

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ
«СИСТЕМЫ И СЕТИ МАССОВОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ»**

Самара 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ
«СИСТЕМЫ И СЕТИ МАССОВОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ»

Составитель *Б.А. Есипов*

С А М А Р А
Издательство Самарского университета
2017

УДК 519.876.5

ББК 22.18я73

Составитель Б.А. Есипов

Рецензент: канд. техн. наук, доц. А.В. Баландин

Лабораторные работы по курсу «Системы и сети массового обслуживания»:
[Электронный ресурс]: метод. указания / сост. *Б.А. Есипов* – Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. – 36 с. : ил. Электрон. текстовые и граф. дан. (Кбайт).- 1 эл. опт. диск (CD-ROM)

Методические указания содержат варианты индивидуальных заданий 4-х лабораторных работ. Приведены сведения о порядке проведения всех этапов лабораторных работ и форме отчетов. Приведены сведения о порядке использования программных средств и даны примеры необходимых вычислений.

Методические указания предназначены для студентов направления 09.04.01 – «Информатика и вычислительная техника» в качестве методических указаний по курсу «Системы и сети массового обслуживания».

Подготовлены на кафедре информационных систем и технологий.

УДК 519.876.5

ББК 22.18я73

© Самарский университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
ВВЕДЕНИЕ	5
1. Лабораторная работа № 1. «Марковские цепи. Исследование Марковских процессов в программе MKV ».....	6
2. Лабораторная работа № 2 «Системы массового обслуживания. Теория очередей в программе QUEUE »	17
3. Лабораторная работа № 3 «Имитационное моделирование СМО в программе QSIM ».....	22
4. Лабораторная работа № 4 «Замкнутые системы массового обслуживания»	31
5. Примечание. Обозначения в СМО.....	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	35
Библиографический список.....	35

ПРЕДИСЛОВИЕ

В методических указаниях приводятся контрольные вопросы, а также индивидуальные задания для выполнения лабораторных работ.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника.

Содержание методических указаний соответствует разделам рабочей программы по дисциплине «Системы и сети массового обслуживания» федерального компонента ГОС подготовки магистров по направлению 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника.

ВВЕДЕНИЕ

Цель лабораторных работ – изучение процессов, происходящих в системах массового обслуживания (СМО) различного вида. Проведение лабораторных работ направлено на получение навыков исследования характеристик систем и сетей массового обслуживания при помощи специализированного программного обеспечения. В методических указаниях приведены сведения, позволяющие студентам вместе с теоретическими знаниями получать практические навыки расчетов основных характеристик СМО и СеМО.

1. Лабораторная работа № 1

«Марковские цепи. Исследование Марковских процессов в программе MKV»

Эта программа позволяет Вам найти вероятности нахождения системы в определенном состоянии в некоторый момент времени, используя модель Марковского процесса. Ввод программы включает вероятностный вектор начального состояния и матрицу вероятностей перехода. Максимальное число состояний, допустимое в программе - 50. Если вероятности начального состояния неизвестны, предполагается, что они равны между собой. Можно определять шестисимвольные имена состояний. По умолчанию имена: S_1, S_2, \dots, S_n . Данные можно запомнить на диске и затем считать.

Можно вывести вероятности каждого состояния в каждый период.

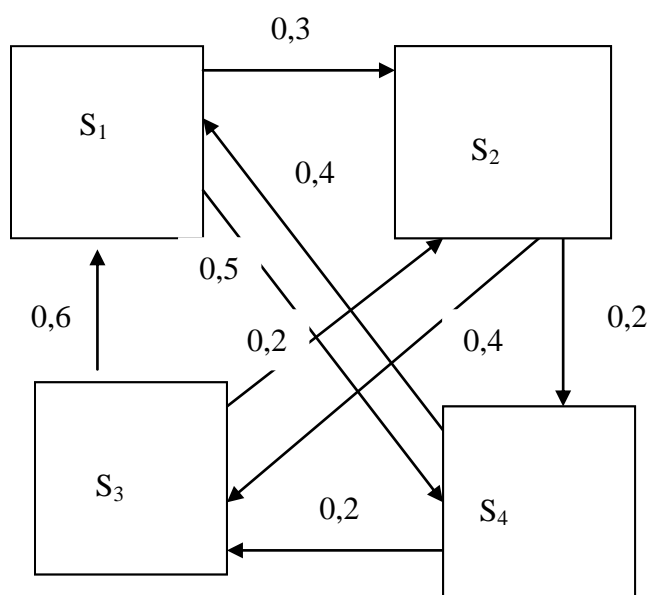
Вероятности устойчивого состояния будут показаны, когда разность вероятностей всех состояний в смежные периоды меньше $1.0E-6$.

Можно задать номер периода для остановки программы в этом периоде. Максимальное число периодов равно 32000.

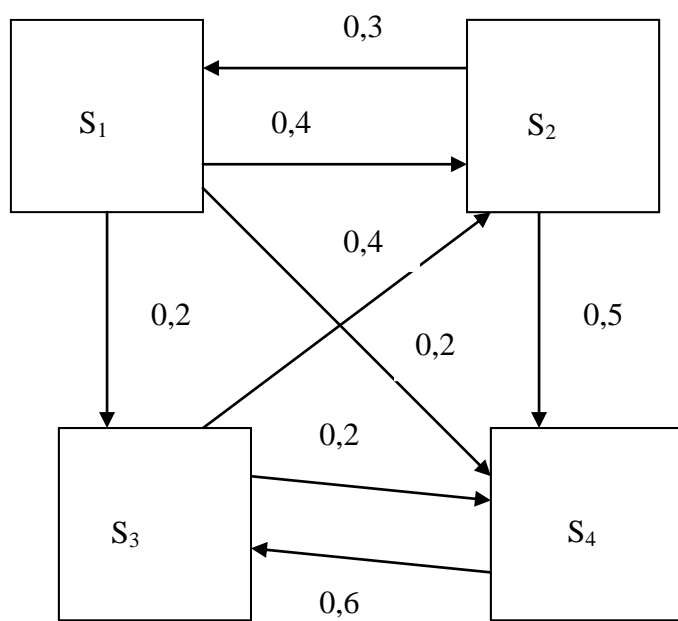
Описание дальнейших действий проведем на следующем примере. Динамический процесс в каждый момент времени может находиться в одном состоянии: S_1, S_2, S_3 или S_4 . В начальный момент он находится в состоянии S_1 . Матрица перехода из состояния в состояние определяется графом состояний, приведенным ниже. Какова вероятность того, что процесс будет находиться в состоянии S_i через 2 единицы времени. Какова вероятность того, что процесс окажется в состоянии S_1, S_2, S_3 или S_4 соответственно на длительном промежутке времени?

Вероятности перехода P_{ij} не показаны и определяются из условия полноты вероятностей

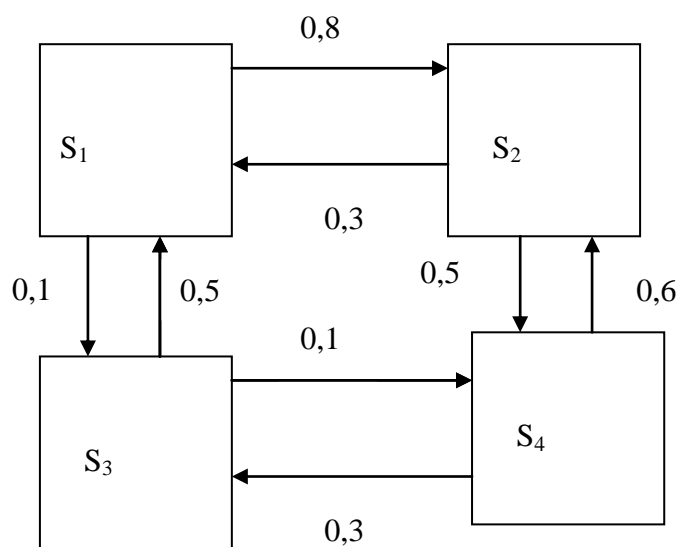
Вариант 1.



