укажите имя создаваемой функции и выберите XY function. В окне XY function в поле X-values from укажите любой датчик случайных чисел, например, RN1. Укажите, что функция дискретна (кнопка Discrete). После этого описывайте точки в полях X и Y, добавляя их кнопкой Add. После того, как функция будет описана, нажмите кнопку OK и закройте окно Functions. Теперь можете использовать описанную функцию в блоках GENERATE или ADVANCE.

Если вы хотите визуально посмотреть изменение программы после каких-то действий HE в текстовом редакторе (например, добавили функ-

цию), выберите пункт меню Edit/Text editing – текст программы в окне Text editing обновится.

В каждом варианте задания определена характеристика системы, которую необходимо рассчитать.

Для проведения необходимых расчетов в модели можно использовать переменные, ячейки и стандартные числовые атрибуты языка GPSS.

Если для проведения расчетов недостаточно существующих стандартных числовых атрибутов (временные характеристики), вы можете выбрать из отчета требуемую информацию и провести дополнительные вычисления с помощью обычного калькулятора. Для минимизации расчетов можно также воспользоваться таблицами (TABLE или QTABLE). Одной из статистик, выдаваемых в отчете по таблицам QTABLE, является общее время, проводимое всеми транзактами в очереди (Total time).

Чтобы получить указанную характеристику сначала вставьте блоки работы со статистическими очередями на том участке, где эту статистику необходимо собрать (ARRIVE + DEPART). После этого опишите таблицу. Для этого зайдите в пункт меню Control/Queue tables. Используйте кнопку Add для создания новой таблицы – укажите имя создаваемой таблицы. После этого укажите параметры таблицы в правой части окна Queue tables и нажмите кнопку Set. Теперь после прогона модели вы можете посмотреть статистику по созданной таблице в окне Results/Tables.

Порядок проведения работы

1. Согласно варианту задания описать необходимую функцию времени поступления/обслуживания заявок.

2. Провести моделирование работы системы в течение заданного модельного времени. Если время моделирования не задано, оно выбирается самостоятельно таким образом, чтобы получить удовлетворительную статистику.

3. Определить требуемую характеристику системы.

Варианты заданий

Вариант 1

Время между последовательными прибытиями покупателей в магазин равномерно распределяется на интервале от 1 до 20 минут. Для 50% покупателей время обслуживания составляет 8 минут, в то время как для остальных 50% это время составляет 14 минут. Определить суммарное время ожидания покупателей (общее время простоя в очереди) за 4 часа работы магазина.

Вариант 2

Детали с конвейера поступают на обработку в среднем каждые 4 ± 2 минуты. Для обработки деталей используется один станок, причем время обработки зависит от типа детали и подчиняется следующему закону:

Вероятность	0.1	0.3	0.3	0.3
Время обработки	4	1	2	3

Определить вероятность простоя станка за 6 часов работы.

Вариант 3

Время между приходом больных в поликлинику подчиняется следующему закону:

Вероятность	0.2	0.35	0.17	0.28
Время между приходом больных	3	4	5	6

Прием ведут два терапевта, очередь общая. Время обслуживания одного больного подчиняется экспоненциальному закону и равно в среднем 4 минуты.

Определить суммарное время занятости обоих врачей за 4 часа приема.

Вариант 4

Время между последовательными прибытиями покупателей в магазине равномерно распределяется на интервале от 2 до 18 минут. Для 30% покупателей время обслуживания составляет 5 минут, для других 30% – 12 минут и для остальных 40% это время составляет 16 минут.

Определить суммарное время простоя системы обслуживания за 8 часов работы.

Вариант 5

В почтовое отделение поступает пуассоновский поток клиентов со средним временем появления 5 минут. Первоначально клиенты осматриваются, заполняют бланки, время осмотра подчиняется следующему закону:

Вероятность	0.2	0.35	0.17	0.28
Время осмотра	4	6	2	3

Время обслуживания клиентов составляет (10 ± 5) минут. Смоделировать работу отделения за четыре часа непрерывной работы, если работает 3 почтовых служащих. Определить общее время нахождения всех посетителей в почтовом отделении.

Вариант 6

Психолог в службе «Телефон доверия» ведет разговор с клиентами. Время между поступлениями звонков на разговор подчиняется равномерному закону распределения на интервале 20 ± 5 минут. Длительность разговора равно в среднем для 40% случаев 15 минутам, а для 60% случаев – 25 минутам. Известно, что клиент, услышавший «занято», бросает трубку.

Оценить, какой процент клиентов получает обслуживание, если служба работает с 16 до 24 часов.

Вариант 7

В цех в случайные моменты времени, отделяемые друг от друга интервалами, имеющими экспоненциальное распределение со средним значением 3 партии в час, поступают очередные партии комплектующих изделий. Конкретный размер партии деталей определяется, исходя из того, что поставки ведутся партиями, содержащими обычно 1000, 1200 и 1400 деталей, причем известно, что $P(1000) = 0.3$, $P(1200) = 0.6$, $P(1400) = 0.1$.

В цехе три сборочные линии. Время сборки зависит от размера партии Q и равно $Q \cdot 2$ секунд. Определить общее время, затрачиваемое на сборку всеми линиями за смену (8 часов).

Вариант 8

В кассы кинотеатра приходят посетители в среднем каждые 4 ± 2.5 минуты. Сначала посетители осматриваются (читают афиши, выбирают сеанс и т.п.), время осмотра составляет в среднем 5 ± 4 минуты. Работают две кассы, время обслуживания подчиняется следующему закону:

Вероятность	0.2	0.35	0.17	0.28
Время обслуживания	5	6	3	4

Определить общее время, затраченное кассирами на обслуживание клиентов за 8 часов работы касс.

Вариант 9

Процесс производства одной из деталей состоит в следующем: каждые 2 ± 1 минуты из печи выходят заготовки. Далее заготовки транспортируются к месту обработки по конвейеру. Время транспортировки - случайная величина, имеющая экспоненциальный закон распределения со средним значением 5 минут. С конвейера заготовки поступают на обработку к двум рабочим. Время обработки – случайная величина: для 30% деталей время обслуживания составляет 5 минут, для других 30% – 2 минуты и для остальных 40% это время составляет 1 минуту.

Определить общее время занятости рабочих за смену (8 часов).

Вариант 10

Больные приходят в поликлинику в среднем каждые 5 минут (экспоненциальный закон распределения) и обращаются в регистратуру за талоном к врачу или за карточкой. Регистратор обслуживает посетителя в среднем в течение (3 ± 1) минуты. После регистратуры больной направляется к врачу. Врач осматривает больного и назначает лечение, время обслуживания подчиняется следующему закону:

Вероятность	0.3	0.1	0.25	0.35
Время обслуживания	2	3	4	5

Определить общее время, проводимое всеми больными в очередях за 8 часов работы поликлиники.

Вариант 11

После первичной термообработки в печи детали поступают в цех доводки, в котором проходят два этапа обработки. Время поступления деталей распределено равномерно на интервале (5 ± 1) минуты. Время обработки деталей на первом этапе равно (4 ± 2.5) минуты. На втором этапе время обработки подчиняется следующему закону:

Вероятность	0.2	0.1	0.15	0.25	0.3
Время обработки	2.5	3	4.5	7	5

Определить суммарное время, затрачиваемое на обработку всех деталей с момента поступления в цех до момента окончания второго этапа обработки за 8-часовой рабочий день.

Вариант 12

В магазин самообслуживания покупатели заходят каждые (3 ± 1) минуту. Время, затрачиваемое покупателями на отбор товаров, подчиняется следующему закону:

Вероятность	0.1	0.2	0.3	0.4
Время отбора товаров	3	5	4	2

Кассир обслуживает клиентов за (5 ± 2) минуты. Выполнить моделирование работы магазина в течение восьмичасового рабочего дня. Определить вероятность того, что кассир будет простаивать.

Вариант 13

Диспетчер управляет внутризаводским транспортом. Заявки на перевозку поступают к диспетчеру каждые (15 ± 10) минут. Диспетчер передает заявку на выполнение водителю грузовика, на что тратит (3 ± 1) минуту. На заводе работает три грузовика. Время перевозки зависит от зака-

за и подчиняется следующему закону:

Вероятность	0.1	0.2	0.3	0.4
Время перевозки	3	5	4	2

Смоделировать работу системы в течение 10 часов. Определить общее время занятости диспетчера.

Вариант 14

В справочную телефонную сеть города вызовы в дневное время суток поступают по следующему закону (в секундах):

Вероятность	0.22	0.18	0.34	0.26
Время между вызовами	30	20	50	40

Обслуживание абонентов оператором длится (40+20) секунд. Смоделировать работу справочной службы в течение 10 часов. Определить общее время простоя работников, если в справочной службе работает два оператора.

Вариант 15

Поток автомобилей, подъезжающих к мойке, является пуассоновским со значением среднего интервала, равным 10 минут. Время мойки подчиняется следующему закону:

Вероятность	0.4	0.3	0.2	0.1
Время мойки	15	25	17	10

На стоянке возле моечной станции могут расположиться три машины, количество мест для мытья автомобилей равно 2. Если клиенты подъезжают и не застают свободного места на стоянке для ожидания, они уезжают. Промоделировать работу моечной в течение восьмичасового рабочего дня.

Определить общее время простоя автомобилей на стоянке в ожидании очереди на мойку.

2.4 Лабораторная работа «Определение эффективного режима работы системы с разнотипными заявками»

Цель работы

Целью данной работы является изучение особенностей моделирования разнотипных заявок с различными приоритетами, а также получение навыков исследования систем массового обслуживания с определением эффективного режима их работы.

