МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»
РТУ МИРЭА

Институт информационных технологий (ИТ)
Кафедра инструментального и прикладного программного обеспечения (ИППО)

Методические указания для выполнения лабораторных работ

по дисциплине Надежность ПО

Москва 2018

1 Моделирование генеральной совокупности псевдослучайных величин

Для выполнения задания необходимо с помощью генератора псевдослучайных чисел создать последовательность из 100 случайных величин. Сгенерированные случайные величины должны отвечать следующим требованиям:

а) количество отрицательных и положительных значений должно быть примерно равно;

б) случайные величины должны изменятся в пределах от 0 до 0,5*№ группы

После того, как будет сгенерирована соответствующая последовательность псевдослучайных величин, необходим будет смоделировать реальные измерения, включающие случайные погрешности. Для моделирования величины введем абстрактное понятие истинного значения ψ искомой величины X. Оценкой для неизвестного значения искомой случайной величины является ее математическое ожидание, которое принято обозначать: M_X, такое, что $M_X = \psi$, а Δ_i – некоторая случайная величина, моделирующая погрешность. Тогда модель случайной величины x будет:

$$x = \psi + \Delta_i$$

Величина ψ вычисляется индивидуально для каждого студента:

$$\psi = 5 + \frac{N_{\text{ПП}}}{8}$$

где $N_{\text{ПП}}$ – порядковый номер студента в журнале группы.

После того, как будут смоделированы результаты измерений необходимо вычислить дисперсию (центральный статистический момент второго порядка) и среднеквадратическое отклонение. Вычисления необходимо провести дважды. Первый раз по формулам, а второй раз с использованием функционала прикладного программного обеспечения, в котором выполняется задание.

Для выполнения работы рекомендуется использовать табличный процессор (например, Openoffice Calc или LibreOffice Calc или Microsoft Office Excel и т.п.), возможно использование другого ПО.

Отчет о выполненной работе оформить в бумажном и электронном виде в соответствии со стандартными требованиями по оформлению подобных работ. Файл с расчетами необходимо предоставить в электронном виде преподавателю.

В отчете следует подробно описать процесс выполнения задания, включая используемые функции ПО.

Пример выполнения лабораторной работы №1
«Моделирование генеральной совокупности псевдослучайных величин»

Задание

1)Сгенерировать 100 случайных величин, отвечающих следующим требованиям:

-количество отрицательных и положительных значений должно быть примерно равно;

-случайные величины должны изменяться в пределах от 0 до 1(по модулю).

2)Смоделировать реальные измерения. Модель случайной величины:

$$x = \psi + \Delta_i,\text{где } \psi \text{ истинное значение}$$

$$\psi = 5 + \frac{13}{8} = 6{,}625(\text{мат. ожидание равно данной величине})$$

3)Вычислить дисперсию и среднеквадратическое отклонение (двумя способами: с помощью функционала ПО; непосредственно по статистическим формулам).

Ход работы

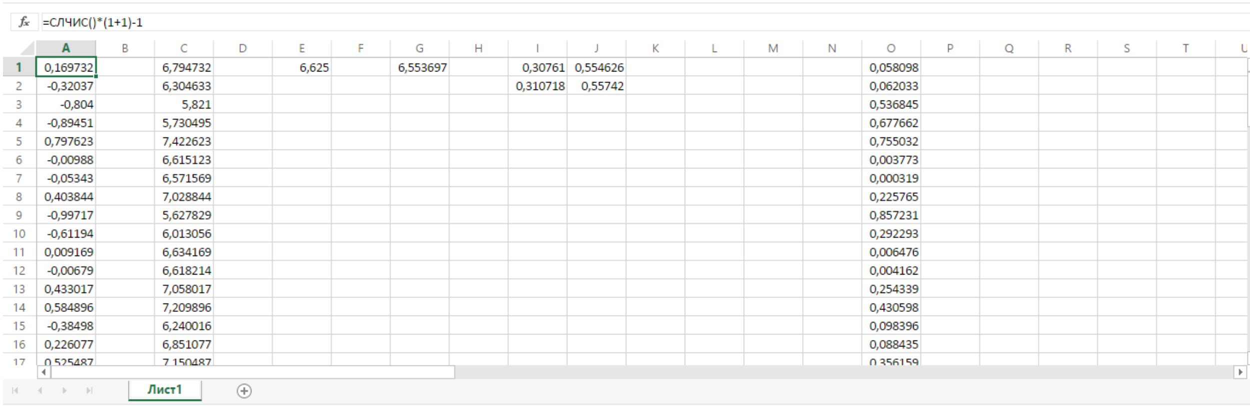
Для выполнения данной лабораторной работы использовался табличный процессор Excel.