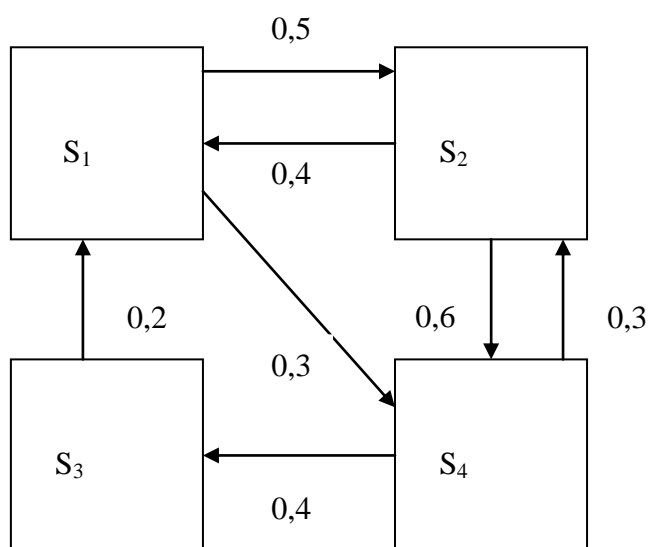
Вариант 2



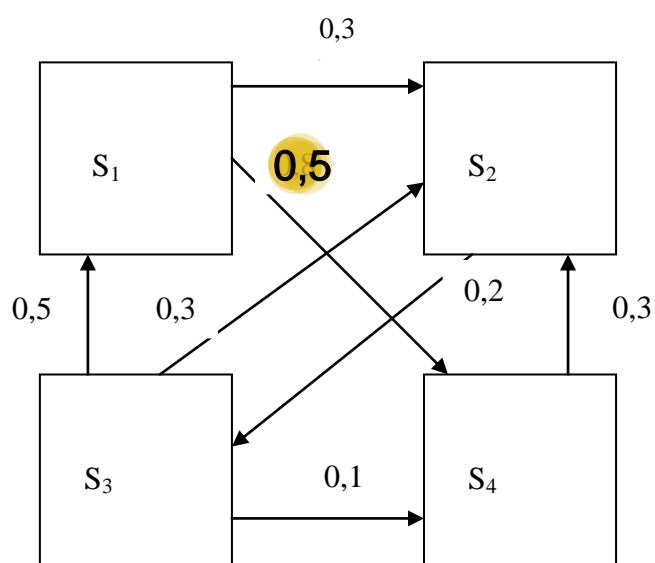
Вариант 3



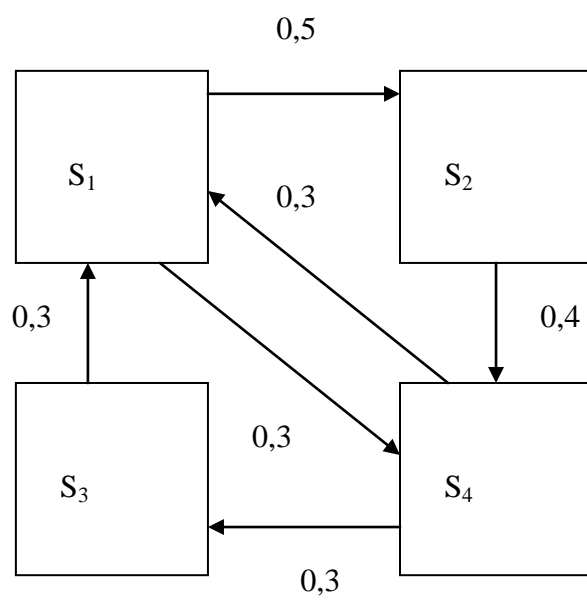
Вариант 4



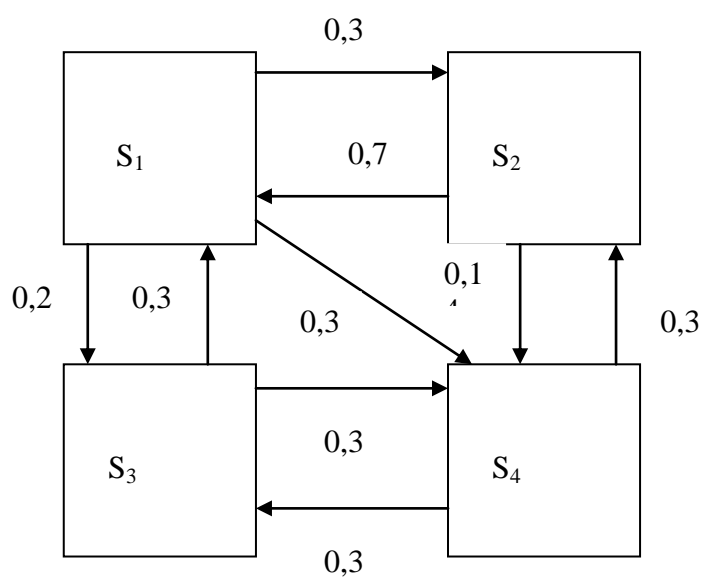
Вариант 5



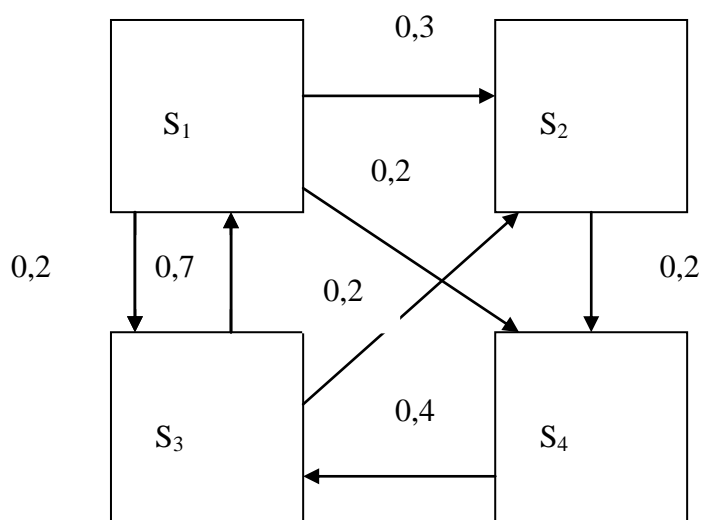
Вариант 6



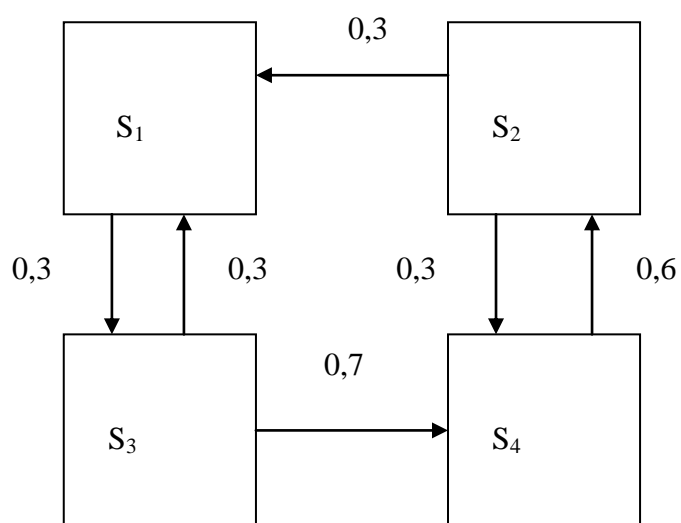
Вариант 7



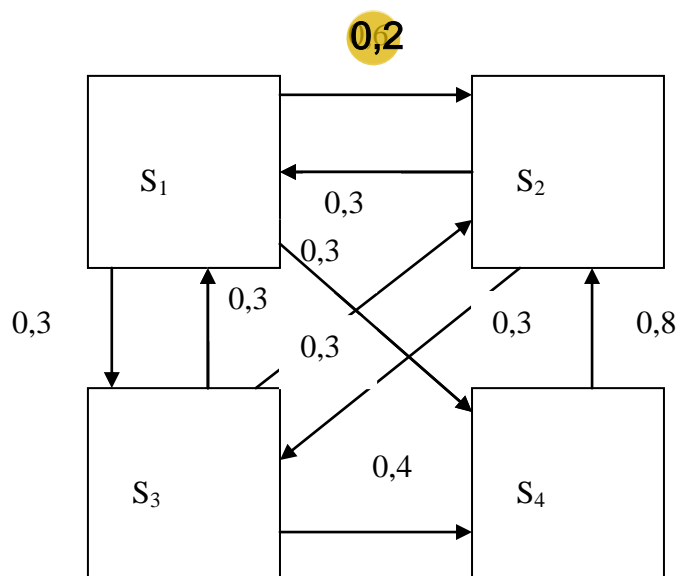
Вариант 8



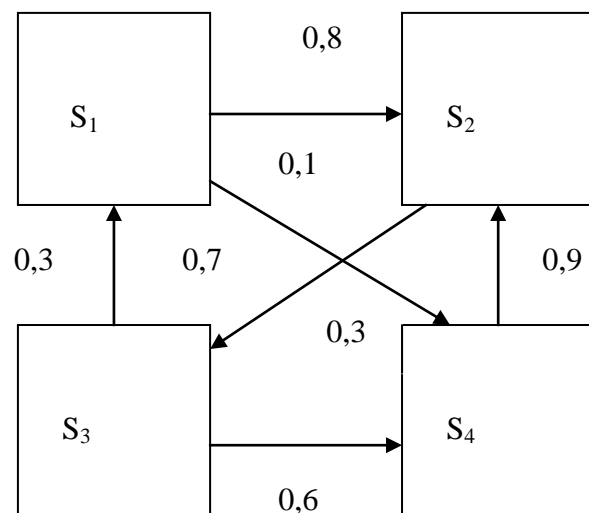
Вариант 9



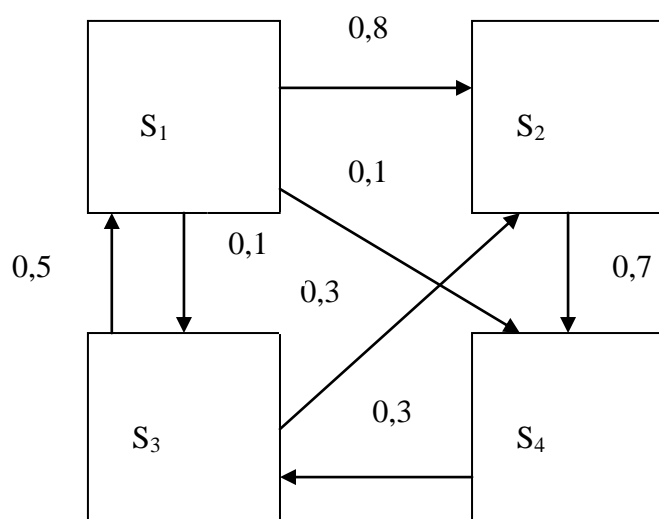
Вариант 10



Вариант 11



Вариант 12



Задание

1. Используя программу MKV смоделировать марковский процесс согласно данным индивидуального задания.
2. Определить период устойчивого состояния и предельные вероятности состояний.
3. Построить графики зависимости вероятностей состояний от времени (числа шагов).
4. Объяснить особенности протекания процесса в системе.

ПРОГРАММА «МАРКОВСКИЕ ПРОЦЕССЫ» (MKV)

Для обеспечения проведения лабораторных работ используется программное средство «Количественный анализ в управлении» ПАКЕТ PER [5].

При вызове программы MKV возникает функциональное меню, аналогичное меню описанных выше задач. Рассмотрим работу каждой опции этого меню.

При вызове опции 1 - "Обзор" -на экране дисплея появляется краткий обзор возможностей программы (см. изложенной выше).

При вызове опции 2 - "Ввод новой задачи" - на экране дисплея появляется приглашение к вводу информации о новой задаче.

Ввод начинается с определения имени задачи, которое должно содержать не более 6-ти символов

Описание дальнейших действий проведем на следующем примере. Динамический процесс в каждый момент времени может находиться в одном состоянии из состояний: А, В или С. В начальный момент он находится в состоянии В. Матрица перехода из состояния в состояние приведена ниже. Какова вероятность того, что процесс будет находиться в состоянии А через 2 единицы времени. Какова вероятность того, что процесс окажется в состоянии А, В, С соответственно на длительном промежутке времени?

Матрица вероятностей перехода:

	А	В	С
А	.2	.3	.5
В	.4	.3	.3
С	.2	.4	.4

Эти данные должны быть введены в программу.

MKV данные для ввода testd

При вводе задачи действительны следующие соглашения:

1. Ответьте на вопросы, касающиеся основной информации о задаче.
2. Затем введите имена состояний, если не используете умолчание.
3. Затем введите вероятностный вектор начального состояния, если он известен.
4. Затем введите матрицу переходных вероятностей.
5. После ввода элемента данных, нажмите клавишу ENTER.