Рекомендации по подготовке к работе

Рассматривается система массового обслуживания (СМО), на вход которой поступают заявки различных типов, которые могут иметь различные приоритеты.

Известны следующие характеристики системы: время прихода и время обработки заявок. В процессе исследования системы необходимо определить наиболее эффективный режим ее работы. Эффективность работы системы рассматривается с точки зрения минимизации затрат, либо максимизации прибыли.

В любой СМО существует две составляющие: клиенты/заявки и каналы обслуживания. С одной стороны, чтобы минимизировать затраты на содержание каналов обслуживания или потери от их простоя, необходимо снижать количество каналов. С другой стороны, при малом количестве каналов обслуживания появляется большая очередь, и увеличиваются потери от простоя заявок в очереди. Если же очередь имеет ограничения, то увеличиваются потери от теряющихся заявок, либо уменьшается прибыль от обслуживания заявок.

В каждом варианте определены характеристики, по которым должна определяться эффективность работы системы. Необходимо провести моделирование работы СМО при различном количестве каналов обслуживания, определяя для каждого случая потери или прибыль исследуемой системы.

Если по клиентам указаны характеристики потерь, то для каждого случая определяются суммарные потери, складывающиеся из потерь от простоя каналов (или затрат на их обслуживание) и потерь от простоя заявок (или потерь от их ухода). Если в задании указана прибыль от обслуживания клиентов, то для каждого случая (при различном количестве каналов) определяется общая прибыль системы, рассчитываемая как суммарная прибыль от обслуживания клиентов за вычетом затрат на содержание каналов обслуживания.

Для проведения необходимых расчетов в модели использовать переменные, ячейки и стандартные числовые атрибуты языка GPSS. Результат (общая прибыль или потери) должен выдаваться в отчете, как значение ячейки. Если в расчетах у вас присутствуют временные характеристики, и вы не можете их рассчитать с помощью ячеек/переменных языка (не хватает СЧА), то требуемые расчеты можно проводить на калькуляторе.

В результате проведенных исследований выбирается оптимальное количество каналов обслуживания.

Для выбранного количества каналов рассматривается возможность приоритетного обслуживания: расставляя приоритеты различным типам заявок всевозможными способами, подобрать наиболее эффективный режим, максимизируя прибыль или минимизируя затраты.

По результатам проведенных исследований необходимо дать рекомендации: какое количество каналов обслуживания является наиболее оптимальным, и каким образом должны быть расставлены приоритеты у заявок для обеспечения эффективной работы системы.

Порядок проведения работы

- 1) Провести моделирование работы системы в течение заданного модельного времени. Если время моделирования не задано, оно выбирается студентом самостоятельно таким образом, чтобы получить удовлетворительную статистику.
- 2) Найти наиболее эффективный режим работы моделируемой системы, исходя из стоимости простоя каналов обслуживания (или затрат на их содержание) и стоимости потери клиентов (или прибыли от их обслуживания).
- 3) Результаты исследований должны быть представлены в виде таблицы: для каждого варианта прогона модели (различное количество каналов, разная расстановка приоритетов) выпишите суммарные значения прибыли/затрат.

Варианты заданий

Вариант 1.

На склад поступают продукты двух типов: скоропортящиеся и долгохраняемые с интервалами распределений соответственно (1 ± 0.5) дня и (2 ± 1) день. Со склада в магазин продукты перевозятся одним или несколькими грузовиками. Емкость грузовика – 1 единица продукции. Время, затрачиваемое на погрузку, перевозку и разгрузку распределено по экспоненциальному закону со средним 0.5 дня. В магазине может одно-

временно находиться 5 единиц продукции. Время продажи продуктов распределено равномерно на интервале (1.5 ± 1) день для скоропортящихся продуктов и (1 ± 0.5) дня для долго хранимых. При перевозке продуктов владелец магазина определил безусловный приоритет для скоропортящихся. Определить необходимое количество грузовиков в системе, если стоимость грузовика – 500 рублей в день. скоропортящиеся продукты могут храниться 3 дня (с момента поступления на склад до продажи) и затем пропадают, их стоимость – 1000 рублей на единицу продукции. Продукты второго типа хранятся 10 дней, их стоимость – 3000 рублей на единицу продукции. Определить, действительно ли необходим приоритет для скоропортящихся продуктов.

Вариант 2.

Самолеты прибывают в аэропорт с интервалами в (25 ± 10) минут. Время вылета самолетов из аэропорта распределено равномерно в интервале (30 ± 15) минут. Время занятия взлетно-посадочной полосы зависит от типа самолета и подчиняется экспоненциальному закону со средним при посадке – 15 минут, при взлете – 25 минут. Исследовать работу аэропорта при учете приоритетности взлетающих самолетов, если очередь в воздухе может быть до трех самолетов, а на земле – до пяти самолетов. Определить наиболее эффективный режим работы аэропорта, если стоимость каждой взлетно-посадочной полосы 10 тысяч рублей в день, потери от простоя самолетов в воздухе – 500 рублей в час, на земле – 200 рублей в час.

Вариант 3.

Поступление пациентов в больницу имеет пуассоновское распределение. При этом существует два типа больных: тяжелобольные, со средним временем поступления два дня и легкобольные, со средним временем поступления 0.5 дня. Время обслуживания пациентов равно, соответственно, (15 ± 5) дней и (5 ± 3) дня. Исследовать работу данной системы при ограниченном количестве коек в больнице. Тяжелобольные поступают вне очереди. Определить эффективный режим работы, если доходы от больных составляют 150 рублей в день от тяжелобольного и 50 рублей в день от легкобольного. При этом на каждые 10 коек требуется медсестра с окладом 300 рублей в день.

Вариант 4.

В женскую парикмахерскую приходят клиентки трех типов: для стрижки, химии, стрижки и химии одновременно. Распределение интервалов их прихода, соответственно, (20 ± 10) минут, (30 ± 10) минут и

(35 ± 15) минут. Парикмахер тратит на стрижку (30 ± 10) минут, а на химию – (50 ± 10) минут. Стоимость стрижки составляет 250 рублей, химии – 500 рублей. Парикмахер вместе с местом обслуживания обходится в 800 рублей в день. Исследовать работу парикмахерской в течение 8-часового рабочего дня с учетом возможности установления приоритетов для посетителей. Мест для ожидания посетителями своей очереди – два. Посетитель, заставший более двух ожидающих клиентов, уходит.

Вариант 5.

В кладовую за запасными деталями приходят рабочие трех типов, соответственно, через каждые (5.2 ± 2) минуты, (3 ± 1.6) минуты и (7 ± 4.5) минуты. Для поиска соответствующей детали кладовщику требуется (4.4 ± 3) минуты, (2 ± 1) минута и (5.2 ± 3.6) минут. После получения требуемых деталей рабочий затрачивает время на ремонт станка, распределенное по экспоненциальному закону со средним 3, 2 и 4 минуты соответственно. Потери от простоя станков соответственно равны 40, 30 и 50 коп/мин. Для содержания кладовщика требуется 30 рублей в час. Определить оптимальное количество кладовщиков для работы на складе и оптимальный порядок обслуживания заявок.

Вариант 6.

В почтовое отделение поступает пуассоновский поток клиентов трех типов: клиенты, которые отправляют посылки, со средним временем появления 7 минут, клиенты, которые получают посылки, со средним временем появления 5 минут и посетители, покупающие открытки или конверты, со средним интервалом прихода 2 минуты. Время обслуживания клиентов составляет, соответственно, (12 ± 3) минуты, (5 ± 2) минуты и (0.5 ± 0.2) минуты. Клиенты третьего типа уходят, если очередь составляет более трех человек; клиенты первого типа уходят в другое почтовое отделение, если очередь больше семи человек. Смоделировать работу отделения за четыре часа непрерывной работы и найти оптимальное количество человек, обслуживающих посетителей, если известно, что потеря клиентов первого и третьего типов составляет, соответственно, 20 и 4 рублей с человека; стоимость работы почтового служащего составляет 40 рублей в час. Рассмотреть возможность приоритетного обслуживания.

Вариант 7.

Одна насосная станция накачивает 1 единицу нефти в среднем за (5 ± 1) минуты. Поток заявок на нефть подчинен пуассоновскому закону со средним 1 час. На станцию поступают заявки двух типов: на 5 и на 10 единиц нефти. Определить необходимое количество насосных станций,

если потери от простоя насоса составляют 1000 рублей в час; в ожидании может находиться не более трех заявок, сверх этого заявки теряются, при этом убыток от потери заявок составляет 2000 рублей для заявок первого типа и 4000 рублей – для второго.

Рассмотреть возможность приоритетного обслуживания заявок для оптимального обслуживания. Насосные станции работают круглосуточно.

Вариант 8.

При подходе судов к речному порту из-за географических особенностей местности используются судоходные каналы. Поток судов, прибывающих в порт, распределен в интервале (35 ± 25) минут. Среднее время пребывания судов в порту, занятое под разгрузку/погрузку, составляет (1.5 ± 0.5) суток. Затем суда выходят из порта через те же каналы. Среднее время прохождения судна через канал равно (1.5 ± 0.5) часа. Определить оптимальное число судоходных каналов, если стоимость эксплуатации одного канала составляет 1000 рублей в час, а потери от простоя судна в очереди перед каналом составляет 500 рублей в час. Обеспечить безусловный приоритете для судов, выходящих из порта, так как количество мест у пристани ограничено.

