**1 РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН НА ОСНОВЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО (4 ЧАСА)**

**1.1 Общие указания по выполнению лабораторной работы**

**1.1.1** Теоретический и практический материал, необходимый для выполнения данной лабораторной работы, приведён в учебном пособии по данной дисциплине [1]. В описании порядка выполнения лабораторных работ приводятся ссылки на разделы учебного пособия, используемые для выполнения соответствующего этапа работы.

**1.1.2** Материал для лабораторных работ №1, 2 приведён в *первой* части учебного пособия [1], для лабораторных работ №3, 4 – во *второй* части [2].

**1.2 Порядок выполнения работы**

**1.2.1** Изучить алгоритмы имитации случайных величин на основе метода Монте-Карло и методы проверки этих алгоритмов (см. подразделы 3.1, 3.2, приложения 3, 4).

**1.2.2** Разработать алгоритмы имитации случайных величин, необходимых для решения задачи моделирования согласно варианту задания. Для случайной величины, заданной графиком плотности распределения, разработать алгоритм имитации, используя метод обратных функций (см пункт 3.2.1). Для случайной величины, заданной каким-либо стандартным законом распределения (экспоненциальный, равномерный и т.д.), использовать алгоритм имитации, приведенный в учебном пособии (см. пункты 3.2.1, 3.2.3, приложение 4). Выполнить по одному испытанию каждого из алгоритмов. Реализовать разработанные алгоритмы в виде подпрограмм на любом алгоритмическом языке.

**1.2.3** Выполнить проверку всех алгоритмов имитации случайных величин, используемых в задании, на основе гистограммы и по критерию «хи-квадрат» (см. пункт 3.2.4).

Для проверки использовать программу, приведенную в пункте 3.2.4, включив в неё подпрограмму для проверяемого алгоритма и внеся другие необходимые изменения, или разработать аналогичную программу на другом языке программирования.

**1.2.4** Изучить примеры решения задач моделирования с использованием имитации случайных величин на основе метода Монте-Карло (см. подраздел 3.3).

**1.2.5** Согласно варианту задания разработать алгоритм для решения задачи на основе метода Монте-Карло. Использовать разработанные и проверенные подпрограммы имитации случайных величин.

**1.2.6** Выполнить три испытания разработанного алгоритма. Реализовать разработанный алгоритм в виде программы на любом алгоритмическом языке.

**1.3 Варианты заданий**

ВАРИАНТ 1

В банк данных, состоящий из двух баз данных (БД1 и БД2), поступают запросы. Время обработки поступившего запроса – экспоненциальная случайная величина со средним значением 15 мс. Затем выполняется поиск запрашиваемой информации в БД1, а если она там не обнаруживается – то в БД2. Информация в БД1 обнаруживается примерно для 60% запросов; для остальных запросов она обнаруживается в БД2. Время поиска информации в каждой из баз данных – случайная величина, распределенная по экспоненциальному закону со средним значением 30 мс. Примерно в 30% случаев объём ответа составляет ровно 300 символов, в 10% – рóвно 6000 символов. В остальных случаях объём ответа – случайная величина (V); на основании наблюдений установлено, что плотность распределения этой величины может быть приближённо задана графиком на рисунке 1.1.

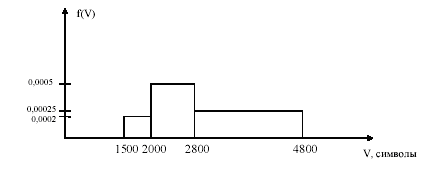


Рисунок 1.1

Скорость формирования ответа – 6 мс на каждые 80 символов.

Требуется определить:

– среднее время ответа;

– вероятность того, что время ответа превысит 100 мс.

ВАРИАНТ 2

На горно-обогатительном комбинате выполняется очистка и переработка некоторой руды. Руда обрабатывается партиями по 5 тонн. Производительность установок для очистки и переработки руды представляет собой случайную величину, распределенную по гауссовскому закону; средняя производительность установки для очистки – 120 кг/час, установки для переработки – 70 кг/час, среднеквадратическое отклонение производительности – 10 кг/час (для обеих установок).

Доля примесей в руде (S), которые требуется удалить в процессе очистки, представляет собой случайную величину. На основании наблюдений установлено, что плотность распределения этой величины может быть приближённо задана графиком на рисунке 1.2.

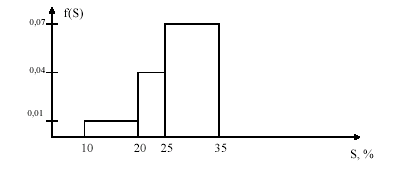


Рисунок 1.2

Примеси, удалённые в ходе очистки, не поступают на переработку. Если в руде содержится более 20% примесей, то примерно в 70% случаев качество очистки оказывается недостаточным, и руда направляется на повторную очистку. Более двух раз очистка, как правило, не требуется.

