**Индивидуальное задание по курсу «Моделирование сложных процессов и систем»**

**Цель работы**

Закрепить навыки построения имитационных моделей сложных процессов и систем.

**Порядок выполнения работы**

1. Выполнение данной работы возможно после защиты лабораторных работ №1 и №2.
2. Ознакомьтесь с индивидуальным заданием на моделирование. Задание выдается на группу из двух студентов. Студенты могут предложить свой вариант системы для моделирования и согласовать ее с преподавателем. Суть задания – построить имитационную модель системы в двух различных СИМ:
   * GPSS World;
   * AnyLogic.
3. Разработайте имитационные модели в двух системах. Докажите правильность работы моделей. Сравните результаты моделирования (в идеале результаты должны совпадать). Сделайте выводы об эффективности работы системы и предложите рекомендации по ее улучшению.
4. Оформите отчет по индивидуальному заданию. Отчет должен содержать:
   * задание на моделирование;
   * моделирование в среде GPSS World: код программы, скриншот файла статистики, комментарии результатов прогона с доказательством правильности работы модели;
   * реализованные предложения по оптимизации работы модели в среде GPSS World;
   * моделирование в СИМ AnyLogic: описание построения модели со скриншотами, скриншот настроек эксперимента, результаты прогона, включая статистику и анимацию;
   * реализованные предложения по оптимизации работы модели СИМ AnyLogic;
   * сравнение результатов моделирования в двух различных СИМ по первому прогону моделей;
   * сравнение результатов моделирования по второму (оптимизированному) прогону моделей;
   * общее заключение по моделированию;
   * выводы.

**Для защиты работы необходимо продемонстрировать обе модели и предоставить отчет.**

**Варианты заданий**

1. На станцию технического обслуживания (СТО) согласно закону Эрланга второго порядка со средним временем прибытия 14 мин прибывают автомобили для технического обслуживания (36% автомобилей) и ремонта (64% автомобилей). На СТО есть два бокса для технического обслуживания и три бокса для ремонта. Выполнение простого, средней сложности и сложного ремонтов – равновероятно. Время и стоимость выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту зависит от категории выполняемых работ (табл. 1). После технического обслуживания 12% автомобилей поступают для выполнения ремонта средней сложности.

Построить гистограмму времени обслуживания автомобилей. Оценить выручку СТО за пять дней работы.

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Категория работ** | **Время ремонта, мин** | **Стоимость ремонта, руб.** |
| Техническое обслуживание | Равномерно распределено в интервале 10-55 | Равномерно распределено в интервале 100-400 |
| Простой ремонт | Равномерно распределено в интервале 12-45 | Равномерно распределено в интервале 50-450 |
| Ремонт средней сложности | Нормально распределено со средним 45 и среднеквадратичным отклонени­ем 5 | Равномерно распределено в интервале 100-1400 |
| Сложный ремонт | Равномерно распределено в интервале 80-150 | Равномерно распределено в интервале 350-2550 |

2. На автозаправочную станцию (АЗС) приезжают автомобили, время между приездами автомобилей распределено экспоненциально с интенсивностью 0.5. Если заправка временно закрыта (например, технологический перерыв или приехал бензовоз), автомобили не ожидая открытия покидают территорию АЗС. Если же заправка открыта, то исходя из ситуации: размеры очередей к колонкам, занятость колонок, водитель приехавшего автомобиля встает в очередь на одну из них.

На АЗС имеется две колонки, на каждой из которых можно заправиться следующими видами топлива:

- АИ-80;

- АИ-92;

- АИ-95;

Вероятность выбора того или иного вида топлива: АИ-92 – 62 %, АИ-80 – 24 %, АИ-95 – 14 %.

Каждая колонка оснащена табло, на котором отображается вид заправляемого топлива, его количество и итоговая сумма. Обе колонки забирают топливо из цистерн, объем каждой составляет 5000 литров.

Подъехав к освободившейся колонке, водитель встречает заправщика и сообщает ему, какое топливо и в каком количестве необходимо заправить. Водитель идет к кассе для оплаты, в то время как заправщик заправляет автомобиль. После оплаты и окончания заправки автомобиля, водитель покидает АЗС.

Один раз в день АЗС закрывается на технологический перерыв, во время которого на АЗС приезжает бензовоз для заправки цистерн с топливом. Время заправки цистерн составляет 30 минут.

Оценить среднее время обслуживания автомобилей на заправке и выручку АЗС за неделю.