Вариант 9.

В телевизионное ателье поступают заявки на ремонт телевизоров двух типов: на мелкий ремонт, производимый на дому, и на крупный ремонт, производимый в ателье. Время поступления заявок составляет, соответственно, (2 ± 0.5) часа и (5 ± 1.5) часа. Мастер затрачивает на ремонт телевизора в среднем, соответственно, (1 ± 0.5) часа и (5 ± 3) часа. Кроме того, для ремонта на дому мастер затрачивает время на дорогу в среднем (1 ± 0.4) часа. Определить оптимальное количество мастеров, если заявка ставится в очередь, только, если очередь составляет не более десяти заказов, остальные заявки теряются; убытки при потери заявок составляют в среднем 100 рублей; потери от простоя мастера составляют 10 рублей в час. Рассмотреть возможность приоритетного обслуживания в мастерской и на дому.

Вариант 10.

В мультипрограммную ЭВМ поступает пуассоновский входящий поток заданий двух типов со средним 0.5 минут и 2 минуты, соответственно для первого и второго типа заданий. Первый тип заданий требует для вычислений (20 ± 5) секунд и (40 ± 5) секунд для вывода на печать. Второй тип заданий требует соответственно (140 ± 50) секунд и (30 ± 10)

секунд. ЭВМ позволяет обрабатывать одновременно до пяти заданий, иначе эффективность ее работы резко падает. Принтер может обрабатывать только одно задание, остальные должны оставаться в очереди. Определить, будет ли справляться один принтер с выходным потоком заявок так, чтобы очередь на печать не росла бесконечно. Определить оптимальный режим работы ЭВМ (с минимизацией по времени ожидания), изменяя приоритеты заданий при поступлении на счет и на печать.

Вариант 11.

В кафе приходят посетители двух типов: по одному человеку, и по четыре человека. Поток посетителей первого типа является пуассоновским со средним 10 минут. Посетители второго типа приходят в кафе в интервале (30 ± 5) минут. Время обслуживания (выполнения заказа) посетителей первого типа составляет (15 ± 5) минут, второго типа – (25 ± 10) минут. Время, затрачиваемое клиентами на обед, распределено равномерно в интервале (45 ± 15) минут. Определить оптимальное количество мест в кафе, если известно, что:

- 1) посетитель, заставший все места в кафе занятыми, уходит немедленно;
- 2) доходы кафе от клиента составляют 100 рублей;
- 3) каждый четырехместный стол обходится кафе в 200 рублей (до 10 столов); на каждые следующие 10 столов расходы составляют 320 рублей; стоимость каждого стола сверх 20 обходится в 500 рублей.

Вариант 12.

В трикотажном ателье 40 швейных машин и 8 оверлоков работают восемь часов в день, пять дней в неделю. Любая из этих машин может выйти из строя, в этом случае ее отправляют в ремонтную мастерскую, где ее чинят и возвращают в цех. На ремонт сломанной швейной машины уходит (7 ± 3) часа, на ремонт оверлока – (6 ± 3) часа. При эксплуатации в производстве время наработки до отказа распределено равномерно и составляет (157 ± 25) часов для швейной машины и (180 ± 35) часов для оверлока. Определить оптимальный режим работы ателье, если:

- 1) необходимо, чтобы в рабочем состоянии всегда находилось не менее шести оверлоков;
- 2) содержание каждого ремонтного рабочего обходится ателье в 400 рублей в день;
- 3) потери от простоя одной швейной машины обходятся в 20 рублей в час.

Вариант 13.

В мастерскую по ремонту холодильников поступают заявки двух типов: на ремонт холодильников на дому (мелкий ремонт) и ремонт холодильников в мастерской (крупный ремонт или ремонт по гарантии). Время поступления заявок подчиняется экспоненциальному закону распределения и в среднем равно, соответственно, 2 часа и 4.5 часа. Время на ремонт холодильника в мастерской распределено равномерно и составляет (5.5 ± 1.5) часа. Заявки на ремонт на дому выполняются мастером в течение (2.8 ± 1.5) часа (включая время на дорогу к клиенту и обратно). Работа мастерской организована таким образом, что заявки на ремонт принимаются только в том случае, если в очереди находится не более 5 заявок, иначе клиент получает отказ. Убытки от потери заявок составляют 200 рублей. Каждый работник обходится мастерской в 500 рублей в день. Определить оптимальный режим работы мастерской.

Вариант 14.

В цех по сборке изделия двух типов поступают через промежутки времени, распределенные на интервале, соответственно, (4 ± 2) минуты и (2 ± 1) минуту. Рабочий на конвейере выполняет сборку изделия первого типа за (9 ± 2) минуты и второго типа – за (5 ± 2) минуты, после чего изделия поступают к контроллеру ОТК. Контроллер тестирует изделие первого типа в течение (2 ± 0.5) минут и второго типа – (1.5 ± 0.5) минут. Десять процентов изделий контроллер отбраковывает и снова направляет в цех на доработку. Известно, что как только у контроллера скапливается 10 деталей, конвейер вынужденно останавливают (новые детали не принимаются). Простой конвейера обходится в 100 рублей в минуту. Контроллеру выплачивается 500 рублей в день. Определить необходимое количество контроллеров и рабочих на конвейере, если количество рабочих должно быть достаточным, чтобы очередь на конвейере не превышала 20 деталей. Промоделировать работу цеха в течение 8-часового рабочего дня.

Вариант 15.

В одно из подразделений городской сотовой связи приходят клиенты трех типов: для внесения абонентской платы, для покупки телефона и для заключения договора на подключение к сети. Время прихода посетителей подчиняется экспоненциальному закону распределения и равно, соответственно, 5, 14 и 25 минут. Время обслуживания клиентов также распределено экспоненциально и равно для первого типа заявок – 2 минуты, для второго типа – 10 минут, и для третьего – 10 минут. Клиенты первого типа уходят, если очередь составляет более трех человек; клиен-

ты второго типа уходят, если очередь больше четырех человек. Смоделировать работу отделения за восемь часов непрерывной работы и найти оптимальное количество человек, обслуживающих посетителей, если известно, что потеря клиентов первого и второго типов составляет, соответственно, 20 и 100 рублей с человека; стоимость работы работника отделения составляет 50 рублей в час. Рассмотреть возможность приоритетного обслуживания.

Вариант 16.

В мебельный салон по изготовлению и продаже мебели посетители приходят в среднем каждые 40 минут, причем половина из них заказывает мягкую мебель, а половина - каркасную. После осмотра образцов товара и общения с продавцом половина посетителей уходят, а остальная половина заказывает мебель. В отделе продаж и приемки заказов с клиентами первого типа (с учетом и тех, кто не стал ничего заказывать и покупать) работают в среднем 20 минут, с клиентами второго типа – 25 минут. В мастерской, куда передаются заказы на изготовление, на выполнение одного заказа первого типа затрачивается примерно 14 часов, второго типа – 35 часов. Все временные характеристики распределены экспоненциально. Если в очереди на выполнение в мастерской скопилось 10 заказов, очередной клиент уходит в другой салон. Прибыль от выполнения заказа на мягкую мебель составляет 2 тысячи, на каркасную – 5 тысяч. Определить необходимое количество работников в мастерской, если зарплата одного работника составляет 600 рублей в день при рабочем дне в 8 часов.

Вариант 17.

На станцию автообслуживания приезжают автомобили для заправки бензином или для мойки. Распределение интервалов прихода автомобилей первого типа (15 ± 5) минут, второго типа – (40 ± 20) минут. На заправку автомобиля работник затрачивает (10 ± 5) минут, а на мойку – (25 ± 10) минут. На заправку машины становятся в очередь, только если очередь не превышает 5 машин. В случае, если очередь на мойку составляет 2 машины, очередная подъехавшая машина уезжает. Прибыль от обслуживания заявки первого типа составляет 30 рублей с машины, второго типа – 60 рублей с машины. Выполнить моделирование работы станции за 9 часов и определить оптимальное количество работников, если: и мойку и заправку могут выполнять одни и те же работники; зарплата одного работника составляет 40 руб/час.

Вариант 18.

В мастерскую по ремонту и пошиву обуви приходят два типа посетителей: на ремонт и на пошив, время прихода посетителей первого типа распределено равномерно в интервале (12+5) минут, второго типа – (40+10) минут. На ремонт требуется в среднем 28 минут, на пошив - 8 часов, время работы распределено экспоненциально. В случае, если очередь составляет более 5 человек, клиенты первого типа уходят. Прибыль от обслуживания клиентов первого типа составляет 200 рублей, второго типа – 1000 рублей. Зарплата одного работника мастерской составляет 550 рублей в день.

2.5 Лабораторная работа «Моделирование сети систем обслуживания»

Цель работы

Целью данной работы является изучение особенностей моделирования на GPSS системы, структура которой может быть представлена в виде открытой или закрытой сети систем массового обслуживания.

Рекомендации по подготовке к работе

Рассматривается сеть систем массового обслуживания (СМО). Необходимо построить модель сети на GPSS и провести моделирование.