Требуется определить:

– среднее время обработки одной партии руды;

– вероятность того, что для партии потребуется повторная очистка.

ВАРИАНТ 3

Исследуется прочность защитного кожуха, который будет использован в конструкции некоторого механизма. Известно, что кожух будет подвергаться ударам. Удары будет действовать под углом от 0 до 90 градусов (угол удара можно считать случайной величиной, распределённой по равномерному закону). Сила удара (U) – случайная величина. На основании наблюдений установлено, что плотность распределения этой величины может быть приближенно задана графиком на рисунке 1.3.

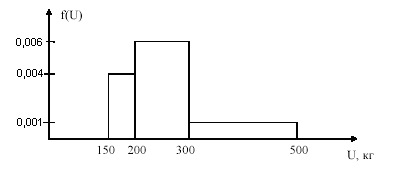


Рисунок 1.3

Установлено также, что при воздействии удара под углом менее 45 градусов защитный кожух выдерживает удар силой до 400 кг, при угле от 45 до 90 градусов – до 300 кг.

Требуется определить:

– вероятность разрушения кожуха при ударе;

– среднее количество ударов, выдерживаемых кожухом до разрушения.

ВАРИАНТ 4

В научной организации выполняются исследования с использованием установки, в которой имеются радиоактивные элементы. Установка расположена в центре зала круглой формы радиусом 30 м. В зале могут находиться от двух до пяти человек. В ходе работы им приходится перемещаться по залу, однако по соображениям безопасности запрещено приближаться к установке ближе, чем на 10 м. В случае аварии установки происходит незначительный выброс радиоактивности. Дальность действия выброса R (т.е. расстояние от установки, на котором выброс может быть опасным) – случайная величина, плотность распределения которой может быть приближённо задана графиком на рисунке 1.4.

В случае аварии установки включается сигнализация, и персонал немедленно покидает зал. Поэтому опасную дозу радиации могут получить только те, кто оказался в зоне ее действия непосредственно в момент аварии.

Требуется определить:

– вероятность того, что в случае аварии хотя бы один человек получит опасную дозу радиации;

– среднюю дальность выброса.

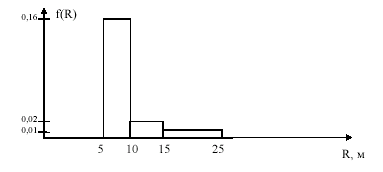


Рисунок 1.4

ВАРИАНТ 5

В составе автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) используется управляющий вычислительный комплекс (УВК). По запросу от объекта управления УВК выполняет чтение управляющей информации с внешнего запоминающего устройства (ВЗУ) и передает её на объект управления. По каждому запросу может требоваться от одной до четырёх операций чтения информации с ВЗУ. Каждая операция включает поиск информации и е` считывание. Время поиска (Tп) – случайная величина. На основании наблюдений установлено, что плотность распределения этой величины может быть приближённо задана графиком на рисунке 1.5.

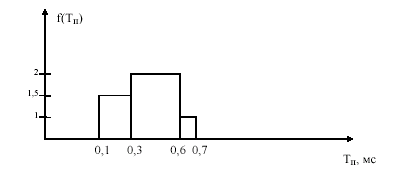


Рисунок 1.5

Объём информации, считываемой в каждой операции, представляет собой случайную величину, распределённую по экспоненциальному закону; в среднем этот объём составляет 10000 бит. Скорость считывания – 10 Мбит/с. Допустимое время реакции АСУТП на запрос – не более 7 мс. Если это время будет превышено, то в технологическом процессе произойдет сбой.

Требуется определить:

– среднее время реакции АСУТП на запрос;

– вероятность сбоя в технологическом процессе.

ВАРИАНТ 6

В информационно-справочной системе (ИСС) информация хранится в трёх базах данных (БД1, БД2, БД3). При поступлении запроса сначала выполняется поиск информации в БД1, где информация обнаруживается в 60% случаев. Если необходимая информация не обнаруживается, то выполняется поиск в БД2, где информация обнаруживается в 80% случаев. Если информация снова не найдена, то она находится в БД3 (всегда).

Обработка запроса состоит в поиске информации в БД и её считывании с диска. Время поиска - случайная величина, распределённая по равномерному закону в диапазоне от 0,2 до 1,4 мс. Скорость считывания информации с диска – 10 Мбит/с. Объём информации, считываемый по одному запросу (I) – случайная величина. На основании наблюдений установлено, что плотность распределения этой величины может быть приближённо задана графиком на рисунке 1.6.