6. Находясь в пределах страницы экрана возврат курсора при нажатии клавиши BACKSPACE.
 7. Когда Вы удовлетворены данными на экране - нажмите клавишу ПРОБЕЛ.
 8. Нажмите клавишу ESC для возврата на предыдущую страницу или клавишу / перехода к другой странице.
- Сколько состояний в Вашей задаче? (Введите число ≤ 50) <3>
 Знаете ли Вы вероятностный вектор начал. состоян. (Y/N)? <y>
 Будите использовать имена состояний по умолч. (S1,...,Sn) (Y/N)? <n>

НАЖМИТЕ ПРОБЕЛ для продолжения, если все ввели правильно.

Введите имена состояний, используя до 6-ти символов.

(Для использования имен по умолчанию - S1,...,Sn,
нажмите клавишу ENTER)

Состояние:

1:<a> 2: 3:<c>

Ввод вероятностного вектора начального состояния для testd

a: 0 b: 1 c: 0

Ввод матрицы перехода для testd. Стр. 1

от	к			
a	a:	.2	b:	.3
b	a:	.4	b:	.3
c	a:	.2	b:	.4

ДААННЫЕ ЗАДАЧИ СФОРМИРОВАНЫ!!!

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

Входные данные могут быть выведены на экран и/или распечатаны.

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ, описывающие задачу testd

(вероятности начального состояния)

a:0.0000 b:1.0000 c:0.0000

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ, описывающие задачу testd

(Матрица вероятностей перехода)

от	к			
a	a:	0.2000	b:	0.3000
b	a:	0.4000	b:	0.3000
c	a:	0.2000	b:	0.4000

Нажмите: ПРОБЕЛ-продолжение; ESC- возврат на предыдущ. стр.

При вызове опции 3 - "Чтение существующей задачи" - на экране дисплея появляется приглашение назвать имя внешнего носителя и файла для считывания данных задачи, которые ранее были сохранены на внешнем носителе (см. опцию 6).

При вызове опции 4 - "Вывод и/или печать входных данных" - на экране дисплея появляется запрос на подтверждения распечатки.

При вызове опции 5 - "Решение задачи" - на экране дисплея появляется меню решения задачи.

ОПЦИИ МЕНЮ для РЕШЕНИЯ testd

В процессе решения можно вывести каждую итерацию Марковского процесса. Вы можете задать число итераций (≤ 32000);

В противном случае программа будет выполняться до нахождения устойчивого состояния. Устойчивое состояние достигается в том случае, когда разности вероятностей всех состояний в смежные периоды не более $1.0E-6$.

1. РЕШИТЬ и ВЫВЕСТИ каждую итерацию.
2. РЕШИТЬ и ВЫВЕСТИ конечную итерацию.
3. РЕШИТЬ без вывода итерации.
4. ЗАДАТЬ МАКСИМАЛЬНОЕ ЧИСЛО ИТЕРАЦИЙ.
5. ВОЗВРАТ В МЕНЮ.

УКАЖИТЕ КУРСОРОМ (ВЕРХ/ВНИЗ) и нажмите ENTER или введите КОД ОПЦИИ

Следующие таблицы показывают начальное состояние, ход протяжения процесса и устойчивое состояние.