Строится модель сети на GPSS в соответствии с вашим вариантом. Время прихода заявок в сеть и время обслуживания подчиняются экспоненциальному закону распределения. Время моделирования выбирается самостоятельно. Оно должно быть достаточно большим для получения удовлетворительных статистических данных (количество заявок, проходящих через каждую СМО должно быть не менее тысячи). При распараллеливании входного потока в модели более, чем на два, помните, что такой процесс удобнее моделировать через функцию. В этом случае не придется рассчитывать вероятности перехода для второй и третьей ветви потоков. Если же вы пользуетесь блоком статистического перехода, то внимательнее обращайтесь с вероятностями: исходные вероятности заданы для всего входного потока. Так, если известно, что входной поток заявок разделяется на три потока с вероятностями 0.2, 0.4 и 0.4, то в первом статистическом блоке часть заявок должна перенаправляться с вероятностью 0.2. В следующем статистическом блоке перенаправляется уже по-

ловина (от оставшихся) заявок, а все оставшиеся переходят к следующему за статистическим блоку.

После построения модели необходимо определить достаточное для стационарности сети количество каналов по каждой СМО. Стационарность сети обеспечивает постоянность средних характеристик системы, а также условия, при которых очереди не растут до бесконечности (каналы обслуживания справляются с входным потоком заявок).

Для обеспечения стационарности сети необходимо, чтобы загрузка по каждой СМО была меньше единицы: статистика Average utilization для устройств и памяти должна быть меньше 98 (в отчете загрузка оборудования дается в процентах).

Если хотя бы для одной СМО это условие не выполняется, количество каналов в соответствующей СМО должно быть увеличено так, чтобы сеть стала стационарной.

Порядок проведения работы

- 1) Проанализировать работу сети СМО, описанную в вашем варианте. При необходимости написать функции для перенаправления заявок.
- 2) Построить модель сети СМО, описанной в вашем варианте. Для всех вариантов: время прихода заявок в сеть и время обслуживания подчиняются экспоненциальному закону распределения.
- 3) Проверить стационарность сети. Если сеть нестационарна, то добиться стационарности путем увеличения числа каналов обслуживания на соответствующих СМО.

Варианты заданий

Вариант 1

В канцелярию предприятия документы поступают по различным каналам: по почте, по факсу, по компьютерной сети, среднее время между поступлениями документов — около 25 минут. Из канцелярии 60% документов направляются в бухгалтерию, остальные — в отдел кадров. В бухгалтерии работают с документами в среднем 50 минут, после чего 80% документов направляется в архив (по ним прекращается работа), а по 20% требуется решение директора, причем после директора документы снова возвращаются на доработку в бухгалтерию. В отделе кадров затрачивают на обработку каждого документа в среднем 40 минут, после чего 90% документов направляется в архив, а 10% направляются на уточнение к директору, после чего снова возвращаются в отдел кадров. Директор на просмотр документа и принятие решения тратит в среднем 2

минуты, в канцелярии на каждый входящий документ затрачивают в среднем по 10 минут.

Вариант 2

В магазине продтовары расположены три отдела и общая касса. Покупатели заходят в магазин каждые 5 минут и направляются в один из отделов со следующими вероятностями: 0.3 – в первый отдел, 0.4 — во второй отдел и 0.3 — в третий отдел. После отдела покупатель направляется в кассу, время обслуживания в которой равно в среднем 2 минуты. После этого половина покупателей покидает магазин, а половина направляется снова в какой-нибудь из отделов (вероятность направления покупателя в один из отделов остается прежней, покупатель может направиться и в тот же отдел, где он только что сделал покупку: забыл что-то еще). Время обслуживания в отделах равно соответственно 4, 3 и 5 минут.

Вариант 3

Ремонтная служба АТС принимает индивидуальные заявки на ремонт от граждан, которые поступают в среднем каждые 2 минуты. 10% заявок не обслуживаются (например, телефон просто отключен из-за неплаты) и об этом просто сообщается клиенту. Остальные заявки разделяются на те, в которых неполадки можно устранить непосредственно на станции (70%) и на те, которые требуют ремонта на дому (20% от общего числа заявок). Этими работами занимаются разные отделы службы. Ремонт неполадок на станции делятся в среднем около минуты, после чего клиенту сообщается о выполнении заявки. Ремонт телефонов на дому требует около 40 минут (вместе с дорогой), кроме того, может потребоваться повторный приезд мастера (около в 40% случаях).

Вариант 4

В поликлинике работают три специалиста: лор, хирург и терапевт. Больные приходят в поликлинику через каждые 8 минут и сначала направляются в регистратуру. В регистратуре их обслуживают в течение 5 минут, после чего больные направляются к разным врачам со следующими вероятностями: 0.25 — лору, 0.25 — к хирургу и 0.5 — к терапевту. После лора и хирурга все больные покидают поликлинику. После терапевта поликлинику покидают только 40% больных, 20% терапевт направляет снова в регистратуру (надо взять новый талон, либо неправильно оформлена карточка). Остальные больные направляются терапевтом к лору либо к хирургу (в соотношении 65:35 соответственно). Терапевт

обслуживает больного в среднем 12 минут, хирург — 15 минут, лор — 10 минут.

Вариант 5

В аэропорту системы продажи и регистрации авиабилетов связаны единой информационной сетью, которая включает в себя кассы аэропорта, диспетчера по транзиту и регистрацию билетов при посадке. Пассажиры прибывают в аэропорт в среднем каждые 30 секунд. Примерно 20% пассажиров направляются в кассы, 20% — к диспетчеру по транзиту и остальные — на регистрацию. Кассир обслуживает клиента в среднем 2.5 минуты, причем 60% клиентов покупают билет и направляются на регистрацию, а остальным купить билет не удается и они покидают аэропорт. Диспетчер по транзиту удовлетворяет половину запросов и направляет их в кассу, остальные также без результата покидают аэропорт. При регистрации авиабилетов могут возникнуть накладки, в этом случае пассажиры направляются к диспетчеру по транзиту (5%). Остальные пассажиры благополучно проходят регистрацию и улетают. Диспетчер по транзиту тратит на каждого человека в среднем по 1.2 минуты, регистрация длится в среднем одну минуту.

Вариант 6

В ателье по пошиву одежды различаются четыре отдельных системы: консультант по моделям одежды, приемщик заказов, закройщик и мастер по пошиву. Посетители приходят в ателье в среднем каждые 40 минут. Часть из них (около 60%) сразу направляется к приемщику заказов, а часть — сначала обращается к консультанту по моделям, который обслуживает клиента в среднем 20 минут, и только потом переходят к приемщику заказов. Приемщик обслуживает каждого клиента в среднем 30 минут, после чего заказ направляется к закройщику, который затрачивает на него в среднем 1 час. Наконец, заказ поступает к мастеру по пошиву одежды, который затрачивает на него примерно 3 часа. После мастера половина заказов в среднем готова и выдается клиенту, половина же требует дополнительной примерки и доработки, т.е. возвращается снова к мастеру по пошиву.

Вариант 7

В мебельный магазин покупатели приходят в среднем каждые 5 минут. Они осматривают предложенные образцы и после этого около 40% покупателей не найдя нужного им товара, покидают магазин. Остальные покупают мебель, среднее время обслуживания покупателя составляет 10 минут. После покупки мебели около 20% покупателей увозят ее своим

транспортом, остальные пользуются службой доставки магазина, при этом часть мебели берется со склада (60%), а остальная часть — прямо в магазине. Время, требуемое на доставку мебели со склада, составляет 20 минут (для этого используется отдельно складской транспорт). Время, требуемое на доставку товара на дом покупателю, составляет в среднем 40 минут (транспорт для доставки мебели на дом).

Вариант 8

Партии комплектующих деталей поступают в цех сборки в среднем каждую минуту. В этом цеху изделие собирается целиком и отправляется в отдел технического контроля для проверки. При проверке изделий признаются годными только 40%, остальные требуют доработки. Причем часть негодных изделий имеют мелкие недоработки и отправляются в цех наладки, после которого снова попадают в ОТК, а часть негодных изделий имеют серьезные неполадки, допущенные при сборке, и отправляются снова в цех сборки. Соотношение этих изделий составляет 5:1 соответственно. На сборку одного изделия затрачивается в среднем 3 минуты, на проверку качества - 30 секунд и на наладку - 2 минуты.

Вариант 9

Больные приходят в поликлинику в среднем каждые 5 минут и обращаются в регистратуру за талоном к врачу или за карточкой. Регистратор обслуживает посетителя в среднем в течение трех минут. После регистратуры больной направляется к врачу. Врач осматривает больного и назначает лечение. В 40% случаях больному достаточно одного визита к врачу, в 50% - врач назначает время повторного посещения для больного, в остальных случаях пациент направляется на сдачу анализов, после чего он снова должен прийти к врачу. Все повторные посещения врача проходят без обращения в регистратуру. Врачу выделяется на каждого больного в среднем по 12 минут. Анализы производятся в течение одного часа.

Вариант 10

В почтовое отделение посетители заходят в среднем через каждые 4 минуты. Примерно 60% посетителей направляются в отдел переводов (получить перевод, отправить заказное письмо, оформить подписку), а остальные приходят для отправления/получения посылки или бандероли и для этого направляются в соответствующий отдел. Среди клиентов, отправляющих посылки, около 20% вынуждены повторно обратиться в этот же отдел (неправильно заполнили бланки; после того, как им завернули бандероль, необходимо надписать адрес и т.д.). После отдела отправки посылок 40% посетителей направляются в отдел переводов. Бу-

дем считать, что после отдела переводов все клиенты покидают почтовое отделение. Среднее время обслуживания в отделе переводов - 3 минуты, в отделе посылок - 6 минут.