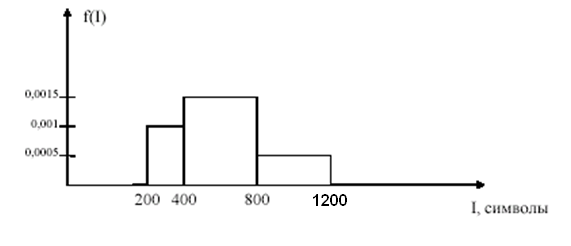


Рисунок 1.6

Требуется определить:

– среднее время ответа на запрос;

– вероятность того, что время ответа на запрос превысит 3 мс.

**2 АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ В ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ЗАДАЧАХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО (4 ЧАСА)**

**2.1 Общие указания по выполнению лабораторной работы**

**2.1.1** Теоретический и практический материал, необходимый для выполнения данной лабораторной работы, приведён в учебном пособии по данной дисциплине [1]. В описании порядка выполнения лабораторных работ приводятся ссылки на разделы учебного пособия, используемые для выполнения соответствующего этапа работы.

**2.1.2** Материал для лабораторных работ №1, 2 приведён в *первой* части учебного пособия [1], для лабораторных работ №3, 4 – во *второй* части [2].

**2.2 Порядок выполнения работы**

**2.2.1** Изучить принципы и примеры применения метода Монте-Карло для оптимизации решений в детерминированных задачах (см. раздел 4).

**2.2.2** Согласно варианту задания разработать алгоритм для решения задачи на основе метода Монте-Карло. Выполнить три испытания разработанного алгоритма.

**2.2.3** Реализовать разработанный алгоритм в виде программы на любом алгоритмическом языке.

**2.3 Варианты заданий**

ВАРИАНТ 1

Предприятие имеет 20 станков типа Ст1 и 30 станков – типа Ст2. На каждом из них можно выпускать детали трёх видов. Производительность станков (деталей в день) приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Станок | Деталь | | |
| Д1 | Д2 | Д3 |
| Ст1 | 20 | 35 | 15 |
| Ст2 | 15 | 30 | 45 |

Каждый станок настраивается на выпуск детали только какого-либо одного вида. В течение каждого рабочего дня предприятие должно выпускать не менее 150 деталей Д1 и не менее 100 деталей Д2. Прибыль от продажи одной детали Д1 составляет 6 ден. ед., от продажи детали Д2 – 4 ден. ед., от продажи Д3 – 8 ден. ед.

Требуется составить план использования станков, обеспечивающий получение максимальной прибыли от выпуска деталей.

ВАРИАНТ 2

Фирма, владеющая двумя предприятиями, имеет возможность выполнить пять заказов. Каждый заказ должен выполняться только одним предприятием (совместная работа предприятий над одним заказом невозможна). Каждое из предприятий может выполнять несколько заказов. Характеристики заказов приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристики заказа | Заказ | | | | |
| Р1 | Р2 | Р3 | Р4 | Р5 |
| Затраты 1-го предприятия, млн. ден. ед. | 4 | 2 | 6 | 3 | 4 |
| Затраты 2-го предприятия, млн. ден. ед. | 7 | 1 | 2 | 5 | 3 |
| Плата заказчика, млн. ден. ед. | 12 | 4 | 8 | 6 | 7 |

Это означает, например, что заказчик платит фирме за выполнение заказа Р1 12 млн. ден. ед. Если этот заказ будет выполняться первым предприятием, то затраты на его выполнение составят 4 млн. ден. ед.; таким образом, прибыль фирмы составит 12-4=8 млн. ден. ед. Если этот заказ будет выполняться вторым предприятием, то затраты составят 7 млн. ден. ед. (прибыль фирмы составит 12-7=5 млн. ден. ед).

Требуется распределить заказы между предприятиями таким образом, чтобы прибыль фирмы была максимальной.

ВАРИАНТ 3

В цехе имеются два станка (Ст1 и Ст2). Каждый из станков может выпускать детали трёх типов (Д1, Д2, Д3). Производительность станков (деталей в день) приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Станок | Деталь | | |
| Д1 | Д2 | Д3 |
| Ст1 | 80 | 100 | 70 |
| Ст2 | 100 | 70 | 50 |

В начале каждого рабочего дня станок налаживается на выпуск деталей некоторого типа и выпускает их весь день. В течение рабочей недели (5-ти дней) предприятию необходимо выпустить не менее 300 деталей типа Д1 и не менее 200 деталей типа Д2. Прибыль предприятия от продажи детали Д1 составляет 3 ден. ед., Д2 – 5 ден. ед., Д3 – 8 ден. ед. Прибыль не зависит от того, на каком станке выпущена деталь.

Требуется составить оптимальный план использования станков в течение рабочей недели, т.е. определить, сколько дней каждый станок должен использоваться для выпуска деталей каждого типа, чтобы общая прибыль от выпущенных деталей была максимальной.