3. На станцию скорой помощи поступают вызовы по телефону. Станция имеет пять каналов для одновременного приема вызовов. Время между попытками вызова скорой помощи распределено согласно закону Эрланга второго порядка (среднее время – 1,5 мин). Абоненты тратят 15 c на набор номера и, если застают все каналы занятыми, через 20 c повторяют вызов. Так происходит до тех пор, пока вызов не будет принят. Время приема вызова составляет 1 мин.

На станции скорой помощи для обслуживания вызовов имеется 15 автомобилей. Время, затраченное на проезд к больному, зависит от расстояния до его дома. Распределение расстояния приведено в табл. 2. После предоставления помощи автомобили возвращаются на станцию. Скорость движения автомобилей равномерно распределена в интервале 35-55 км/ч.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вероятность | 0,15 | 0,22 | 0,17 | 0,28 | 0,18 |
| Расстояние, км | 5 | 8 | 12 | 15 | 20 |

Время оказания помощи больному распределено в соответствии c нормальным законом со средним значением 25 мин и среднеквадратическим отклонением 4 мин.

Оценить среднее время от момента начального вызова скорой помощи до оказания помощи больному и средний пробег автомобиля за пять дней работы.

4. На некотором городском маршруте по кольцевому маршруту c десятью остановками работают пять 11-местных и десять 14-местных микроавтобусов. Время движения между остановками имеет равномерное распределение в интервале 5±8 мин. На каждую остановку в соответствии c экспоненциальным законом распределения со средним значением 2 мин прибывают пассажиры и ждут микроавтобуса. Микроавтобус подъезжает к остановке и забирает столько пассажиров, сколько имеется свободных мест. Если свободных мест больше, чем пассажиров, то микроавтобус забирает всех. Если на остановке никто не выхо­дит, и в микроавтобусе нет свободных мест, он не останавливается. Вероятность того, что пассажир проедет некоторое количество остановок, задана в табл. 3. Стоимость проезда – 30 руб.

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вероятность | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0.3 |
| Количество остановок | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Промоделировать работу микроавтобусов на протяжении 16 ч.

Оценить загруженность микроавтобусов, распределение време­ни поездки пассажиров и выручку со всех микроавтобусов.

5. В компьютерной сети издательского дома используются два сетевых высокопроизводительных принтера: цветной и черно-белый, которые подключены к одному принт-серверу. От сотрудников на печать поступает пуассоновский поток документов c интенсивностью *N* документов/мин. Количество страниц в документах имеет нормальное распределение c математическим ожиданием *T* и среднеквадратичным отклонением σ (≠1) (объем страниц имеет экспоненциальное распределение со средним значением *A* Кб), причем c вероятностью *p*1 эти документы предназначены для распечатки на черно-белом принтере и c вероятностью (1 – p1) – на цветном.

Сначала документы обрабатываются на принт-сервере и становятся в его очередь, размер которой равен *P* Мб. При превышении этого числа принт-сервер приостанавливает прием документов на обработку и возвращает отправителям сообщение об ошибке. Время печати одной страницы имеет экспоненциальное распределение cо средним значением *b* минут для черно-белой печати и *c* минут – для цветной.

Промоделировать работу печатной системы издательского дома на протяжении *R* часов. Оценить время, проходящее от посылки документа на печать до окончания печати. Определить, на сколько надо изменить размеры очереди принт-сервера, чтобы сотрудники не получали соответствующих сообщений об ошибках. Параметры задать самостоятельно.

6. Улицы, выходящие на четырехсторонний перекресток, имеют обозначения по направлению движения часовой стрелки: А, В, С и D. Со стороны улицы А машины подходят к перекрестку каждые 3 ± 2 с, причем 30% из них поворачивают направо в направлении А – D, а 20% – налево в направлении А – В. Поворот налево возможен, если нет движения в направлении С – А. Со стороны улицы В машины подходят к перекрестку каждые 6 ± 2 с, причем 60% из них проезжают прямо в направлении С – А, а 40% – направо в направлении С – В. Поворот налево в направлении С – 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 А и С в течение получаса. Подсчитать число машин, проследовавших в каждом направлении. Определить среднюю и максимальную длину очереди машин для каждого направления движения.

7. Двухколейная железная дорога имеет между станциями А и В одноколейный участок с разъездом С. На разъезде имеется запасной путь, на котором один состав может пропустить встречный поезд. К станциям А и В поезда прибывают с двухколейных участков каждые 40 ± 10 мин. Участок пути АС поезда преодолевают за 15 ± 3 мин, а участок пути ВС – за 20 ± 3 мин. Со станций А и В поезда пропускаются на одноколейный 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 одноколейного участка железной дороги при условии, что в направлении АВ через него должны проследовать 50 составов.