Вариант 11

В аэропорт заходят пассажиры в среднем каждые 40 секунд. Половина из них имеет на руках билеты и сразу же направляется на регистрацию, другая половина не имеет билетов и поэтому сначала обращается в кассу аэропорта. Кассир обслуживает каждого клиента в среднем 2 минуты, причем билеты приобретают только 80% человек, остальные получают отказ из-за отсутствия мест и после этого покидают аэропорт. Пассажиры, купившие билет, направляются на регистрацию. Регистрация билетов производится в среднем в течение одной минуты. После регистрации, ожидая посадки в самолет, часть пассажиров (около 30%) направляется в буфет, остальные просто находятся в зале ожидания. Буфетчица обслуживает клиентов в среднем за 3 минуты.

Вариант 12

В предварительных железнодорожных кассах работают кассы и справочная служба. Посетители заходят в кассы примерно каждые 5 минут, причем 60% посетителей направляется сразу в кассу, а остальные - в справочную службу. Справочная обслуживает каждого клиента в среднем 3 минуты. В зависимости от полученной справки (есть или нет места на нужные поезда, есть или нет удобный маршрут следования и т.д.) посетители либо направляются в кассу (около 70%), либо уходят. На работу с клиентом кассир затрачивает в среднем 7 минут. При этом 60% посетителей приобретают билеты и уходят, половина оставшихся направляется кассиром в справочную службу, а вторая половина вынуждена прийти в кассу в следующий раз, когда будет получена информация или бронь.

Вариант 13

В магазине находится два отдела и касса, общая для двух отделов. Покупатели заходят в магазин в среднем каждые 2.5 минуты. Половина из них направляется в 1-й отдел, вторая половина - во 2-й. После первого отдела около 60% покупателей направляется сразу в кассу и после этого покидает магазин, остальные направляются во второй отдел. После второго отдела около 40% покупателей направляется в кассу и покидают магазин, остальные заходят еще и в первый отдел. Среднее время обслуживания в 1-м отделе - 4 минуты, во втором - 3,5 минуты, кассир обслуживает покупателей в среднем за 2 минуты.

Вариант 14

На станции автообслуживания выполняются следующие услуги: заправка бензина, мойка автомашин, мелкий ремонт. Примерно 60% машин, прибывающих на станцию, направляются на заправку бензина, половина оставшихся - на мойку и остальные нуждаются в мелком ремонте. После мойки все машины уезжают, эта операция занимает около 15 минут. После мелкого ремонта половина машин уезжает, а половина направляется на заправку бензина. После заправки бензина половина машин также уезжает, а вторая половина направляется на мойку. Машины прибывают на станцию в среднем каждые 8 минут, время ремонта в среднем составляет 30 минут, заправка бензина длится в среднем 5 минут.

Вариант 15

После первичной термообработки в печи детали поступают в цех доводки, в котором проходят два этапа обработки и технический контроль. Время обработки детали на первом этапе составляет в среднем 7 секунд, на втором этапе - 8 секунд. При выходе из цеха детали проверяются контролером ОТК. 80% деталей пропускается контролером, а 20% направляется на повторную обработку в цех, причем половина из них отправляется на первый этап обработки, половина - на второй (в зависимости от степени брака). Время между поступлениями деталей в цех равно в среднем 6 секунд, время технического контроля составляет 5 секунд.

Вариант 16

В женском отделении парикмахерской можно сделать прическу у парикмахера либо маникюр у маникюрщицы. Посетители приходят в отделение через каждые 10 минут, 10% из них приходят сделать маникюр, остальные - к парикмахеру. Парикмахер обслуживает клиента в среднем в течение 20 минут, после чего 40% клиентов покидают парикмахерскую. 35% клиентов делают завивку и поэтому ждут очередного захода к парикмахеру, из них 25%, чтобы не терять времени, делают маникюр, после которого снова направляются к парикмахеру. Оставшиеся 25% клиентов после парикмахера идут делать маникюр. Маникюрщица тратит на каждого клиента в среднем по 22 минуты. Все клиенты после маникюрщицы покидают парикмахерскую.

Вариант 17

В оптике, где посетитель может заказать или купить очки, работает также врач-окулист. Посетители, которые приходят в среднем каждые 5 минут, могут либо сразу обратиться в отдел заказов на очки, либо пройти

к врачу за рецептом (около 40% посетителей). Врач затрачивает на каждого посетителя в среднем по 7 минут. Заказ на очки принимается примерно 5 минут, причем в продаже могут оказаться подходящие для клиента очки, тогда он их покупает и покидает оптику насовсем. 80% клиентов вынуждены заказывать индивидуальное изготовление очков. На выполнение заказа в мастерской оптики требуется в среднем около одного часа, после чего клиент может получить свои очки через отдел заказов.

Вариант 18

В аптеке есть два отдела: отдел готовых лекарств и рецептурный отдел. Посетители приходят в аптеку в среднем через каждые 2.5 минуты. Половина посетителей направляется в отдел готовых лекарств, после чего покидают аптеку. Вторая половина посетителей обращается в рецептурный отдел. В 50% случаях клиент сразу же получает готовое лекарство по рецепту, в остальных случаях готового лекарства нет и клиент должен зайти еще раз за изготовленным лекарством. После рецептурного отдела примерно 20% посетителей заходит еще и в отдел готовых изделий, остальные просто покидают аптеку. Время обслуживания в отделе готовых изделий равно в среднем 2 минуты, в рецептурном отделе - 5 мин.

Вариант 19

Городская адресная справка включает в себя два отделения: отдел приема заказа и отдел поиска требуемого абонента. Запросы на поиск отдельных лиц поступают в среднем каждые 5 минут. Прием заказа выполняется в среднем около 2 минут, причем после этого около 5% заказов отсеиваются за невозможностью выполнения (мало данных). После приема заказ передается на выполнение. На поиск абонента затрачивается в среднем 10 минут, после чего 70% клиентов получают необходимую информацию, а для 30% необходимая информация не получена и заказ снова передается в отдел приема заказов для дополнительной работы с клиентом (уточнения или изменения запроса).

Вариант 20

В мастерской по ремонту холодильников существуют две службы: ремонт холодильников на дому и ремонт холодильников в ателье. Заявки на ремонт поступают в мастерскую в среднем каждые 30 минут. Около 30% из них требуют ремонта холодильника в мастерской, на обслуживание такой заявки в среднем затрачивается 4,5 часа. Заявки на ремонт на дому выполняются мастером в течение 1.8 часа (включая дорогу), причем после этого выполненными являются около 60% заявок, 30% заявок тре-

буют повторного прихода мастера, а остальные 10% - ремонта холодильника в мастерской.

Вариант 21

В салон красоты посетители приходят в среднем каждые десять минут. В салоне находится три службы: парикмахер, массажист и косметолог. Примерно 30% посетителей направляется к парикмахеру, 35% - к массажисту и 35% - к косметологу. После каждой службы около 30% посетителей покидает салон, а остальные в равной степени направляются к двум другим службам. У парикмахера и массажиста посетитель проводит в среднем 40 минут, у косметолога - 30.

Вариант 22

В одном из подразделений городской сотовой связи работают два отдела: отдел продаж и отдел заключения договоров. Посетители заходят в среднем каждые пять минут, причем часть из них направляется в отдел продаж (30%), а остальные идут в отдел заключения договоров (заключить договор на обслуживание, изменить тариф оплаты, выяснить спорные вопросы и т.д.). После отдела продаж половина посетителей направляется сразу в кассу, а половина - в отдел заключения договоров. Будем считать, что после отдела заключения договоров, в котором на работу с одним клиентом затрачивается примерно 10 минут, все посетители направляются в кассу. Отдел продаж работает с клиентом примерно 8 минут, касса обслуживает посетителя в среднем 3 минуты.

Вариант 23

В городской архив частные лица или организации могут обратиться за получением различных справок. Прием посетителей ведется отдельной службой, которая занимается приемом и выдачей заявок, уточнением необходимых данных и т.д. После приема заявки она передается либо в информационный отдел (здесь информация хранится в базах данных) - примерно 40% заявок, либо в бумажный архив (60% заявок). Примерно в 20% случаях информационный отдел не может найти нужную информацию и передает заявку для поиска в бумажный архив. После того, как вся необходимая информация найдена (или не найдена) соответствующий отдел оформляет требуемую справку и передает ее в службу работы с посетителями для выдачи клиенту. Посетители обращаются в архив в среднем каждые 14 минут, служба работы с посетителями затрачивает на клиента в среднем 5 минут, на поиск и обработку запроса в базе данных затрачивается в среднем 10 минут, поиск в бумажном архиве занимает в среднем 30 минут.

2.6 Лабораторная работа «Моделирование стохастической системы на GPSS»

Цель работы

Целью данной работы является получение дополнительных навыков моделирования стохастических систем на языке GPSS.

Рекомендации по подготовке к работе

Рассматривается работа стохастической системы. Необходимо построить ее модель с целью получения оценок характеристик процессов, протекающих в системе.

Внимательно прочитайте задание и разберитесь с алгоритмом работы системы.

После этого определите, какие законы распределения используются при работе системы, и при необходимости опишите функции для моделирования этих законов.

Рассмотрите, какие объекты вы будете представлять в модели в качестве транзактов, а какие – в качестве устройств или памяти. Помните, что если некоторые «каналы обслуживания» перемещаются по системе, то может быть удобнее представлять их в качестве транзактов.

Для получения оценок требуемых характеристик используйте такие объекты языка, как ячейки и переменные.

В случае, если некоторые моменты функционирования описанной системы неясны, обратитесь за консультацией к преподавателю.

Порядок проведения работы

- 1) построить модель стохастической системы на языке GPSS;
- 2) определить необходимые характеристики системы;
- 3) по необходимости дать рекомендации наилучшей организации работы системы.