Вероятности начального состояния—Итерация 0

a:	0.0000	b:	1.0000	c:	0.0000
----	--------	----	--------	----	--------

НАЖМИТЕ любую клавишу!!! Или 'G' -без остановки.

Вероятности состояний—Итерация 1

a:	0.4000	b:	0.3000	c:	0.3000
----	--------	----	--------	----	--------

НАЖМИТЕ любую клавишу!!! Или 'G' -без остановки.

Вероятности состояний—Итерация 2

a:	0.26000	b:	0.3300	c:	0.4100
----	---------	----	--------	----	--------

НАЖМИТЕ любую клавишу!!! Или 'G' -без остановки.

Вероятности состояний—Итерация 3

a:	0.2660	b:	0.3410	c:	0.3930
----	--------	----	--------	----	--------

НАЖМИТЕ любую клавишу!!! Или 'G' -без остановки.

Вероятности состояний—Итерация 4

a:	0.2679	b:	0.3393	c:	0.3929
----	--------	----	--------	----	--------

НАЖМИТЕ любую клавишу!!! Или 'G' -без остановки.

Найдено устойчивое состояние. НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

При вызове опции 6 - "Сохранение задачи" - на экране дисплея появления приглашения назвать имя внешнего носителя и файла для сохранения данных задачи.

При вызове опции 7 - "Корректировка задачи" - на экране появляется меню с возможностями модификации данных:

1. МОДИФИЦИРОВАТЬ вектор начального состояния.
2. МОДИФИЦИРОВАТЬ матрицу перехода.
3. ДОБАВИТЬ состояние.
4. УДАЛИТЬ состояние.
5. ВЫВОД и/или ПЕЧАТЬ входных данных.
6. ВОЗВРАТ В МЕНЮ.

При вызове опции 8 - "Вывод/печать окончательного решения задачи" - на экране дисплея появляется следующее меню.

Опции меню для ВЫВОДА и/или ПЕЧАТИ конечного решения для testd.

В Вашем распоряжении следующие опции просмотра или распечатки конечного решения. Если желаете получить распечатку – подготовьте принтер.

1—ВЫВОД конечного решения.

2— ВЫВОД и/или ПЕЧАТЬ конечного решения.

3—ВОЗВРАТ в функциональное меню.

УКАЖИТЕ КУРСОРОМ (ВЕРХ/ВНИЗ) и нажмите ENTER или введите КОД ОПЦИИ.

Конечная итерация—Число итераций=9

a: 0.2679 b: 0.3393 c: 0.3929

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

Повторяющийся период для каждого состояния

a: 3.73 b: 2.95 c: 2.25

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

При вызове опции 9 или нажатии функциональной клавиши F9 происходит возврат в программное меню.

При вызове опции 0 или нажатии функциональной клавиши F10 происходит завершение работы ППП ПЭР.

2. Лабораторная работа № 2 «Системы массового обслуживания. Теория очередей» (Аналитические расчеты характеристик)

Анализ СМО в системе QUEUE.

В программе *QUEUE* можно анализировать разнообразные СМО : М/М/1 с конечным и бесконечным источником формирования очереди (количеством клиентов), М/Г/1, М/Д/1, М/М/С, и М/М/С и конечным количеством клиентов. Коэффициент использования канала ρ/n .

Задание 1. Решить контрольный пример из методички.

Задание 2. Рассмотреть М/М/1 с параметрами по вариантам

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Инт.пот. заявок λ	1	2	3	5	3	0,8	4	3	5	1
инт.пот. обсл. μ	2	3	4	6	10	1	5	5	8	4

Задание 3. В режиме «Корректировка» изменить параметры СМО так, чтобы среднее время нахождения клиента в системе уменьшилось вдвое.

Задание 4. Рассмотреть систему М/Г/1 и М/Д/1 со средним временем обслуживания

$t_{об} = 1/\mu$. Среднеквадратическое отклонение взять $0,2 t_{об}$. Сравнить результаты с Заданием 2.

Задание 5. Рассмотреть систему М/М/4 с числом мест в очереди 2. (Число мест в очереди установить в режиме «корректировка».

Задание 6. Рассмотреть М/М/4 - бесконечное число мест в очереди. Сравнить с результатами Задания 5.

Задание 7. То же с числом клиентов 20. Сравнить с результатами Задания 5 и 6.

Задание 8. Изменяя число мест в очереди (см. Задание 5) определить его, чтобы пропускная способность увеличилась на 50% по сравнению с числом мест в очереди $m=2$. Если это невозможно, объяснить почему. Изменить μ чтобы выполнить это требование.

ПРОГРАММА «ТЕОРИЯ ОЧЕРЕДЕЙ» (QUEUE)

Эта программа позволяет анализировать некоторые популярные задачи теории очередей. Это одноканальная модель с бесконечной или конечной очередью, с конечным или бесконечным населением, с различным распределением времени обслуживания.

Могут анализироваться задачи многоканального обслуживания. Результаты анализа выводятся с использованием технологии очередей: темп прироста очереди, скорость обслуживания, среднее число клиентов в системе, коэффициент использования оборудования, среднее число клиентов в очереди, среднее время, проводимое клиентом в системе, среднее время ожидания в очереди и вероятности, относящиеся к состояниям системы.

QUEUE позволяет вывести на экран, запомнить и решить Вашу задачу. После решения результаты выводятся на экран. Копию экрана на принтер можно получить нажатием клавиши F8.

Примечания:

1. Нажмите клавишу ESC для возврата на предыдущую страницу или клавишу / перехода к другой странице.
2. Программа QUEUE может находить устойчивые состояния в задачах M/M/1, M/M/1 с конечной очередью, M/M/1 с конечным источником формирования очереди, M/G/1, M/D/1, M/M/C и M/M/C с конечным источником формирования очереди.
3. Если система имеет конечный источник формирования очереди, темп прироста очереди соответствует темпу появления людей в очереди, а не темпу прироста населения.
4. Общее распределение означает, что известно среднее квадратическое отклонение, но неизвестна форма распределения.

При выборе QUEUE возникает функциональное меню, аналогичное меню описанных выше задач. Рассмотрим работу каждой опции этого меню.

При рассмотрении опции 1 - "Обзор" - на экране дисплея появляется краткий обзор возможностей программы (см. изложенной выше).

При вызове опции 2 - "Ввод новой задачи" - на экране дисплея появляется приглашение к вводу информации о новой задаче. Ввод начинается с определения имени задачи, которое должно содержать не более 6-ти символов и единиц времени.

Для указания имени задачи используйте до 6 символ. ? Testa

Специфицируйте единицу времени (мин., час и т.п.)

(по умолчанию - МИН)? ЧАС

Описание дальнейших действий проведем на примере одноканальной системы массового обслуживания с бесконечной очередью и бесконечным населением (М/М/1). Ниже в этой главе будет приведен пример многоканальной системы (М/М/2).

Транспортная компания имеет бригаду для выполнения погрузочно/разгрузочных работ. Время погрузки/разгрузки считается экспоненциально распределенным со средним значением 20 минут на одно транспортное средство. Прибытие транспортных средств под погрузку/разгрузку соответствует Пуассоновскому распределению с средним значением 2 средства в час. Требуется оценить ожидаемый результат работы бригады. В соответствии с поставленной задачей ввод данных будет выглядеть следующим образом.

QUEUE-Model для ввода testa

При вводе задачи действительны следующие соглашения:

1. Клавиша ESC позволяет вернуться к началу для ввода данных.
2. Клавиша / возвращает к предыдущему вопросу при вводе данных.
3. Для ввода данных по умолчанию нажмите клавишу ENTER.
4. Ввод 0 темпа прироста очереди для возврата в меню.

QUEUE-Model для ввода testa

Темп прироста очереди (Vприр.) в час? 2

Сколько устройств (каналов)? 1

Скор. Обслуживания (Vоб) в час для устройств? 3

Допустимое распределение времени обслуживания:

1- Экспоненциальное.

2- Постоянное

3- Общее

Какое распределение времени обслуживания (по умолч.=1)? 1

Очередь конечная (Y/N)? n

Число клиентов конечно (Y/N)? n

ВВОД ДАННЫХ ЗАВЕРШЕН.