Определить среднее время ожидания составов на станциях А и В. Определить среднее время ожидания на разъезде С и коэффициент загрузки запасного пути.

8. В некоторой производственной системе детали с интервалом времени 5 ± 2 мин 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 5 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 100 деталей. Подсчитать число заполненных тележек и число деталей, поштучно переправленных к другому станку.

9. В поликлинике существует проблема проведения профосмотра, которая связана с возникновением очередей у кабинетов врачей и к регистратуре. Для прохождения профосмотра пациент должен взять направление в регистратуре, затем пройти обследование у специалистов, включая флюорографию и в конце получить заключение у терапевта о состоянии своего здоровья. Поликлиника обслуживает два типа пациентов – пациенты от договорных организаций и пациенты, проходящие профосмотр для трудоустройства. Среди пациентов 50% - женщины, поэтому для прохождения профосмотра требуется дополнительное обследование у гинеколога, причем длительность данного приема выше, чем у обычного специалиста.

Промоделировать работу поликлиники в течении одного рабочего дня. Определить вероятность прохождения профосмотра за один день, учитывая расписание работы специалистов. Построить гистограмму времени обслуживания пациентов в поликлинике. Оценить загрузку врачей-специалистов. Все исходные данные задать самостоятельно: интенсивность прибытия пациентов, количество специалистов, среднее время приема у одного специалиста и т.д.

10. В госпиталь на протяжении суток поступают раненые и потерпевшие от катастрофы, которых доставляют на пятиместных (70%) и трехместных (30%) автомобилях. Время прибытия автомобилей распределено согласно закону Эрланга второго порядка со средним значением 45 мин. В госпитале бригада из трех терапевтов и одного хирурга на протяжении 4 ± 2 мин осматривают раненых и потерпевших, определяют необходимый вид предоставления медицинской помощи и направляют в соответствующую палату (табл. 4). После операционной 55% больных направляют в палату реанимации, а 45% – в палату интенсивной терапии.

Промоделировать работу госпиталя на протяжении 10 суток. Оценить среднее время пребывания пострадавших в госпитале и необходимое количество мест в палатах.

Таблица 4

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вероятность направления | Палата | Количество мест | Время предоставления помощи, мин |
| 0,15 | интенсивной терапии | 20 | Распределено равномерно в интервале 1440-2060 |
| 0,25 | операционная | 6 | Распределено равномерно в интервале 20-120 |
| 0,35 | реанимации | 20 | Распределено равномерно в интервале 2880-3660 |
| 0,15 | хирургическая | 25 | Распределено нормально со средним значением времени 1800 мин и среднеквадратическим отклонением 60 |
| 0,1 | терапии | 30 | Распределено равномерно в интервале 1200-2200 |

11. Радиозавод выполняет заказы мелких компьютерных фирм по сборке персональных компьютеров (ПК) под их торговыми марками. Сборка производится на конвейере.

На вход конвейера поступают полные наборы комплектующих c интенсивностью a ± b мин. На первом участке производится параллельная сборка n1 ПК по c ± d мин каждый. Затем каждый собранный ПК проходит настройку и проверку на предмет работоспособности аппаратной части по е ± f мин каждый. Эту проверку не проходят p1% ПК. Отбракованные ПК отправляют обратно на участок сборки для устранения неисправностей, которое занимает g ± h мин.

По желанию заказчиков на собираемые ПК может быть установлено программное обеспечение (операционная система и прочее). Поэтому только р2% собранных ПК направляются на участок упаковки, а остальные – на участок установки и настройки программного обеспечения (ПО), на котором параллельно работают n2 инженеров. Уста­новка ПО на один компьютер занимает k ± l мин. В процессе этого на p3% ПК могут обнаружиться незамеченные ранее аппаратные проблемы, вследствие чего эти ПК отправляются на первый участок для устранения неисправностей, которое занимает g ± h мин. Исправные компьютеры поступают на участок упаковки.

На участке упаковки все ПК предварительно складируются, а затем поступают на один из n упаковочных станков, упаковка на каждом из которых занимает t минут.

Промоделировать работу завода на протяжении К часов.

Определить среднее время выполнения заказа и максимальный размер склада для участка упаковки. Входные данные задать самостоятельно.