ВАРИАНТ 4

Для обслуживания трёх местных авиалиний в течение года могут использоваться самолеты двух типов: DC-3 и А-28. Имеется пять самолетов DC-3 и восемь самолетов А-28. В течение года каждый самолет совершает ровно 100 рейсов. За один рейс самолет DC-3 перевозит 30 пассажиров, A-28 – 40 пассажиров. Прибыль от одного рейса самолёта каждого типа по каждой авиалинии (тыс. ден. ед.) приведена в таблице 2.4.

Таблица 2.4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип самолёта | Авиалиния | | |
| L1 | L2 | L3 |
| DC-3 | 2 | 1,5 | 1,2 |
| A-28 | 2,2 | 2 | 1,5 |

Каждый самолёт на весь год закрепляется за какой-либо одной авиалинией. В течение года требуется перевезти по линии L1 не менее 12 тыс., по линии L2 – не менее 2 тыс., а по линии L3 – не менее 10 тыс. пассажиров.

Требуется распределить самолеты по авиалиниям на год таким образом, чтобы прибыль от авиаперевозок была максимальной.

ВАРИАНТ 5

Для выращивания зерновых культур (озимых и яровых) может использоваться 0,8 млн. га земли в климатической зоне A, и 0,6 млн. га, в климатической зоне B. Урожайность земель приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Зерновые культуры | Урожайность, ц/га | |
| зона A | зона B |
| Озимые | 20 | 25 |
| Яровые | 24 | 15 |

Необходимо получить не менее 20 млн. центнеров озимых и не менее 6 млн. центнеров яровых. Прибыль от продажи одного центнера озимых составляет 10 ден. ед., одного центнера яровых – 8 ден. ед.

Требуется составить план использования земель, обеспечивающий максимальную прибыль от продажи урожая.

ВАРИАНТ 6

Имеется 10 единиц груза Гр1, 8 единиц – груза Гр2, 5 единиц – груза Гр3, 10 единиц – груза Гр4. Вес единицы груза следующий: Гр1 – 2 т, Гр2 – 4 т, Гр3 – 6 т, Гр4 – 1,5 т. Имеется транспортное средство грузоподъёмностью 80 т.

Требуется определить, сколько единиц груза каждого типа требуется поместить в транспортное средство, чтобы перевезти груз максимального веса. Получить все возможные оптимальные варианты комплектации транспортного средства имеющимся грузом.

ВАРИАНТ 7

Фирма, владеющая двумя предприятиями, имеет возможность выполнить пять заказов. Каждый заказ должен выполняться только одним предприятием (совместная работа предприятий над одним заказом невозможна). Каждое из предприятий может выполнять несколько заказов. Если предприятие имеет несколько заказов, то они выполняются им последовательно (одновременно предприятие не может работать над несколькими заказами). Время, необходимое каждому из предприятий для выполнения каждого заказа, приведено в таблице 2.6.

Таблица 2.6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристики заказа | Заказ | | | | |
| Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 |
| Затраты времени 1-го предприятия, дней | 4 | 2 | 6 | 3 | 4 |
| Затраты времени 2-го предприятия, дней | 7 | 1 | 2 | 5 | 3 |

Это означает, например, что если заказы Z1 и Z2 поручены первому предприятию, а Z3, Z4 и Z5 – второму, то затраты времени первого предприятия составят 4+2=6 дней, а второго – 2+5+3=10 дней. Таким образом, все заказы будут выполнены за 10 дней.

Требуется распределить заказы между предприятиями таким образом, чтобы общий срок выполнения всех заказов был минимальным.

**3 ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS WORLD (4 ЧАСА)**

**3.1 Общие указания по выполнению лабораторной работы**

**3.1.1** Теоретический и практический материал, необходимый для выполнения данной лабораторной работы, приведён в учебном пособии по данной дисциплине [2]. В описании порядка выполнения лабораторных работ приводятся ссылки на разделы учебного пособия, используемые для выполнения соответствующего этапа работы.

**3.1.2** Материал для лабораторных работ №1, 2 приведён в *первой* части учебного пособия [1], для лабораторных работ №3, 4 – во *второй* части [2].

**3.2 Порядок выполнения работы**

**3.2.1** Изучить назначение и принцип работы системы моделирования GPSS World (GPSSW), основные этапы решения задач моделирования с использованием этой системы и интерпретацию получаемых результатов (см. раздел 1).

**3.2.2** Разработать GPSS-модель согласно варианту задания (см. подразделы 1.2, 2.1-2.8). Выполнить сеанс моделирования и получить файл-отчёт с результатами моделирования (см. подразделы 1.2).