Нажмите ENTER для продолжения или / для корректировки.

Входные данные могут быть выведены на экран и/или на принтер.

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ, описывающие задачу testa

М/М/1

Темп прироста очереди (Vприр.)	=	2.000
Распределение	:	ПУАССОН
Число устройств	=	1
Скорость обслуживания для устройства	=	3.000
Распределение	:	ПУАССОН
Среднее время обслуживания	=	0.333 час
Среднее квадратическое отклонение	=	0.333 час
Предел очереди	=	Бесконечной
Число клиентов	=	Бесконечной

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

При вызове опции 3 - "Чтение существующей задачи" - на экране дисплея появляется приглашение назвать имя внешнего носителя и файла для считывания данных задачи, которые ранее были сохранены на внешнем носителе (см. опцию 6).

При вызове опции 4 - "Вывод и/или печать входных данных" - на экране дисплея появляется запрос на подтверждения распечатки.

При вызове опции 5 - "Решение задачи" - на экране дисплея возникает запрос относительно числа клиентов, для которого будет вычислена вероятность нахождения в очереди.

РЕШЕНИЕ МОДЕЛИ для testa

Вероятность n клиентов в системе обозначено $P(n)$

Задайте значение n , для которого будет вычислено $P(n)$

(по умолчанию 10) ? 10

РЕШЕНИЕ МОДЕЛИ для testa

M/M/1

C $V_{\text{прпр.}}=2$ клиентов в час и $V_{\text{об}}=3$ клиентов в час

Коэффициент использования $(\rho) = .6666667$

Среднее число клиентов в системе $(L)=2$

Среднее число клиентов в очереди $(Lq)=1.333333$

Среднее время нахождения клиента в системе $(W)=1$

Среднее время нахождения клиента в очереди $(Wq)=.6666667$

Вероятность не занятости всех устройств $(P_0)=.3333333$

Вероятность ожидания прибывшего клиента $(P_w)=.6666667$

$P(1)=0.22222$ $P(2)=0.14815$ $P(3)=0.09877$ $P(4)=0.06584$ $P(5)=0.04390$

$P(6)=0.02926$ $P(7)=0.01951$ $P(8)=0.01301$ $P(9)=0.00867$ $P(10)=0.00578$

10

Сумма $P(i)=0.655106$

$i=1$

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

При вызове опции 6 - "Сохранение задачи" - на экране дисплея появления приглашения назвать имя внешнего носителя и файла для сохранения данных задачи.

При вызове опции 7 - "Корректировка задачи" - на экране появляется меню с различными возможностями модификации данных задачи. Выберите одно из следующих данных для изменения:

1- Темп прироста очереди.

2- Число устройств.

3- Время обслуживания для устройств.

4- Распределение времени обслуживания.

5- Размер очереди.

6- Число клиентов.

7- ВЫВОД и/или ПЕЧАТЬ входных данных.

0- ВОЗВРАТ В МЕНЮ.

ВВЕДИТЕ НОМЕР ОПЦИИ ?

При вызове опции 9 или нажатии функциональной клавиши F9 происходит возврат в программное меню.

При вызове опции 10 или нажатии функциональной клавиши F10 происходит завершение работы ППП ПЭР.

Задача многоканального обслуживания (М/М/2).

В условиях предыдущей задачи требуется оценить эффект от разделения существующей бригады на 2 с изменением времени обслуживания до 1.5 средств в час.

Ниже приведен протокол решения задачи

QUEUE-Model для ввода testa

Темп прироста очереди ($V_{\text{прир.}}$) в час? 2

Сколько устройств (каналов)? 2

Скор. обслуж. ($V_{\text{об}}$) в час для устройства? 1.5

Число клиентов конечно (Y/N) n

ВВОД ДАННЫХ ЗАВЕРШЕН.

Нажмите ENTER для продолжения или / для корректировки

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ, описывающие задачу для testa

М/М/2

Темп прироста очереди ($V_{\text{прир.}}$) = 2.000

Распределение : ПУАССОН

Число устройств = 2

Скорость обслуживания для устройства = 1.5

Распределение : ПУАССОН

Среднее время обл. = 0.667 час

Среднее квадр. отклонение = 0.667 час

Предел очереди = Бесконеч.

Число клиентов = Бесконеч.

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

РЕШЕНИЕ МОДЕЛИ для testa

М/М/2

С $V_{\text{прир.}}=2$ клиентов в час и $V_{\text{об}}=1.5$ клиентов в час

Коэффициент использования $(p) = .6666667$

Среднее число клиентов в системе $(L)=2.4$

Среднее число клиентов в очереди $(Lq)=1.0666667$

Среднее время нахождения клиента в системе $(W)=1.2$

Среднее время нахождения клиента в очереди $(Wq)=.5333334$

Вероятность не занятости всех устройств $(P_0)=.2$

Вероятность ожидания прибывшего клиента $(P_w)=.5333334$

$P(1)=0.26667$ $P(2)=0.17778$ $P(3)=0.11852$ $P(4)=0.07901$ $P(5)=0.05267$

$P(6)=0.03512$ $P(7)=0.02341$ $P(8)=0.01561$ $P(9)=0.01040$ $P(10)=0.00694$

10

Сумма $P(i)=0.786127$

i=1

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

3. Лабораторная работа № 3

«Имитационное моделирование СМО в программе QSIM»

Рассмотрим метод имитационного моделирования и анализа СМО на следующем примере.

Банк стоит перед выбором: нанять двух клерков или взять в аренду два банковских автомата. Следующая таблица показывает скорость обслуживания и распределение времени обслуживания:

	Скорость обслуживания в час	Распределение
Клерк А	35	Пуассона (по вариантам)
Клерк В	30	Пуассона(по вариантам)
Автомат А	30	Пуассона(по вариантам)
Автомат В	30	Пуассона(по вариантам)

Клиенты прибывают в банк в соответствии с Пуассоновским (по вариантам) распределением со средним значением 50 клиентов в час. Если две альтернативы стоят одинаково, управляющий банком хочет знать, какая альтернатива гарантирует более высокий уровень сервиса в смысле меньшего среднего времени ожидания клиентов в системе. Поскольку клерки имеют различную скорость обслуживания, необходимо использовать для анализа метод Монте-Карло вместо приближенной формулы теории очередей. Для использования программы QSIM представим задачу в следующем виде.

Альтернатива 1:

Среднее время прибытия клиентов = $1/\lambda = 1/50$ в час = 1.2 минуты.

Среднее время обслуживания для клерка А = $1/M = 1/35$ часа = 1.7143 минуты.

Среднее время обслуживания для клерка В = $1/M = 1/30$ часа = 2 мин.

Альтернатива 2:

Среднее время прибытия клиентов = 1.2 минуты.

Среднее время обслуживания для каждой машины = 2 минуты

Задание 1. Кратко описать возможности системы.

Задание 2. Решить контрольный пример по методичке.

Задание 3. В режиме «Корректировка» изменить условия задачи по вариантам

Таблица вариантов параметров СМО

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дисципли. очереди	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Число мест в очере m	2	3	4	5	2	3	5	6	6	6
Вх поток	Эксп	Равн	Эрл	Эксп	Норм	Пост	Эрл	Норм	Равн	Эксп
Пот обл	Пост	Эксп	Норм	Эрл	Норм	Эксп	Норм	Эрл	Пост	Норм

Примечания. Поток Эрланга $k=2$. Среднее квадратическое отклонение принять $\sigma = 0,2 t_{об}$. Для равномерного распределения принять $a = t_{об} - 0,2 t_{об}$, $b = t_{об} + 0,2 t_{об}$, где $t_{об}$ – среднее время обслуживания одним каналом.

Найти отличия в результатах по сравнению с контрольным примером. (Клерки или банкоматы?) и пояснить их.

ПРОГРАММА «ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ» (QSIM)

Эта программа использует метод Монте-Карло для анализа систем массового обслуживания с числом устройств и очередей до 20. Допускаются очереди с числом клиентов до 100. Механизм обслуживания специфицируется временем обслуживания и формой распределения. Механизм формирования очереди определяется размером очереди и типом приоритета. В QSIM допускается пять видов распределений, когда Вы определяете способ обслуживания и правило увеличения очереди: экспоненциальное, Эрланга, равномерное, нормальное и постоянное. Правило установления приоритетов обслуживания может соответствовать FIFO (первым пришел - первым ушел) LIFO (последним пришел - первым ушел), случайному выбору.