Варианты заданий

Вариант 1

На сборочный участок цеха предприятия через интервалы времени, распределенные экспоненциально со средним значением 10 мин, поступают партии, каждая из которых состоит из трех деталей. Половина всех поступающих деталей перед сборкой должна пройти предварительную обработку в течение 7 минут. На сборку подаются обработанная и необработанная детали. Процесс сборки занимает всего 6 мин. Затем изделие

поступает на регулировку, продолжающуюся в среднем 8 мин (все временные характеристики подчиняются экспоненциальному закону распределения). В результате сборки возможно появление 4% бракованных изделий, которые не поступают на регулировку, а направляются снова на предварительную обработку.

Смоделировать работу участка в течение 24 час. Определить возможные места появления очередей и их вероятностно-временные характеристики. Выявить причины их возникновения, предложить меры по их устранению и смоделировать скорректированную систему.

Вариант 2

На обрабатывающий участок цеха поступают детали в среднем каждые 50 мин. Первичная обработка деталей производится на одном из двух станков. Первый станок обрабатывает деталь в среднем 40 мин и имеет до 4% брака, второй соответственно 60 мин и 8% брака. Все бракованные детали возвращаются на повторную обработку на второй станок. Детали, попавшие в разряд бракованных дважды, считаются отходами. Вторичную обработку проводят также два станка в среднем 100 мин каждый. Причем первый станок обрабатывает имеющиеся в накопителе после первичной обработки детали, а второй станок подключается при образовании в накопителе задела больше трех деталей. Все интервалы времени распределены по экспоненциальному закону.

Смоделировать обработку на участке 500 деталей. Определить загрузку второго станка на вторичной обработке и вероятность появления отходов. Определить возможность снижения задела в накопителе и повышения загрузки второго станка на вторичной обработке.

Вариант 3

На регулировочный участок цеха через случайные интервалы времени поступают по два агрегата в среднем через каждые 30 мин. Первичная регулировка осуществляется для двух агрегатов одновременно и занимает около 30 мин. Если в момент прихода агрегатов предыдущая партия не была обработана, поступившие агрегаты на регулировку не принимаются. Агрегаты после первичной регулировки, получившие отказ, поступают в промежуточный накопитель. Из накопителя агрегаты, прошедшие первичную регулировку, поступают попарно на вторичную регулировку, которая выполняется в среднем за 30 мин, а не прошедшие первичную регулировку поступают на полную, которая занимает 100 мин для одного агрегата. Все величины, заданные средними значениями, распределены экспоненциально.

Смоделировать работу участка в течение 100 час. Определить вероятность отказа в первичной регулировке и загрузку накопителя агрегатами, нуждающимися в полной регулировке. Определить параметры и необходимое количество каналов обслуживания на вторичной обработке с тем, чтобы очередь на обработку не росла бесконечно.

Вариант 4

Система передачи данных обеспечивает передачу пакетов данных из пункта A в пункт C через транзитный пункт B . В пункт A пакеты поступают через 10 ± 5 мс. Здесь они буферизируются (могут скапливаться в очереди) в накопителе емкостью 20 пакетов и передаются по любой из двух линий $AB1$ – за время 20 ± 10 мс или $AB2$ – за время 20 ± 5 мс. В пункте B они снова буферизируются в накопителе емкостью 25 пакетов и далее передаются по линиям $BC1$ (за 25 ± 3 мс) и $BC2$ (за 25 ± 7 мс). Причем пакеты из $AB1$ поступают в $BC1$, а из $AB2$ – в $BC2$. Чтобы не было переполнения накопителя, в пункте B вводится пороговое значение его емкости – 20 пакетов. При достижении очередью порогового значения происходит подключение резервной аппаратуры, и время передачи снижается для линий $BC1$ и $BC2$ до (15 ± 5) мс.

Смоделировать прохождение через систему передачи данных 500 пакетов. Определить вероятность подключения резервной аппаратуры и характеристики очереди пакетов в пункте B . В случае возможности его переполнения определить необходимое для нормальной работы пороговое значение емкости накопителя.

Вариант 5

Магистраль передачи данных состоит из двух каналов (основного и резервного) и общего накопителя. При нормальной работе сообщения передаются по основному каналу за 7 ± 3 с. В основном канале происходят сбои через интервалы времени 200 ± 35 с. Если сбой происходит во время передачи, то за 2 с запускается запасной канал, который передает прерванное сообщение с самого начала. Восстановление основного канала занимает 23 ± 7 с. После восстановления резервный канал выключается и основной канал продолжает работу с очередного сообщения. Сообщения поступают через 9 ± 4 с и остаются в накопителе до окончания передачи.

Смоделировать работу магистрали передачи данных в течение 1 ч. Определить загрузку запасного канала, частоту отказов канала и число прерванных сообщений. Определить функцию распределения времени передачи сообщений по магистрали.

Вариант 6

На комплектовочный конвейер сборочного цеха каждые 5 ± 1 мин поступают 5 изделий первого типа и каждые 20 ± 7 мин поступают 20 изделий второго типа. Конвейер состоит из секций, вмещающих по 10 изделий каждого типа. Комплектация начинается только при наличии деталей обоих типов в требуемом количестве и длится 10 мин. При нехватке деталей секция конвейера остается пустой.

Смоделировать работу конвейера сборочного цеха в течение 8 ч. Определить вероятность пропуска секции, средние и максимальные очереди по каждому типу изделий. Определить экономическую целесообразность перехода на секции по 20 изделий с временем комплектации 20 мин.

Вариант 7

Транспортный цех объединения обслуживает три филиала A , B и C . Грузовики перевозят изделия из A в B и из B в C , возвращаясь затем в A без груза. Погрузка в A занимает 20 мин, переезд из A в B длится 30 мин, разгрузка и погрузка в B – 40 мин, переезд в C – 30 мин, разгрузка в C – 20 мин и переезд в A – 20 мин. Если к моменту погрузки в A и B отсутствуют изделия, грузовики уходят дальше по маршруту. Изделия в A выпускаются партиями по 2000 штук через 30 ± 3 мин, а в B – такими же партиями через 40 ± 5 мин. На линии работает 10 грузовиков, каждый перевозит 1000 изделий. В начальный момент все грузовики находятся в A .

Смоделировать работу транспортного цеха объединения в течение 1000 ч. Определить частоту пустых перегонов грузовиков между филиалами и сравнить с характеристиками, полученными при равномерном начальном распределении грузовиков между филиалами и операциями.

Вариант 8

Система автоматизации проектирования состоит из ЭВМ и трех терминалов. Каждый проектировщик формирует задание на расчет в интерактивном режиме. Набор строки задания занимает 10 ± 5 с. Получение ответа на строку требует 3 с работы ЭВМ и 5 с работы терминала. После работы 10 строк задание считается сформированным и поступает на решение, при этом в течение 10 ± 3 с ЭВМ прекращает выработку ответов на вводимые строки. Вывод результата требует 8 с работы терминала. Анализ результатов занимает у проектировщика 30 с, после чего цикл повторяется.

Смоделировать работу системы в течение 6 ч. Определить вероятность простоя проектировщика из-за занятости ЭВМ и коэффициент загрузки ЭВМ.

Вариант 9

Из литейного цеха на участок обработки и сборки поступают заготовки через 20 ± 5 мин. Треть из них обрабатывается в течение 60 мин (время распределено экспоненциально) и поступает на комплектацию. Две трети заготовок обрабатывается за 30 мин (время распределено экспоненциально) перед комплектацией, которая требует наличия одной детали первого типа и двух деталей второго. После этого все три детали подаются на сборку, которая занимает 60 ± 2 мин для первой детали и 60 ± 8 мин для двух других, причем они участвуют в сборке одновременно. При наличии на выходе одновременно всех трех деталей изделие покидает участок.

Смоделировать работу участка в течение 100 ч. определить места образования и характеристики возможных очередей.

Вариант 10

Детали, необходимые для работы цеха, находятся на цеховом и центральном складах. На цеховом складе хранится 20 комплектов деталей, потребность в которых возникает через 60 ± 10 мин и составляет один комплект. В случае снижения запасов до трех комплектов формируется в течение 60 мин заявка на пополнение запасов цехового склада до полного объема в 20 комплектов, которая посылается на центральный склад, где в течение 60 ± 20 мин происходит комплектование и за 60 ± 5 мин осуществляется доставка деталей в цех.

Смоделировать работу цеха в течение 400 ч. Определить вероятность простоя цеха из-за отсутствия деталей и среднюю загрузку цехового склада. Определить момент пополнения запаса цехового склада, при котором вероятность простоя цеха будет равна 0.

Вариант 11

Для обеспечения надежности АСУ ТП в ней используются две ЭВМ. Первая ЭВМ выполняет обработку данных о технологическом процессе и выработку управляющих сигналов, а вторая находится в «горячем резерве». Данные в ЭВМ поступают через 10 ± 2 с, обрабатываются в течение 3 с (время распределено экспоненциально), затем посылается управляющий сигнал, поддерживающий заданный темп процесса. Если к моменту посылки следующего набора данных не получен управляющий сигнал, то данные теряются. Через 300 ± 30 с происходят отказы ЭВМ, в этом случае

подключается резервная ЭВМ. Характеристики обеих ЭВМ одинаковы. Подключение резервной ЭВМ занимает 5 секунд, после чего она заменяет основную до восстановления, а процесс возвращается к нормальному темпу. Восстановление первой ЭВМ занимает 100 с (время распределено экспоненциально). Резервная ЭВМ абсолютно надежна.