**3.2.3** Выполнить анализ полученных результатов. Выявить недостатки объекта моделирования и привести предложения по их устранению (см. подразделы 1.2, 2.3, 2.7).

**3.2.4** По результатам моделирования найти среднее время технологического цикла, т.е. среднее время от поступления заявки (изделия для обработки, задачи для решения и т.д.) до окончания всех операций с данной заявкой (см. подразделы 1.2, 2.7).

**3.3 Варианты заданий**

ВАРИАНТ 1

Пластмассовые изделия, выпускаемые двумя цехами, поступают для проверки к трём контролерам. Изделия из 1-го цеха (изделия А) поступают в среднем через каждые 5±2 минуты, изделия из 2-го цеха (изделия В) – примерно через каждые 7 минут. Контроль каждого изделия заключается в выполнении двух измерений, каждое из которых занимает 4±2 минуты; при каждом измерении брак обнаруживается у 3% изделий. Если брак обнаруживается при первом измерении, то второе измерение не выполняется. После контроля годные изделия подаются на упаковочную машину. Упаковка одного изделия типа А занимает ровно 3 минуты, типа В – от 3 до 5 минут. Бракованные изделия направляются на установку для измельчения. Измельчение одного бракованного изделия (независимо от типа изделия) занимает от 1 до 4 минут.

Выпуск годного изделия типа А приносит прибыль в размере 6 ден.ед., изделия типа B – 8 ден.ед. Выпуск бракованного изделия (любого типа) приносит убыток в 3 ден.ед.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу участка контроля и упаковки в течение 10 часов. Предусмотреть подсчёт количества годных и бракованных изделий каждого вида, а также общей прибыли.

ВАРИАНТ 2

На вычислительный центр, имеющий две ЭВМ, поступают два потока задач. Задачи типа A поступают примерно с интервалом 40±10 минут, задачи типа B – примерно через 30±20 минут. Обработка каждой задачи на ЭВМ состоит из двух этапов: контроль данных и непосредственно решение. В ходе контроля обнаруживаются ошибки в данных примерно для 5% задач; при обнаружении ошибки задача не решается. Контроль занимает ровно 2 минуты. Решение одной задачи типа A занимает 20±10 минут, типа B – 25±5 минут.

Примерно для 60% всех задач, решаемых на ВЦ, требуется передача результатов заказчикам через аппаратуру передачи данных. Для задач, которые не были решены из-за ошибок, передача результатов не требуется. Действия, связанные с передачей, занимают ровно 5 минут. На ВЦ имеется один комплект аппаратуры передачи данных.

Плата заказчика в случае, если в задаче была обнаружена ошибка, составляет 10 ден.ед. Плата за решение одной задачи типа A – 30 ден.ед., задачи типа B – 40 ден.ед. Плата за передачу результатов через аппаратуру передачи данных составляет 15 ден.ед.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу ВЦ в течение 240 часов. Предусмотреть подсчёт решённых и нерешённых задач каждого типа, а также общий размер выручки, полученной от решения задач.

ВАРИАНТ 3

В ремонтную службу предприятия поступают инструменты для на­ладки. Интервалы между моментами поступления инструментов составляют от 10 до 20 минут.

Сначала все инструменты поступают к одному из трёх наладчиков. Наладчик выполняет их мелкую наладку и (при необходимости) полную наладку. Мелкая наладка требуется для всех инструментов и занимает ровно 10 минут. Полная наладка требуется примерно для 60% инструментов; она занимает от 20 до 40 минут.

Для всех инструментов требуется проверка на стенде автоматического контроля. Для инструментов, для которых выполнялась только мелкая наладка, такая проверка занимает от 5 до 10 минут. Для инструментов, для которых выполнялась полная наладка, проверка занимает 15 минут.

Затраты, связанные с мелкой наладкой инструмента, составляют 3 ден.ед., затраты на полную наладку – 8 ден.ед., на проверку на стенде – 5 ден.ед.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу ремонтной службы в течение 100 часов. Программа должна сообщать: количество инструментов, для которых потребовалась только мелкая наладка; количество инструментов, для которых потребовалась полная наладка; общие затраты на наладку всех инструментов.

ВАРИАНТ 4

Изделия, выпускаемые в двух цехах, поступают к одному из трех контролеров. Интервал времени между поступлениями изделий из цеха 1 составляет 20±5 минут, из цеха 2 – 15±5 минут. Контроль каждого изделия состоит в выполнении двух операций: первая операция занимает от 3 до 7 минут, вторая – от 8 до 12 минут. При выполне­нии каждой из операций примерно для 2% изделий обнаруживается брак. Если брак обнаруживается при выполнении первой операции контроля, то вторая операция не выполняется.