Распределение времени прироста очереди также специфицируется одним из пяти распределений. Отдельные виды обслуживания могут быть идентичны или иметь различные характеристики. QSIM позволяет наблюдать изменения в состоянии системы в отдельные моменты времени.

Примечания:

1. Нажмите клавишу ESC для возврата к началу, а клавишу / для возврата к предыдущему вопросу.
2. Программа QSIM может имитировать одностадийные системы массового обслуживания с числом устройств до 20 и различными распределениями времени обслуживания и прироста.
3. Программа QSIM позволяет задать общее время имитации (по умолчанию - 100 единиц времени), начальное время сводки данных (по умолчанию - 0). Начальный статус системы (по умолчанию - пусто).
4. Допустимые формы распределений для времени прибытия клиентов и времени обслуживания:
 - a. Экспоненциальное.
 - b. Эрланга.
 - c. Равномерное.
 - d. Нормальное.
 - e. Постоянное.
5. Программа QSIM осуществляет имитацию Монте-Карло с выводом на экран текущих состояний и статистики очередей.
6. Обозначения.

λ	: Средняя скорость прибытия клиентов.
M	: Среднее время обслуживания.
Q _{max}	: Максимальная длина очереди.
L	: Среднее число клиентов в системе.
L _q	: Среднее число клиентов в очереди.
W	: Среднее время нахождения клиента в системе.
W _q	: Среднее время нахождения клиента в очереди.
Коэф	: Коэффициент использования клиента в очереди.

При выборе QSIM возникает функциональное меню, аналогичное меню описанных выше задач. Рассмотрим работу каждой опции этого меню.

При рассмотрении опции 1 - "Обзор" - на экране дисплея появляется краткий обзор возможностей программы (см. изложенной выше).

При вызове опции 2 - "Ввод новой задачи" - на экране дисплея появляется приглашение к вводу информации о новой задаче. Ввод начинается с определения имени задачи, которое должно содержать не более 6-ти символов и единиц времени.

Для указания имени используйте до 6-ти символов? testb

Специфицируйте единицу времени (секунда, минута,...)

(по умолчанию - минута)?

Описание дальнейших действий проведем на следующем примере.

Банк стоит перед выбором: нанять двух клерков или взять в аренду два банковских автомата. Следующая таблица показывает скорость обслуживания и ее распределение:

	Скорость обслуживания в час	Распределение
Клерк А	35	Пуассона
Клерк В	30	Пуассона
Автомат А	30	Пуассона
Автомат В	30	Пуассона

Клиенты прибывают в банк в соответствии с Пуассоновским распределением со средним значением 50 клиентов в час. Если две альтернативы стоят одинаково, управляющий банком хочет знать, какая альтернатива гарантирует более высокий уровень сервиса в смысле меньшего среднего времени ожидания клиентов в системе. Поскольку клерки имеют различную скорость обслуживания, необходимо использовать для анализа метод Монте-Карло вместо приближенной формулы теории очередей. Для использования программы QSIM представим задачу в следующем виде.

Альтернатива 1:

Среднее время прибытия клиентов = $1/\lambda = 1/50$ в час = 1.2 минуты.

Среднее время обслуживания для клерка А = $1/M = 1/35$ часа = 1.7143 минуты.

Среднее время обслуживания для клерка В = $1/M = 1/30$ часа = 2 мин.

Альтернатива 2:

Среднее время прибытия клиентов = 1.2 минуты.

Среднее время обслуживания для каждой машины = 2 минуты.

В соответствии с поставленной задачей ввод данных (альтернатива1) осуществляется следующим образом.

QUEUE-Model для ввода testa

При вводе задачи действительны следующие соглашения:

1. Клавиша ESC позволяет вернуться к началу для ввода данных.
2. Клавиша / возвращает к предыдущему вопросу при вводе данных.
3. После ввода данных Вы можете модифицировать входные данные.

Сколько устройств (до 20)? 2

Все устройства идентичны (Y/N)? N

Уст-во #1

Среднее время обслуживания в минут ? 1.7143

Допустим. распред. для времени обслуж. и между прибытиями:

1. Экспоненциальное.
2. Эрланга.
3. Равномерное.
4. Нормальное.
5. Постоянное.

Распределение времени обслуживания (1-5)? 1

Уст-во # 2

Среднее время обслуживания в минут ? 2

Распределение времени обслуживания (1-5)? 1

Сколько очередей (до 20, по умолчанию =1)? 1

Каков лимит длины очереди (≤ 100 , по умолчанию=100)?

ПРАВИЛО ДИСПЕТЧИРОВАНИЯ ОЧЕРЕДИ:

- 1—FIFO (Первый первым ушел).
- 2—LIFO (Последний первым ушел).
- 3—Случайное.

Какое правило диспетчирования (1-3)? 1

Какое сред. Время между прибытиями в минут ? 1.2

Допустимое распределение для времени обслуживания и между прибытиями:

- 1- Экспоненциальное.
- 2- Эрланга.
- 3- Равномерное.
- 4- Нормальное.
- 5- Постоянное.

Каково распределение времени между прибытиями (1-5)? 1

Входные данные могут быть выведены на экран и/или распечатаны.

ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ, описывающие задачу testb		
Уст. # 1	Среднее время : 1.71	Распределение: Эксп.
Уст. # 2	Среднее время : 2.00	Распределение: Эксп.
Уст. # 1	Передел очеред: 100	Дисп: FIFO
Среднее время между прибытиями =1.20 Расп: Эксп. Случ. число=113		

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

При вызове опции 3 - "Чтение существующей задачи" - на экране дисплея появляется приглашение назвать имя внешнего носителя и файла для считывания данных задачи, которые ранее были сохранены на внешнем носителе (см. опцию 6).

При вызове опции 4 - "Вывод и/или печать входных данных" - на экране дисплея появляется запрос на подтверждения распечатки.

При вызове опции 5 - "Решение задачи" - на экране дисплея появляется меню решения задачи.

ОПЦИИ МЕНЮ ДЛЯ ИМИТАЦИИ testb

Перед проведением имитации Вы имеете набор возможностей, которые включает спецификацию времени имитации (по умолчанию = 100), стартового времени суммирования данных (по умолчанию=0) и начального статуса системы (по умолчанию пустой). Вы можете выбрать просмотр каждого случайного события в период процесса имитации. По умолчанию случайное число равно 113, если Вы не выбрали опцию 3.

- 1—Специфицировать время имитации и суммирования данных.
- 2—Специфицировать начальный статус системы.
- 3—Специфицировать новое случайное число.
- 4—ИМИТИРОВАТЬ и ВЫВЕСТИ каждое событие.

5—ИМИТИРОВАТЬ БЕЗ ВЫВОДА каждого события.

6—ВОЗВРАТ В МЕНЮ.

УКАЖИТЕ КУРСОРОМ (ВВЕРХ/ВНИЗ) и нажмите ENTER или введите КОД ОПЦИИ

Выбором опции 1-3 вводится информация о параметрах системы или изменяются значения, заданные по умолчанию.

Как долго Вы собираетесь имитировать минут? 1000

С какого времени хотите суммировать данные? 0

Введите начальное число в каждой очереди:

Сколько клиентов в очереди #1? 0

ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ЗАВЕРШЕНА

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

Введите случайное число (-32768—32767)? 113

Следующие таблицы показывают начальное состояние системы, показатели первых пяти текущих состояний и финишную статистику.

ПРОСМОТР СТАТУСОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОЧЕРЕДЕЙ testb

Время: 0.00 Текущее событие: Начальный статус

Лимит времени: 1000.00 Время суммирования: 0.0

№	Устр-ва	Очер.	Qmax	Lq	L	Wq	W	Коэф.
1	своб	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000 0
2	своб				0.00	0.00	0.00	0.000 0
Сумм: Lq=0.00 L=0.00 Wq=0.00 W=0.00 Коэф.=0.00								
Отказ = 0								

Нажмите любую клавишу, "G" - без остановок!!!