Смоделировать 1 ч работы системы. Определить среднее число пропущенных из-за отказа данных.

Вариант 12

На вычислительный центр через 300 ± 100 с поступают задания длиной 500 ± 200 байт. Скорость ввода, вывода и обработки заданий 100 байт/мин. Задания проходят последовательно ввод, обработку и вывод, буферизуясь (скапливаясь в очереди) перед каждой операцией. После вывода 5% заданий оказываются выполненными неправильно вследствие сбоев и возвращаются на ввод. Для ускорения обработки задания в очередях располагаются по возрастанию их длины, т.е. короткие сообщения обслуживают в первую очередь. Задания, выполненные неверно, возвращаются на ввод и во всех очередях обслуживаются первыми.

Смоделировать работу вычислительного центра в течение 30 ч. Определить необходимую емкость буферов и функцию распределения времени обслуживания заданий.

Вариант 13

В ВЦ имеются 3 ЭВМ. Задания на обработку поступают с интервалом 20 ± 5 мин в пункт приема. Здесь в течение 12 ± 3 мин они регистрируются и сортируются оператором, после чего каждое задание поступает на одну из свободных ЭВМ. Примерно в 70% заданий в результате их первой обработки на ЭВМ обнаруживаются ошибки ввода, которые сразу же в течение 5 ± 2 мин исправляются пользователями. На время корректировки ввода задание не освобождает соответствующей ЭВМ, и после корректировки начинается его повторная обработка. Возможность ошибки при повторной обработке исключается, т.е. повторная обработка всегда является окончательной. Продолжительность работы ЭВМ при обработке задания в каждом случае составляет 10 ± 5 мин. В центре имеется лишь одно рабочее место для корректировки ввода.

Смоделировать процесс функционирования ВЦ при условии, что обработать необходимо 100 заданий. Определить среднее время ожидания в очереди на обработку, а также коэффициенты загрузки технических средств ВЦ.

Вариант 14

Для ускорения прохождения «коротких» заданий на ЭВМ выбран пакетный режим работы с квантованием времени процессора. Это значит, что всем заданиям пакета по очереди предоставляется процессор на одинаковое время 10 с (круговой циклический алгоритм разделения времени). Если в течение этого времени заканчивается выполнение задания, оно покидает систему и освобождает процессор. Если же очередного кванта времени не хватает для завершения задания, оно помещается в конец очереди пакета. Последнее задание пакета выполняется без прерываний. Пакет считается готовым к вводу в ЭВМ, если в нем содержится 5 заданий. Новый пакет вводится в ЭВМ после окончания обработки предыдущего. Задания поступают в систему с интервалом времени 60 ± 30 секунд и характеризуются временем работы процессора 50 ± 45 секунд.

Смоделировать процесс обработки 200 заданий. Определить максимальную длину очереди готовых к обработке пакетов и коэффициент загрузки ЭВМ. Сравнить время прохождения «коротких» заданий, требующих свыше 90 секунд времени работы процессора.

Вариант 15

Самолеты прибывают для посадки в район крупного аэропорта каждые 10 ± 5 мин. Если взлетно-посадочная полоса свободна, прибывший самолет получает разрешение на посадку. Если полоса занята, самолет выполняет полет по кругу и возвращается к аэропорту через каждые 4 мин. Если после пятого круга самолет не получает разрешения на посадку, он отправляется на запасной аэродром. В аэропорту через каждые 10 ± 2 мин к взлетно-посадочной полосе вырываются готовые к взлету машины и получают разрешение на взлет, если полоса свободна. Для взлета и посадки самолеты занимают полосу в среднем на 5 мин (время распределено экспоненциально). Если при свободной полосе одновременно один самолет прибывает для посадки, а другой – для взлета, полоса предоставляется взлетающей машине.

Смоделировать работу аэропорта в течение суток. Подсчитать количество самолетов, которые взлетели, сели и были направлены на запасной аэродром. Определить коэффициент загрузки взлетно-посадочной полосы.

Вариант 16

На склад готовой продукции предприятия каждые 5 ± 2 мин поступают изделия типа *A* партиями по 500 штук, а каждые 20 ± 5 мин – изделия типа *B* партиями по 3000 штук. С интервалом времени 10 ± 5 мин к складу подъезжают автомашины, в каждую из которых надо погрузить по

1000 штук изделий типа A и B . Погрузка начинается, если изделия обоих типов есть на складе в нужном количестве, и продолжается 10 ± 2 мин. У склада одновременно могут находиться не более трех автомашин, включая автомашину, стоящую под погрузкой. Автомашин, не нашедшие места у склада, уезжают с его территории без груза.

Смоделировать работу склада при условии, что загрузиться должны 100 автомашин. Подсчитать число автомашин, уехавших без груза. Определить среднее и максимальное количество изделий каждого типа, хранящихся на складе.

Вариант 17

Диспетчер управляет внутризаводским транспортом и имеет в своем распоряжении два грузовика. Заявки на перевозки поступают к диспетчеру каждые 5 ± 4 мин. С вероятностью 0.5 диспетчер запрашивает по радио один из грузовиков и передает ему заявку, если тот свободен. В противном случае он запрашивает другой грузовик и таким образом продолжает сеансы связи, пока один из грузовиков не освободится. Каждый сеанс связи длится ровно 1 мин. Диспетчер допускает накопление у себя до пяти заявок, после чего вновь прибывшие заявки получают отказ. Грузовики выполняют заявки на перевозку за 12 ± 8 мин.

Смоделировать работу внутризаводского транспорта в течение 10 час. Подсчитать число обслуженных и отклоненных заявок. Определить коэффициенты загрузки грузовиков.

Вариант 18

Двухколейная железная дорога имеет между станциями A и B однокольный участок с разъездом C . На разъезде имеется запасной путь, на котором один состав может пропустить встречный поезд. К станциям A и B поезда прибывают с двухколейных участков каждые 40 ± 10 мин. Участок пути AC поезда преодолевают за 15 ± 3 мин, а участок пути BC – за 20 ± 3 мин. Со станций A и B поезда пропускаются на однокольный участок до разъезда только при условии, что участок свободен, а на разъезде не стоит состав. После остановки на разъезде поезда пропускаются на участок сразу после его освобождения. Поезд останавливается на разъезде, если по лежащему впереди него участку пути движется встречный поезд.

Смоделировать работу однокольного участка железной дороги при условии, что в направлении AB через него должны проследовать 50 составов. Определить среднее время ожидания составов на станциях A и B , а также среднее время ожидания на разъезде C и коэффициент загрузки запасного пути.

Вариант 19

В морском порту имеются два причала: старый и новый. У старого причала одновременно могут швартоваться два судна. Здесь работают два порталных крана, производящие разгрузку-погрузку судна за 40 ± 10 ч. У нового причала имеется место для пяти судов. Здесь работают три крана, производящие разгрузку-погрузку за 20 ± 5 ч. Суда прибывают в акваторию порта каждые 5 ± 3 ч, причем около 40% из них составляют суда, имеющие приоритет в обслуживании. В ожидании места у причала судно бросает якорь на рейде. Для швартовки отхода судна от причала требуется по 1 часу времени. Судам, имеющим приоритет в обслуживании, место у причала предоставляется в первую очередь. Разгрузку-погрузку судна всегда производит один кран.

Смоделировать процесс начала навигации в морском порту при условии, что в акваторию порта зашли 150 судов. Подсчитать число судов, обслуженных на каждом причале, и зафиксировать максимальное количество судов на рейде. Определить среднее время ожидания места у причала отдельно для судов, имеющих и не имеющих приоритета в обслуживании, а также коэффициенты загрузки порталных кранов.

Вариант 20

С интервалом времени 5 ± 2 мин детали поштучно поступают к станку на обработку и до начала обработки хранятся на рабочем столе, который вмещает 3 детали. Если свободных мест на столе нет, вновь поступающие детали укладываются в тележку, которая вмещает 10 деталей. Если тележка заполняется до нормы, ее увозят к другим станкам, а на ее место через 8 ± 3 мин ставят порожнюю тележку. Если во время отсутствия тележки поступает очередная деталь и не находит на столе места, она переправляется к другому станку. Рабочий берет детали на обработку в первую очередь из тележки, а если она пуста – со стола. Обработка деталей производится за 10 ± 5 мин.

Смоделировать процесс обработки на станке 200 деталей. Подсчитать число заполненных тележек и число деталей, поштучно переправленных к другому станку.

Вариант 21

Улицы, выходящие на четырехсторонний перекресток, имеют обозначения по направлению движения часовой стрелки: A , B , C и D . Со стороны улицы A машины подходят к перекрестку каждые 3 ± 2 с, причем 30% из них поворачивают направо в направлении $A-D$, а 20% – налево в направлении $A-B$. Поворот налево возможен, если нет движения в направлении $C-A$. Со стороны улицы C машины подходят к

перекрестку каждые 6 ± 2 с, причем 60% из них проезжают прямо в направлении $C - A$, а 40% - направо в направлении $C - B$. Поворот налево в направлении $C - D$ запрещен. Светофор на перекрестке переключается каждые 20 с. Ширина всех улиц допускает движение в три ряда в каждом направлении. Машины преодолевают перекресток в любом направлении за 2 с. Машина, выехавшая на перекресток до момента переключения светофора, обязательно продолжает свое движение. На перекрестке одновременно может находиться не более одной машины для каждого направления движения.