После контроля годные изделия подаются на упаковочную машину, выполняющую упаковку и маркировку изделий. Упаковка одного изделия занимает ровно 5 минут. Нанесение маркировки на изделие, поступившее из цеха 1, занимает ровно 2,5 минуты, для изделия из цеха 2 – ровно 1,5 минуты.

Каждое годное изделие, выпущенное цехом 1, приносит прибыль в размере 4 ден.ед., бракованное – убыток 1 ден.ед. Выпуск годного изделия цехом 2 приносит прибыль в 2,5 ден.ед., выпуск бракованного изделия – убыток в 1,5 ден.ед.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу участка контроля и упаковки в течение 48 часов. Предусмотреть подсчёт количества годных и забракованных изделий (отдельно для изделий из каждого цеха), а также общей прибыли.

ВАРИАНТ 5

В информационно-справочную систему (ИСС) поступают запросы. Интервалы между запросами составляют от 5 до 15 секунд.

Запросы поступают на один из двух компьютеров, обслуживающих ИСС. Для каждого запроса выполняется одна или две операции поиска данных. Первая операция поиска выполняется для всех запросов. В 60% случаев информация, найденная в результате этой операции, является достаточной для ответа на запрос. В остальных случаях выполняется еще одна операция поиска данных. Каждая операция поиска данных занимает от 2 до 8 секунд.

Найденная информация передается на терминал пользователя через аппаратуру передачи данных (АПД). Если передается информация, найденная только в результате одной операции поиска (первой), то передача занимает от 3 до 7 секунд. Если передается информация по результатам двух операций поиска данных, то передача занимает от 6 до 12 секунд.

Прибыль организации, владеющей ИСС, от обработки одного запроса, составляет 2,5 ден.ед., если пользователю передавалась информация по результатам одного запроса, и 3,5 ден.ед. – если передавалась информация по результатам двух запросов.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу ИСС в течение одного часа. Предусмотреть подсчёт общей прибыли.

ВАРИАНТ 6

На вычислительном центре (ВЦ), в котором имеются две ЭВМ, поступают задачи для решения от двух заказчиков. Интервалы времени между поступлениями задач составляют 2±1 час.

Среди всех задач, поступающих на ВЦ, имеются задачи двух типов: типа A (примерно 70% задач) и типа B (30%). Решение задачи типа А состоит в обработке одного набора данных, решение задачи типа B – в обработке двух наборов данных. Время обработки одного набора данных составляет от 0,5 до 2 часов.

По окончании решения примерно для 80% всех задач требуется вывод результатов на принтер. Вывод занимает от 10 до 30 минут. На ВЦ имеется один принтер. Во время печати результатов задачи ЭВМ может решать другую задачу.

Плата заказчика за обработку одного набора данных составляет 30 ден.ед. Плата за печать результатов составляет 20 ден.ед.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу ВЦ за 500 часов. Предусмотреть подсчёт количества решенных задач каждого типа, а также общей прибыли.

**4 МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ GPSS WORLD (4 ЧАСА)**

**4.1 Общие указания по выполнению лабораторной работы**

**4.1.1** Теоретический и практический материал, необходимый для выполнения данной лабораторной работы, приведён в учебном пособии по данной дисциплине [2]. В описании порядка выполнения лабораторных работ приводятся ссылки на разделы учебного пособия, используемые для выполнения соответствующего этапа работы.

**4.1.2** Материал для лабораторных работ №1, 2 приведён в *первой* части учебного пособия [1], для лабораторных работ №3, 4 – во *второй* части [2].

**4.2 Порядок выполнения работы**

**4.2.1** Изучить возможности моделирования случайных событий и величин (см. раздел 3, приложение 4) и использования стандартных числовых атрибутов (СЧА) (см. раздел 4, приложение 5) в системе моделирования GPSS World (GPSSW).

**4.2.2** Разработать GPSS-модель согласно варианту задания. Выполнить сеанс моделирования и получить файл-отчёт с результатами моделирования.

**4.2.3** Выполнить анализ полученных результатов. Выявить недостатки объекта моделирования и привести предложения по их устранению.

**4.2.4** По результатам моделирования найти среднее время технологического цикла, т.е. среднее время от поступления заявки (изделия для обработки, задачи для решения и т.д.) до окончания всех операций с данной заявкой (см. подраздел 4.3).

**4.3 Варианты заданий**

ВАРИАНТ 1

На вычислительный комплекс, входящий в состав сети, поступают для решения задачи трёх типов: типа A (40%), типа B (25%) и типа C (35%). Поток задач, поступающих на решение, можно считать пуассоновским; средний интервал времени между задачами составляет 20 минут. Вычислительный комплекс состоит из двух компьютеров; к каждому из них образуется своя очередь задач. Задача, поступившая на решение, направляется на свободный компьютер, а если оба компьютера заняты – на тот, у которого меньше очередь.