ПРОСМОТР СТАТУСОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОЧЕРЕДЕЙ testb

Время: 1.45 Текущее событие: Новое прибытие

Лимит времени: 1000.00 Время суммирования: 0.0

№	Устр-ва	Очер.	Qmax	Lq	L	Wq	W	Коэф.
1	своб	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000 0
2	своб				0.00	0.00	0.00	0.000 0
Сумм: Lq=0.00 L=0.00 Wq=0.00 W=0.00 Коэф.=0.00								
Отказ = 0								

Нажмите любую клавишу, "G" - без остановок!!!

ПРОСМОТР СТАТУСОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОЧЕРЕДЕЙ testb

Время: 2.69 Текущее событие: Новое прибытие

Лимит времени: 1000.00 Время суммирования: 0.0

№	Устр-ва	Очер.	Qmax	Lq	L	Wq	W	Коэф.
1	своб	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000
2	зан.				0.46	0.00	1.25	0.45975
Сумм: Lq=0.00 L=0.46 Wq=0.00 W=1.25 Коэф.=0.4597								
Отказ = 0								

Нажмите любую клавишу, "G" - без остановок!!!

ПРОСМОТР СТАТУСОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОЧЕРЕДЕЙ testb

Время: 2.70 Текущее событие: Конец обслуживания

Лимит времени: 1000.00 Время суммирования: 0.0

№	Устр-ва	Очер.	Qmax	Lq	L	Wq	W	Коэф.
1	зан.	0	0	0.00	0.01	0.00	1.39	0.00670
2	зан.				0.46	0.00	1.25	0.46336
Сумм: Lq=0.00 L=0.47 Wq=0.00 W=1.32 Коэф.=0.4701								
Отказ = 0								

Нажмите любую клавишу, "G" - без остановок!!!

ПРОСМОТР СТАТУСОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОЧЕРЕДЕЙ testb

Время: 2.78 Текущее событие: Новое прибытие

Лимит времени: 1000.00 Время суммирования: 0.0

№	Устр-ва	Очер.	Qmax	Lq	L	Wq	W	Коэф.
1	зан.	0	0	0.00	0.04	0.00	1.39	0.03531
2	своб				0.45	0.00	1.25	0.45002
Сумм: Lq=0.00 L=0.49 Wq=0.00 W=1.32 Коэф.=0.4853								
Отказ = 0								

Нажмите любую клавишу, "G" - без остановок!!!

ПРОСМОТР СТАТУСОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОЧЕРЕДЕЙ testb

Время: 4.08 Текущее событие: Конец обслуживания

Лимит времени: 1000.00 Время суммирования: 0.0

№	Устр-ва	Очер.	Qmax	Lq	L	Wq	W	Коэф.
1	зан.	0	0	0.00	0.34	0.00	1.39	0.34146
2	зан.				0.62	0.00	1.74	0.32455
Сумм: Lq=0.00 L=0.97 Wq=0.00 W=1.62 Коэф.=0.9660								
Отказ = 0								

Нажмите любую клавишу, "G" - без остановок!!!
ПРОСМОТР СТАТУСОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОЧЕРЕДЕЙ testb
 Время: 1000.04 Текущее событие: КОНЕЦ
 Лимит времени: 1000.00 Время суммирования: 0.0

№	Устр-ва	Очер.	Qmax	Lq	L	Wq	W	Коэф.
1	своб	0	16	2.65	3.40	3.11	4.94	0.74825
2	зан.				0.78	3.50	5.46	0.77575
Сумм: Lq=2.65 L=4.17 Wq=3.30 W=5.20 Коэф.=1.5240								
Отказ = 0								

ВЫ ЗАВЕРШИЛИ ИМИТАЦИЮ.

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

При вызове опции 6 - "Сохранение задачи" - на экране дисплея появления приглашения назвать имя внешнего носителя и файла для сохранения данных задачи.

При вызове опции 7 - "Корректировка задачи" - на экране появляется меню с различными возможностями модификации данных задачи:

ОПЦИИ МЕНЮ МОДИФИКАЦИЙ testb

- 1—МОДИФИКАЦИЯ времени обслуживания и его распределения.
- 2—ДОБАВИТЬ устройство.
- 3—УДАЛИТЬ устройство.
- 4—МОДИФИКАЦИЯ лимита очереди и правила диспетчирования.
- 5—ДОБАВИТЬ очередь.
- 6—УДАЛИТЬ очередь.
- 7—МОДИФИКАЦИЯ ВРЕМЕНИ МЕЖДУ ПРИБЫТИЯМИ И ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.
- 8—ВЫВОД и/или ПЕЧАТЬ входных данных.
- 9—ВОЗВРАТ В МЕНЮ.

УКАЖИТЕ КУРСОРОМ (ВЕРХ/ВНИЗ) и нажмите ENTER или введите КОД ОПЦИИ

При вызове опции 8 - "Вывод/печать окончательного решения задачи" - на экране дисплея появляется следующее меню:

ОПЦИИ МЕНЮ для ВЫВОДА и/или ПЕЧАТИ конечного решения для testb

В Вашем распоряжении следующие опции просмотра или распечатки конечного решения. Если Вы желаете получить распечатку - приготовьте принтер.

- 1—ВЫВОД конечного решения.
- 2—ВЫВОД или ПЕЧАТЬ конечного решения.
- 3—ВОЗВРАТ в функциональное меню.

УКАЖИТЕ КУРСОРОМ (ВЕРХ/ВНИЗ) и нажмите ENTER или введите КОД ОПЦИИ

СУММАРНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ДЛЯ УСТРОЙСТВ В testb Стр.: 1						
Устр-ва	Коэф.	Wq	Var.(Wq)	W.	Var.(W)	Наблюд
1	0.7482	3.1063	17.86	4.9403	23.25	408
2	0.7758	3.4975	20.60	5.4616	24.33	395
Период сбора данных с 0 по 1000.04 (в минутах)						

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

СУММАРНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ДЛЯ УСТРОЙСТВ В testb Стр.: 2						
Очеред	Qmax	Qmin	Текущ Q	Lq	Var.(Lq)	L
1	16	0	0	2.6488	13.98	3.3970
Период сбора данных с 0 по 1000.04 (в минутах)						

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

СУММАРНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ ДЛЯ УСТРОЙСТВ В testb Стр.: 3			
Коэф.=1.52400 Wq=3.2987	Lq=2.6488 Var.(Wq)=19.25	Var.(Lq)=13.98 W.=5.1967	L.=4.1728 Var.(W)=23.85
Период сбора данных с 0 по 1000.04 (в минутах)			

НАЖМИТЕ любую клавишу!!!

После анализа конечного решения для альтернатив 1 аналогичным образом производится имитация для альтернатив 2 и выбирается лучшее решение.

При вызове опции 9 или нажатии функциональной клавиши F9 происходит возврат в программное меню.

При вызове опции 10 или нажатии функциональной клавиши F10 происходит завершение работы ППП ПЭР.

4. Лабораторная работа № 4 «Замкнутые системы массового обслуживания».

Работу замкнутой СМО рассмотрим на следующем примере.

В состав оборудования вычислительного центра входит n независимо круглосуточно работающих ЭВМ.

Обслуживание ЭВМ производится группой из m специалистов. С учетом 8 часового рабочего дня при трехсменной работе приходится планировать всего $3m$ человек. Каждая ЭВМ может выйти из строя λ раз в месяц. Вышедшая из строя ЭВМ останавливается и, если в этот момент все специалисты заняты, становится в очередь на обслуживание и ждет пока любой из специалистов освободится. Среднее время ремонта t_p известно. Убытки, связанные с одним часом простоя составляют N рублей. Месячная зарплата одного специалиста M рублей. Принять, что в месяце 30 рабочих дней

Определить, какое требуется количество специалистов в штате вычислительного центра, чтобы минимизировать месячные затраты S на обслуживание с учетом потерь от простоя ЭВМ. Объяснить, что для этого необходимо найти m , при которой обеспечивается

$$S = (\text{ср. число неисправных ЭВМ}) \cdot N \cdot (24 \text{ час}) \cdot (30 \text{ дней}) + 3m \cdot M \rightarrow \min$$

Краткие теоретические сведения для выполнения лабораторной работы.