12. В небольшом кафе работают две официантки (*А* и *B*)обслужи­вая по 5 четырехместных столиков. Официантка*А*пользуется боль­шей популярностью, чем официантка *В.* Приходя в кафе, клиент са­дится за столик официантки *В* только в том случае, если все места за столиками, которые обслуживает официантка *А,* заняты. Клиенты приходят в кафе через 2 *±* 1 минут и, если не застают свободных мест, становятся в очередь. Когда клиент садится на освободившееся место, он ждет, пока к нему подойдет официантка и примет у него заказ. Время приема зака­за у официантки*А*занимает 45 ± 15 секунд, у официантки *В* соответст­венно17 ± 4 секунд. Приняв заказ у клиента, официантки сразу же его выполняют. Время выполнения заказа обеими официантками состав­ляет 160 ± 20секунд. После получения заказа клиент на протяжении 16 ± 4минут обедает и уходит из кафе. Официантки обслуживают клиентов по принципу FIFO и в каждый момент времени могут об­служивать не более одного клиента. Промоделировать работу кафе на протя­жении 10 ч. Определитьвремя ожидания в очереди и время, которое клиент проводит за столиком в кафе, вероятность простоя второй официантки.

13. 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 выруливают готовые к взлету машины и получают разрешение на взлет, если полоса свободна. Для взлета и посадки самолеты занимают полосу ровно на 2 мин. Если при свободной полосе одновременно один самолет прибывает для посадки, а другой – для взлета, полоса предостав­ляется взлетающей машине. Смоделируйте работу аэропорта в течение суток. Подсчитайте количество самолетов, которые взлетели, сели и были направлены на запасной аэродром. Определите коэффициент загрузки взлет­но-посадочной полосы.

14. В библиотеке работает два библиотекаря: один в читальном зале, а другой на выдаче книг на дом. Вместимость читального зала составляет 20 рабочих мест. Читатели проходят в библиотеку каждые 20±10 минут. Читатель может взять литературу на дом или поработать с ней в читальном зале.

В читальный зал направляются 20% посетителей. Если все места в читальном зале заняты, посетитель покидает библиотеку. Поиск и выдача книги в читальном зале зависит от типа требуемой литературы. Время поиска и выдачи книг распределено равномерно (см. табл. 5). С вероятностью 10% процентов нужной книги нет в наличии или она занята, тогда читатель покидает библиотеку. Читатель работает с литературой в течении 60±20 минут.

Таблица 5

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип требуемой литературы | Вероятность обращения | Время поиска и выдачи, сек |
| Научная | 0.4 | 180-300 |
| Художественная | 0.25 | 120-240 |
| Периодическая | 0.35 | 240-360 |

Читатели, берущие книги на дом, сначала сдают книги, которые они брали до этого, а затем берут новые. Сдача книги занимает 2 ± 1 минуты. Читатели могут попросить от 1 до 3 книг с равной вероятностью или уйти без книги. Время поиска одной, двух, трех книг распределено по нормальному закону со средним соответственно 3, 6, 9 минут и стандартным отклонением соответственно 1, 2, 3 минуты. С вероятностью 5% процентов нужных книг нет в наличии, тогда читатель покидает библиотеку. Время оформления книг после того, как все книги были найдены составляет 2±1 минуты.

Промоделировать 48 часов работы библиотеки. Оценить вероятность того, что читатель не получит нужных книг. Определить среднее время обслуживания читателей, подавших требование на научную, художественную и периодическую литературу.

15. На складе фабрики работают три кладовщика. Они занимаются выдачей запасных частей механикам, обслуживающим станки. Один кладовщик К1 занимается приемом и оформлением заказов на выдачу деталей, два кладовщика К2, К3 удовлетворяют запросы после приема соответствующего заказа. Запросы бывают двух категорий, поступают равномерно с t01, t02 секунд. Время приема и оформления заказа зависит от типа запроса и распределено экспоненциально со средним значением t1, t2 секунд в зависимости от категории. Порядок обслуживания механиков такой: запросы первой категории обслуживаются только в том случае, когда в очереди нет ни одного запроса второй категории. Внутри категории дисциплина обслуживания: «первый пришел – первым обслужили».

После оформления запросы обслуживаются одним из свободных кладовщиков, время обслуживания не зависит от типа запроса и одинаководля обоих кладовщиков. Время обслуживания распределено по нормальному закону распределения со средним значением t3 секунд и имеет стандартное отклонение t4 секунд.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **t01** | **t02** | **t1** | **t2** | **t3** | **t4** |
| 300-500 | 400-600 | 210-390 | 70-130 | 50 | 5 |

Промоделировать работу склада в течение 8 часов. Все данные приведены в таблице 6. Определить среднее время обслуживания запросов первой и второй категории, максимальную длину очереди перед первым кладовщиком, вероятность простоя кладовщика К3.