Время решения задач на компьютере представляет собой гауссовскую случайную величину. Среднее время решения задачи типа A составляет 10 мин, задачи типа B – 20 мин, типа С – 15 мин. Стандартное отклонение для времени решения задач всех типов составляет 1,5 минуты.

По окончании решения задачи результаты передаются пользователю по одному из двух каналов связи. Результаты передаются по каналу К1, а если он занят – то по каналу К2 (если канал К2 также оказывается занятым, то сообщение ожидает, пока этот канал освободится, и передаётся по нему). Передача результатов занимает в среднем 3,5 минуты (экспоненциальная случайная величина).

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу узла вычислительной сети за 100 часов. Предусмотреть подсчёт количества решённых задач каждого типа.

ВАРИАНТ 2

На компьютер, управляющий технологическим процессом, поступают от управляемого оборудования сигналы трех типов: A (20%), B (70%), C (10%). Поток сигналов представляет собой поток Эрланга 2-го порядка; средний интервал между сигналами составляет 16 мс. При поступлении сигнала компьютер выполняет поиск необходимой информации, её считывание и передачу ответа.

Поиск информации для ответа на сигнал занимает от 2 до 6 мс (независимо от типа сигнала). Объём информации, считываемый по сигналу, представляет собой экспоненциальную случайную величину. Для сигналов типа А средний объем информации составляет 4 Кбит, для В – 6 Кбит, С – 2 Кбит. Скорость считывания информации – 1 Кбит/мс.

После обработки сигнала от оборудования компьютер выдаёт управляющий сигнал; по этому сигналу выполняет заданное действие одно из двух устройств управления. Компьютер направляет свой сигнал на свободное устройство управления; если оба устройства заняты, то сигнал направляется на то устройство управления, где меньше сигналов, ожидающих обработки. Время обработки сигнала на устройстве управления – гауссовская случайная величина со средним значением 10 мс и стандартным отклонением 1 мс.

Требуется разработать GPSS-модель для анализа работы системы управления в течение одной мин. Предусмотреть подсчёт количества обработанных сигналов каждого типа, а также общего объёма считанной информации.

ВАРИАНТ 3

Некоторые изделия проходят контроль качества. Поток изделий можно считать пуассоновским; средний интервал времени между изделиями составляет 20 минут. Примерно 20% от общего количества изделий составляют изделия типаИ1, 50% – И2, 30% – И3. На участке работают два контролёра. Изделие направляется к свободному контролёру, а если оба контролёра заняты – то к тому, у которого меньше изделий, ожидающих обработки. Контроль одного изделия занимает в среднем 15 минут (экспоненциальная случайная величина).

По результатам контроля в среднем 5% изделий бракуются. После контроля годные изделия подаются на упаковочную машину. Длительность упаковки одного изделия распределена по гауссовскому закону; характеристики времени упаковки следующие указаны в таблице 4.1.

Таблица 4.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип изделия | Среднее время упаковки, мин | Среднеквадратическое отклонение, мин |
| И1 | 5 | 0,5 |
| И2 | 10 | 1 |
| И3 | 15 | 1 |

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу участка контроля и упаковки в течение 48 часов. Предусмотреть подсчёт количества годных и бракованных изделий каждого типа.

ВАРИАНТ 4

В информационно-справочную систему (ИСС) поступают запросы. Поток запросов можно приближенно считать пуассоновским; средняя интенсивность потока запросов – 5 запросов в секунду.

Для поиска информации используется один компьютер. Известно, что примерно для 20% запросов требуется выполнить одну операцию поиска, для 50% – две операции поиска, для 30% – три операции поиска. Одна операция поиска занимает от 4 до 10 мс. Объём информации, считываемой по запросу, составляет в среднем 50000 символов (экспоненциальная случайная величина). Скорость считывания информации и формирования ответа – 400 символов/мс. Считывание информации и формирование ответа для каждого запроса выполняется один раз (после выполнения всех операций поиска, необходимых для данного запроса).

После формирования ответа выполняется передача результатов. Для передачи используются три канала связи; результаты направляются для передачи на свободный канал связи, а если все каналы заняты – то на тот канал, к которому меньше очередь. Время передачи результатов – гауссовская случайная величина со средним значением 6 мс и среднеквадратическим отклонением 0,5 мс.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу ИСС за 10 с. Предусмотреть подсчёт количества ответов, переданных по каждому из каналов связи.

ВАРИАНТ 5

На станок поступают детали для обработки. Поток деталей можно считать пуассоновским; средний интервал времени между деталями составляет 10 минут.

Сначала детали обрабатываются на станке A. Время обработки детали на станке A – гауссовская случайная величина; обработка занимает в среднем 5 минут со среднеквадратическим отклонением 30 секунд.

