

## Лабораторная работа № 3

### Моделирование случайных событий.

#### Задания.

##### Задание 1 (7 баллов).

Система состоит из трех блоков: **A**, **B** и **C**, работающих независимо. Варианты структурной схемы системы показаны на рисунке.



Вероятности безотказной работы блоков  $P(A)$ ,  $P(B)$  и  $P(C)$  указаны в таблице 3.1.

1. Определить надежность  $P$  (вероятность безотказной работы) системы аналитическим методом (используя теоремы сложения и умножения вероятностей).
2. Найти оценку  $P^*$  надежности системы методом статистического моделирования. Для этого смоделировать 100 испытаний и найти относительную частоту события – безотказной работы системы. Реализацию моделей выполнить на С#.
3. Сопоставить результаты аналитического и статистического моделирования.

Найти абсолютную  $|P - P^*|$  и относительную  $\frac{|P - P^*|}{P}$  погрешности.

4. Оформить отчет.

##### Задание 2 дополнительное (7 баллов).

Пусть дискретная стохастическая система управления описывается автономным  $Y$ -детерминированным вероятностным автоматом с таблицей переходов

$z_k$	$z_k$				
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$
$z_1$	$q$	$p$	0	0	0
$z_2$	$q$	0	$p$	0	0
$z_3$	$q$	0	0	$p$	0
$z_4$	$q$	0	0	0	$p$
$z_5$	1	0	0	0	0

где  $p+q = 1$ , и таблицей выходов

$Z$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$
$Y$	$a$	$b$	$a$	$b$	$b$

Начальное распределение вероятностей имеет вид

$Z$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	$z_5$
$D$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Выполнить анализ функционирования системы методом статистического моделирования. В ходе работы выполнить следующие действия.

1. Написать программу, реализующую выбор начального состояния системы, переход системы из одного состояния в другое и выдачу соответствующего выходного сигнала. Предусмотреть возможность ввода пользователем заданного количества переходов, а также вывод последовательности состояний и соответствующей выходной строки. Предположив, что после  $n_0$  переходов система входит в установившийся режим, организовать вычисление относительных частот следующих событий:

а) перехода системы в каждое из возможных состояний;

б) появлений в выходной строке сигналов  $a$  и  $b$

в установившемся режиме работы.

Для выбора состояния, в которое переходит система из текущего состояния, использовать процедуру определения исхода испытания по жребью.

2. Используя разработанную программу, смоделировать функционирование системы в течение  $n = 50$  переходов, выбрав значения  $p$  и  $q$  в соответствии с номером своего варианта (таблица 3.2);  $n_0$  принять равным 10. Получить значения относительных частот, указанных в п. 1 а) и б).

3. Оформить отчет.

### Задание 3 дополнительное (8 баллов)

Рассматривается простейшая система управления запасами. Предполагается, что объем запасов  $z$  в течение каждого дня удовлетворяет условию  $z \geq 0$  (это означает, что задержка в удовлетворении спроса не допускается: если товар отсутствует в наличии, то потенциальный покупатель получает отказ, а фирма несет потери – недополученную прибыль и/или штрафные санкции). Ежедневный спрос на товар  $d$  и величина поставок  $x$  являются случайными величинами с равномерным на  $[0, 1]$  распределением. Минимальный уровень запасов, при котором оформляется заказ на поставку, составляет 0,7 ед.

Величина запаса в начале  $(i+1)$ -го дня определяется следующим образом:

$$z_{i+1} = \begin{cases} z_i - d_i, & \text{если } (z_i > 0.7) \& (d_i \leq z_i), \\ z_i + x_i - d_i, & \text{если } (z_i \leq 0.7) \& (d_i \leq z_i + x_i), \\ 0, & \text{если } d_i > z_i > 0.7 \text{ или } (z_i \leq 0.7) \& (z_i < d_i - x_i). \end{cases}$$

Затраты на хранение запасов в количестве  $z$  ед. в течение одного дня составляют  $2z+1$ . Потери, связанные с нехваткой товара в количестве  $q$  ед., составляют  $7q$ .

Выполнить анализ функционирования системы методом статистического моделирования. В ходе работы выполнить следующие действия.

1. Написать программу, реализующую формирование ежедневного уровня спроса и величины поставок. Предусмотреть возможность определения для указанного пользователем периода (заданного количества дней) и начального уровня запасов  $z_0$  следующих величин

а) средних запасов на складе;

б) средних затрат на хранение;

в) средних потерь, вызванных нехваткой товара;

г) средней величины поставок.

2. Используя разработанную программу, смоделировать функционирование системы в течение  $n = 50$  дней; начальный уровень запасов  $z_0$  принять равным 2 ед. Получить значения средних величин, указанных в п. 1 а) – г).
3. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы относительно используемой стратегии управления запасами.
4. Оформить отчет.

Таблица 3.1

№ варианта	Схема	$P(A)$	$P(B)$	$P(C)$
1	1)	0,9	0,75	0,6
2	2)	0,8	0,85	0,7
3	1)	0,85	0,8	0,7
4	2)	0,9	0,8	0,75

Таблица 3.2

№ варианта	$p$	$q$
1	0,2	0,8
2	0,4	0,6
3	0,7	0,3
4	0,9	0,1

### **Содержание отчета.**

1. Название работы.
2. По заданию 1.
  - 2.1. Надежность системы, найденная аналитически (привести все необходимые расчеты).
  - 2.2. Блок-схема процедуры моделирования функционирования системы и получения статистической оценки надежности.
  - 2.3. Оценка надежности системы, найденная методом статистического моделирования.
  - 2.4. Значения абсолютной и относительной погрешности оценки надежности системы.
  - 2.5. Выводы по результатам проведенного исследования.
3. По заданию 2.
  - 3.1. Блок-схема процедуры моделирования функционирования системы и получения относительных частот, указанных в п. 1 а) и б) задания.
  - 3.2. Полученные в результате моделирования значения относительных частот.
4. По заданию 3.
  - 4.1. Блок-схема процедуры моделирования функционирования системы и получения средних значений, указанных в п. 1 а) – г) задания.
  - 4.2. Полученные в результате моделирования оценки функциональных характеристик системы управления запасами.

#### 4.3. Анализ результатов и выводы относительно используемой стратегии управления запасами, полученные по результатам исследования.