Замкнутые СМО (см. п.11.14 [1])

Если работа источника заявок не зависит от состояния СМО, то такие СМО называются **открытыми (разомкнутыми)**, т.е. это такие СМО, в которых заявки поступают извне. Если источник меняет свою работу в зависимости от состояния, СМО называется **замкнутой** (есть обратная связь).

Пример: Бригада из m рабочих обслуживает n станков ($m < n$). При выходе из строя станка один из рабочих его обслуживает (если есть свободные рабочие). Если вышли из строя $(m+1)$ станков, то один станок не может быть немедленно обслужен, он становится в очередь. Считаем, что распределение пуассоновское. Рабочий в среднем тратит на обслуживание:

$$\bar{t}_{об} = \frac{1}{\mu},$$

где μ — интенсивность потока обслуживаний.

Граф состояний для замкнутой СМО:



Пусть λ - интенсивность потока неисправностей одного станка.
Перечислим состояния:

S_0 -все станки работают, рабочие свободны;

S_1 -один станок неисправен, один рабочий его ремонтирует;

...

S_m - m станков неисправны, m рабочих их ремонтируют;

...

S_n - n станков неисправны, m станков ремонтируются, а $(n-m)$ ожидают ремонта.

Видим, что это схема гибели и размножения.

Предельные вероятности состояний:

$$P_1 = \frac{n}{1} \rho \cdot P_0; \quad P_2 = \frac{n(n-1)}{2!} \rho^2 \cdot P_0; \quad P_3 = \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} \rho^3 \cdot P_0;$$

...

$$P_m = \frac{n(n-1)\dots(n-m+1)}{m!} \rho^m \cdot P_0;$$

$$P_{m+1} = \frac{n(n-1)\dots(n-m)}{m \cdot m!} \rho^{m+1} \cdot P_0;$$

$$P_{m+2} = \frac{n(n-1)\dots(n-m-1)}{m^2 \cdot m!} \rho^{m+2} \cdot P_0;$$

...

$$P_n = \frac{n(n-1)\dots 1}{m^{n-m} \cdot m!} \rho^n \cdot P_0;$$

$$P_0 = \left[1 + \frac{n}{1!} \rho + \frac{n(n-1)}{2!} \rho^2 + \dots + \frac{n(n-1)\dots(n-m+1)}{m!} \rho^m + \right. \\ \left. + \frac{n(n-1)\dots(n-m)}{m \cdot m!} \rho^{m+1} + \dots + \frac{n(n-1)\dots 1}{m^{n-m} \cdot m!} \rho^n \right]^{-1}.$$

Вычислим среднее число занятых рабочих:

$$\bar{K} = 0 \cdot P_0 + 1 \cdot P_1 + 2 \cdot P_2 + \dots + m \cdot (P_m + P_{m+1} + \dots + P_n);$$

$$\bar{K} = P_1 + 2 \cdot P_2 + \dots + (m-1) \cdot P_{m-1} + m \cdot (1 - P_0 - P_1 - \dots - P_{m-1}).$$

Среднее число неисправностей, обслуживаемое бригадой в единицу времени (абсолютная пропускная способность), получается как произведение среднего числа занятых рабочих на количество обслуживаемых заявок в единицу времени:

$$Q = \bar{K} \cdot \mu.$$

Среднее число неисправных станков – среднее число станков, связанных с процессом обслуживания:

$$\varpi = 1 \cdot P_1 + 2 \cdot P_2 + \dots + m \cdot P_m + (m + 1) \cdot P_{m+1} + \dots + n \cdot P_n.$$

Эту величину можно подсчитать проще, если уже получена величина среднего числа занятых рабочих K .

Действительно, количество работающих станков $(n - \varpi)$. Эти работающие станки создают интенсивность потока неисправностей $(n - \varpi)\lambda$. В стационарном режиме эти неисправности устраняются рабочими, которые устраняют Q неисправностей в единицу времени, значит:

$$(n - \varpi)\lambda = Q = \bar{K} \cdot \mu;$$

$$n - \varpi = \frac{\bar{K} \cdot \mu}{\lambda};$$

$$\varpi = n - \frac{\bar{K} \cdot \mu}{\lambda} = n - \frac{\bar{K}}{\rho}.$$

Среднее число станков, ожидающих в очереди:

$$\bar{r} = \varpi - \bar{K}.$$

Задание

1. Изучить аналитические зависимости основных характеристик замкнутых СМО от параметров системы.
2. Используя формулы написать программу расчета месячных затрат при изменяющемся количестве m и найти минимум.
3. Построить график S от m .

Исходные данные приведены в таблице.

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λ (1/сутки)	1	2	1	4	0,5	0,8	1	1,5	2	1
T_p (час)	2	1	1,5	0,5	1	2	2	3	1	2
N (руб)	75	120	150	90	90	120	75	105	135	60
M (тыс.руб)	20	25	30	30	20	40	30	40	50	35
n	10	15	5	7	8	15	10	7	8	6

ПРИМЕЧАНИЯ

Обозначения в СМО (Кендалл- Ли- Таха).

$$(a/b/c/) : (d/e/f)$$

a – распределение входного потока,
 b – распределение потока обслуживания
 c – число параллельных каналов,
 d – дисциплина очереди,
 e – максимальное число допускаемых в систему заявок (число мест в очереди + число заявок принятых на обслуживание)
 f – ёмкость источника, генерирующего заявки на обслуживание.

Чаще встречается обозначение Кендала $(a/b/n/m)$ – где m – число мест в очереди.

Некоторые обозначения в американской и отечественной литературе не совпадают!

В американской принято

L_s – среднее число заявок (клиентов) в системе, (у нас $\bar{n} + \bar{r}$, где \bar{n} – среднее число занятых каналов и \bar{r} – средняя длина очереди)

L_q – среднее число клиентов в очереди, (у нас \bar{r})

W_s – среднее время ожидания (пребывания) заявки в системе, (у нас $t_{ож}$)

W_q – среднее время ожидания (пребывания) заявки в очереди. (у нас $t_{сист}$)

$\rho = \lambda/\mu$ – интенсивность нагрузки канала (Н.Ш.Кремер)

- приведенная интенсивность потока заявок
- среднее число заявок, приходящих в СМО за среднее время обслуживания одной заявки (Е.С.Вентцель)

ρ/n – коэффициент загрузки (Х.Таха)

- коэффициент загрузки.

Если \bar{n} – среднее число занятых каналов, то

\bar{n}/n – коэффициент занятости каналов,

- коэффициент использования каналов.

$(1 - \bar{n}/n)$ – коэффициент простоя каналов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания «Лабораторные работы по курсу «Системы и сети массового обслуживания»» посвящены изучению процессов, происходящих в системах массового обслуживания (СМО) различного вида. Проведение лабораторных работ направлено на получение навыков исследования характеристик систем и сетей массового обслуживания при помощи специализированного программного обеспечения. В методических указаниях приведены сведения, позволяющие студентам вместе с теоретическими знаниями получать практические навыки расчетов основных характеристик СМО и СеМО. Сведения теоретического характера в указаниях не приводятся, а даны ссылки на учебное пособие. Вместе с тем сведения по использованию в работе программных средств приведены подробно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Есипов Б. А. Методы исследования операций: Учебное пособие. — 2_е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 304 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М., Советское радио, 1972. – 550 с.
3. Таха Хэмди А. Введение в исследование операций. 6-е изд. - М.: Изд. Дом «Вильямс», 2001. – 912 с.
4. Алиев Т.И. Основы моделирования дискретных систем. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 с.
5. ПАКЕТ PER (Количественный анализ в управлении)
Руководство пользователя PER — версия 5.0.

Методические материалы

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ «СИСТЕМЫ И СЕТИ
МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ»**

Методические указания

Составитель *Есинов Борис Алексеевич*

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА»
(Самарский университет)

Изд-во Самарского университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.