При обработке на станке A в 2% случаев допускается брак; бракованные детали не поступают на дальнейшую обработку. Кроме того, в 5% случаев допускается дефект типа Д1, в 3% – дефект типа Д2 (одновременно два дефекта невозможны); эти дефекты полностью устраняются на следующем этапе обработки.

По окончании обработки на станке A детали поступают на один из двух одинаковых станков B. Детали подаются на свободный станок, а если оба станка заняты – то на тот станок, у которого меньше деталей, ожидающих обработки. Время обработки на станке B – экспоненциальная случайная величина; среднее время обработки детали без дефектов – 8 минут, с дефектом Д1 – 12 минут, с дефектом Д2 – 10 минут.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу участка в течение 48 часов. Предусмотреть подсчёт общего количества выпущенных годных деталей, количества деталей с дефектом каждого типа, количества забракованных деталей.

ВАРИАНТ 6

Некоторые изделия по окончании их обработки поступают к одному из трёх контролеров. Поток изделий можно считать пуассоновским; средний интервал времени между изделиями составляет 10 минут. Контроль одного изделия занимает в среднем 20 минут (экспоненциальная случайная величина). Изделия направляются к свободному контролеру, а если все три контролера заняты – то к тому, у которого меньше изделий, ожидающих обработки.

По результатам контроля в среднем 3% изделий бракуются. Кроме того, у 10% изделий обнаруживается дефект 1-го типа, у 8% – дефект 2-го типа, не представляющий собой брак. Одновременное возникновение обоих дефектов (или дефекта и брака) невозможно.

Дефектные изделия направляются на специальный станок. Устранение дефекта 1-го типа занимает от 10 до 20 минут, 2-го типа – от 5 до 15 минут.

После контроля (или после устранения дефекта) изделия подаются на упаковочную машину. Длительность упаковки одного изделия распределена по гауссовскому закону. Упаковка одного изделия занимает в среднем 10 минут; среднеквадратическое отклонение – 1 минута.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу участка контроля и упаковки в течение 48 часов. Предусмотреть подсчёт общего количества выпущенных (годных) изделий, количества бракованных изделий, а также изделий, у которых потребовалось устранять дефект.

ВАРИАНТ 7

На станок поступают детали для обработки. Поток деталей можно считать потоком Эрланга 2-го порядка; средний интервал времени между деталями составляет 10 минут.

Сначала детали обрабатываются на одном из двух одинаковых станков A. Перед каждым из станков A имеется накопитель для деталей, ожидающих обработки. Деталь направляется на свободный станок А, а если оба станка заняты – то на тот из них, у которого в накопителе меньше деталей, ожидающих обработки. Время обработки детали на станке A – гауссовская случайная величина; обработка занимает в среднем 15 минут со среднеквадратическим отклонением 1,5 минуты.

При обработке на станках A в 3% случаев допускается брак; бракованные детали не поступают на дальнейшую обработку. Кроме того, в 8% случаев допускается дефект, который полностью устраняется на следующем этапе обработки.

По окончании обработки на станках A детали поступают на станок B. Перед станком В имеется накопитель на 5 деталей; если он заполнен, то детали направляются на станок С. Время обработки на станке B – экспоненциальная случайная величина; среднее время обработки детали без дефектов – 10 минут, с дефектом – 15 минут. Время обработки на станке C – также экспоненциальная случайная величина; среднее время обработки детали без дефектов –20 минут, с дефектом – 25 минут.

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу станков в течение 48 часов. Предусмотреть подсчёт общего количества выпущенных годных деталей с устраненными дефектами и забракованных деталей.

ВАРИАНТ 8

На вычислительный комплекс, входящий в состав сети, поступают для решения задачи трёх типов: типа А (70%), типа В (20%), типа С (10%). Поток задач, поступающих на решение, можно считать пуассоновским; средний интервал времени между задачами составляет 20 минут.

Вычислительный комплекс состоит из двух компьютеров. Задача направляется на свободный компьютер, а если оба компьютера заняты – на тот, у которого меньше очередь.

Время решения задач на компьютере представляет собой гауссовскую случайную величину. Среднее время решения задачи на первом компьютере – 10 минут, на втором – 15 минут; среднеквадратическое отклонение – 2 минуты (для обоих компьютеров).

По окончании решения задачи результаты передаются на главный компьютер сети по одному из двух каналов связи (К1 и К2). Сначала сообщение направляется на канал К1; если количество сообщений, ожидающих передачи по этому каналу, превышает четыре, то сообщение передается по каналу К2. Передача результатов по любому из каналов занимает в среднем 5 минут (экспоненциальная случайная величина).

Требуется разработать GPSS-модель, имитирующую работу узла вычислительной сети за 100 часов. Предусмотреть подсчёт общего количества решённых задач каждого типа.