Смоделировать работу перекрестка по регулированию движения со стороны улиц A и C в течение получаса. Подсчитать число машин, проследовавших в каждом направлении. Определить среднюю и максимальную длину очереди машин для каждого направления движения.

3 Методические указания для организации самостоятельной работы

3.1 Общие положения

Цель самостоятельной работы по дисциплине – проработка лекционного материала, самостоятельное изучение некоторых разделов курса, подготовка к лабораторным работам, тестам и контрольной работе.

Самостоятельная работа студента по дисциплине «Функциональное и логическое программирование» включает следующие виды его активности:

1. проработка лекционного материала;
2. изучение тем теоретической части дисциплины, вынесенных для самостоятельной проработки;
3. подготовка к лабораторным работам;
4. подготовка к контрольной работе;
5. подготовка к экзамену.

3.2 Проработка лекционного материала

При проработке лекционного материала необходимо:

а) отработать прослушанную лекцию (прочитать конспект, прочитать учебное пособие и сопоставить записи с конспектом, просмотреть слайды) и восполнить пробелы, если они имелись (например, если вы что-то не поняли или не успели записать);

б) перед каждой последующей лекцией прочитать предыдущую, дабы не тратилось много времени на восстановление контекста изучения дисциплины при продолжающейся теме.

Данный вид деятельности ориентирован как на закрепление материала, так и на подготовку к тестовым заданиям и контрольным работам.

Содержание лекций:

Основные понятия теории моделирования сложных систем Имитационное моделирование систем - цели и задачи. Понятие модели. Функции моделей и основные случаи их применения. Классификация моделей. Требования к моделям. Постановка задачи моделирования, определение типа модели. Этапы моделирования.

Общая характеристика метода статистического моделирования и области его применения. Моделирование случайных воздействий на моделируемую систему. Методы моделирования дискретных и непрерывных случайных величин. Идентификация закона распределения. Принципы построения моделирующих алгоритмов.

Языки имитационного моделирования, их преимущества перед языками общего назначения для задачи моделирования систем.

Моделирование на языке GPSS. Основные группы элементов языка. Входной формат программы. Создание и уничтожение транзактов.

Внимание! Помните, что язык GPSS является предметно-ориентированным, поэтому всегда вкладывайте физический смысл в понятие транзакта в терминах рассматриваемой задачи. Аналогично, как только в модели вы вводите новое устройство или память (объекты языка, имитирующие единицу оборудования), также всегда необходимо представлять, что вы под этим понимаете в терминах задачи. Так, в качестве устройства или памяти может выступать продавец, кассир, рабочий, койка, но никак не процесс «лежать в больнице». Транзакты, генерируемые разными блоками в одной модели, могут иметь различный содержательный смысл. Например, транзакты, генерируемые одним блоком, могут представлять детали, обрабатываемые на конвейере. Транзакты, генерируемые другим блоком могут представлять рабочих, которые обслуживают данный конвейер и обрабатывают детали.

Работа с устройствами, задержка сообщений, очереди. Функции. Изменение маршрутов сообщения. Работа с памятью.

При использовании блоков работы со статистическими очередями помните, что работа данных блоков никак не отражается на физическую организацию очередей транзактов и на перемещение или задержку транзактов в модели. Статистические очереди предназначены только для сбора статистики на определенном участке. Поэтому, если блоки работы с очередями расставлены некорректно, статистика по очереди может получить какой угодно, вплоть до отрицательных значений (если транзакты чаще покидают очередь, чем встают в нее).

При работе с устройством помните, что освобождать устройство должен тот же транзакт, который и занимал это устройство. В противном случае будет выдана ошибка моделирования. В отличие от устройства, при работе с памятью, освобождать память могут любые транзакты: как те, которые занимали данную память, так и те, которые эту память не занимали.

Внимание! В модели должен быть хотя бы один блок TERMINATE с заданным параметром А. В противном случае будет вы-

дана ошибка, так как симулятор языка не будет знать, когда прекращать моделирование.

Стандартные числовые атрибуты языка. Вычислительные объекты языка. Изменение параметров сообщения.

Приоритеты. Статистические таблицы. Прерывания. Циклы. Логические переключатели. Синхронизация транзактов.

Работа с группами. Организация списков.

3.3 Самостоятельное изучение тем теоретической части курса

3.3.1 Проверка качества генераторов последовательностей случайных чисел

Так как при статистическом моделировании базовой последовательностью случайных чисел является последовательность с равномерным законом распределения на интервале $[0,1]$, то отдельное внимание уделено генерации квазиравномерных случайных чисел. Также рассматриваются различные методы проверок генераторов случайных чисел. В настоящее время наибольшее распространение получил алгоритмический способ генерации случайных чисел в связи с ростом быстродействия современных компьютеров, что существенно снижает основной недостаток данного способа (существенные затраты машинного времени). Поэтому все рассматриваемые методы генерации относятся к алгоритмическим.

Необходимо помнить, что любая последовательность случайных чисел, полученная путем машинной генерации, на самом деле является псевдослучайной. Это связано прежде всего с конечным числом разрядов любого числа в машинном представлении: генерируемая последовательность является дискретной. Другая причина псевдослучайности генерируемых последовательностей является алгоритмический (а следовательно детерминированный) способ генерации. Тем не менее, при использовании качественных генераторов случайных чисел, можно получать последовательности, близкие по своим свойствам к теоретическим.

В учебном пособии [1] рассмотрены различные методы проверки качества генераторов квазиравномерных последовательностей случайных чисел. В сущности, эти же методы могут быть использованы для проверки генераторов случайных чисел и с другими законами распределения. Единственно, проверка равномерности должна быть в этом случае заменена на проверку соответствующего закона распределения. При проверке качества генераторов особое внимание необходимо уделять длине отрез-

ка аperiodичности. Для улучшения этой характеристики существуют отдельные методы.

3.3.2 Системное время. Управляющие блоки GPSS

В различных блоках языка используются параметры, характеризующие интервалы времени. Помните, что с точки зрения языка единица времени абстрактна и не имеет физического смысла. Что понимается под единицей времени в модели, знает только исследователь, который эту модель строит. По условию задачи различные временные характеристики могут быть определены в разных масштабах (секунды, минуты, часы и т.д.). Приводите в модели все временные характеристики к единому масштабу, иначе модель будет функционировать неверно.

Внимание! Помните, что все блоки генерации в модели работают одновременно и независимо друг от друга. Поэтому, если в модели содержится несколько блоков генерации транзактов, то отдельные сегменты программы (начинающиеся с блока генерации и заканчивающиеся блоком уничтожения транзактов) могут располагаться в любой последовательности. При перестановке таких сегментов ничего не меняется! Например, таймер в примерах всегда расположен в конце программы. Это определяется просто стилем программирования, но никак не необходимостью. Если таймер поставить в начало программы, модель будет работать точно так же: генераторы транзактов работают параллельно.

Транзакты также перемещаются по модели независимо друг от друга. По умолчанию каждый транзакт после генерации перемещается последовательно от блока к блоку до тех пор, пока не встретит занятое устройство/память или явную задержку. Перемещение одних транзактов не зависит от перемещения других.

СЧА, связанные с системным временем, используются для проверки временных соотношений пребывания транзактов в системе.

В СЧА С1 и АС1 хранится текущее значение системного времени. СЧА С1 содержит значение относительного системного времени (с момента последнего блока RESET). СЧА АС1 содержит значение абсолютного системного времени (с момента последнего блока CLEAR). Данные СЧА доступны пользователю в любой точке программы.

Каждый транзакт при генерации снабжается отметкой времени. Время пребывания транзакта в модели содержится в СЧА М1 или МР и отсчитывается от момента рождения:

$$M1 = AC1 - \langle \text{дата рождения} \rangle.$$

Блок START воспринимается как команда симулятору начать выполнение прочитанной части модели.

Блок RESET предназначается для стирания в заданный момент времени статистики о предыстории процесса. Достигнутое состояние объектов при этом сохраняется.

Применение блока RESET позволяет уменьшить затраты машинного времени на сбор статистики о стационарном (в смысле вероятностных характеристик) процессе в тех случаях, когда предшествующий ему переходный процесс вносит заметные искажения в накапливаемую статистику.

Блок CLEAR переводит всю модель — всю статистику и все объекты — в исходное состояние. Исключением является лишь датчик случайных чисел — он не возвращается к начальному значению. Применение блока CLEAR позволяет осуществить независимые реализации моделируемого случайного процесса.

3.3.3 Внутренняя организация GPSS

Система GPSS в целом как программный продукт состоит из ряда модулей, из которых только модуль управления (симулятор) находится постоянно в ОЗУ и осуществляет процесс имитации. Динамика функционирования симулятора основана фактически на схеме событий, при этом событием считается любое изменение состояния моделируемой системы. Основной функцией симулятора является поддержание правильного хода часов системного времени и выяснение возможностей продвижения транзактов в программе модели. Симулятор оперирует с рядом информационных структур, основными из которых являются: список будущих событий (FEC), список текущих событий (SEC), список прерываний, список задержанных транзактов и другие списки.

Работа симулятора разделяется на три основные фазы:

- 1) изменение значения системного времени;
- 2) просмотр списка текущих событий;
- 3) движение сообщений.

Изучение алгоритмов перечисленных фаз работы симулятора языка помогает лучше понять принципы моделирования на GPSS, перемещение транзактов по системе и их синхронизацию.

4 Рекомендуемая литература

1. Салмина, Н. Ю. Имитационное моделирование: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Салмина Н. Ю. — Томск: ТУСУР, 2015. — 118 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5200>.