1.Сгенерировать 100 случайных величин, удовлетворяющих условиям задания.

Использовалась функция СЛЧИС(), для того чтобы числа распределились на нужном нам отрезке необходимо видоизменить функцию:

СЛЧИС()*(b-1)+a, где a и b это начало и конец отрезка, т.е. a=-1 b=1.

Заполняем такими величинами столбец А (рис.1), с первой по сотую строку. Количество отрицательных и положительных чисел примерно равно, при каждом изменении страницы (варьируется от 47 и 53 до 49 и 51).



=СЛЧИС()*(1+1)-1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	0,169732		6,794732		6,625		6,553697		0,30761	0,554626					0,058098					
2	-0,32037		6,304633						0,310718	0,55742					0,062033					
3	-0,804		5,821												0,536845					
4	-0,89451		5,730495												0,677662					
5	0,797623		7,422623												0,755032					
6	-0,00988		6,615123												0,003773					
7	-0,05343		6,571569												0,000319					
8	0,403844		7,028844												0,225765					
9	-0,99717		5,627829												0,857231					
10	-0,61194		6,013056												0,292293					
11	0,009169		6,634169												0,006476					
12	-0,00679		6,618214												0,004162					
13	0,433017		7,058017												0,254339					
14	0,584896		7,209896												0,430598					
15	-0,38498		6,240016												0,098396					
16	0,226077		6,851077												0,088435					
17	0,525487		7,150487												0,356159					

Лист1

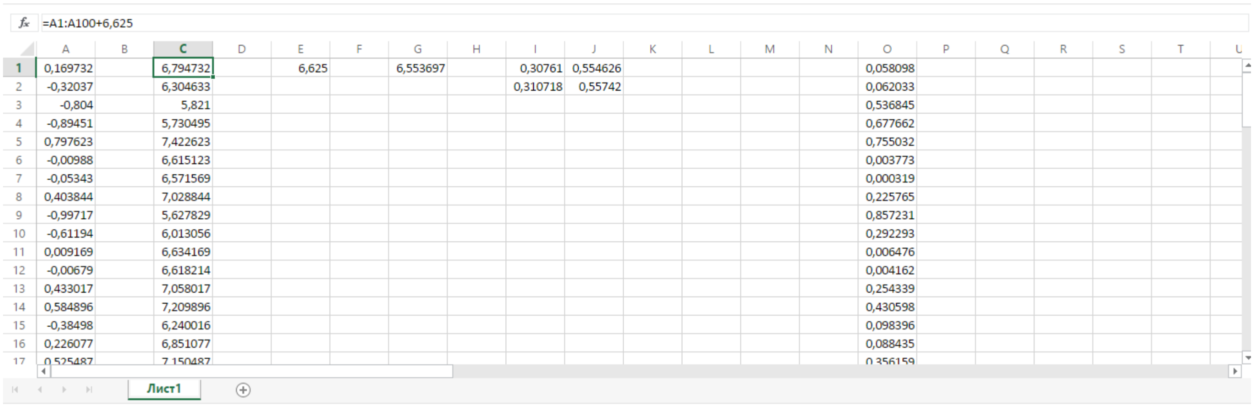
Рис.1. Сгенерированные псевдослучайные величины в столбце А

2. Смоделировать реальные измерения, по предоставленной модели в задании. Учитывая то, что наши сгенерированные величины являются погрешностями истинного значения искомой величины.

Реальные измерения записываются в столбец С (1-100 строка) и высчитываются по формуле:

$$A1{:}A100+6{,}625, \text{ где}$$

6,625 это истинное значение, вычисляемое по формуле из задания (рис. 2), а диапазон А1:А100 означает то, что к каждому числу из данного диапазона прибавляется 6,625.



=A1:A100+6,625

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	0,169732		6,794732		6,625		6,553697		0,30761	0,554626					0,058098					
2	-0,32037		6,304633						0,310718	0,55742					0,062033					
3	-0,804		5,821												0,536845					
4	-0,89451		5,730495												0,677662					
5	0,797623		7,422623												0,755032					
6	-0,00988		6,615123												0,003773					
7	-0,05343		6,571569												0,000319					
8	0,403844		7,028844												0,225765					
9	-0,99717		5,627829												0,857231					
10	-0,61194		6,013056												0,292293					
11	0,009169		6,634169												0,006476					
12	-0,00679		6,618214												0,004162					
13	0,433017		7,058017												0,254339					
14	0,584896		7,209896												0,430598					
15	-0,38498		6,240016												0,098396					
16	0,226077		6,851077												0,088435					
17	0,525487		7,150487												0,356159					

Лист1

Рис.2. Формула получения реального измерения

и его отображение в столбце С

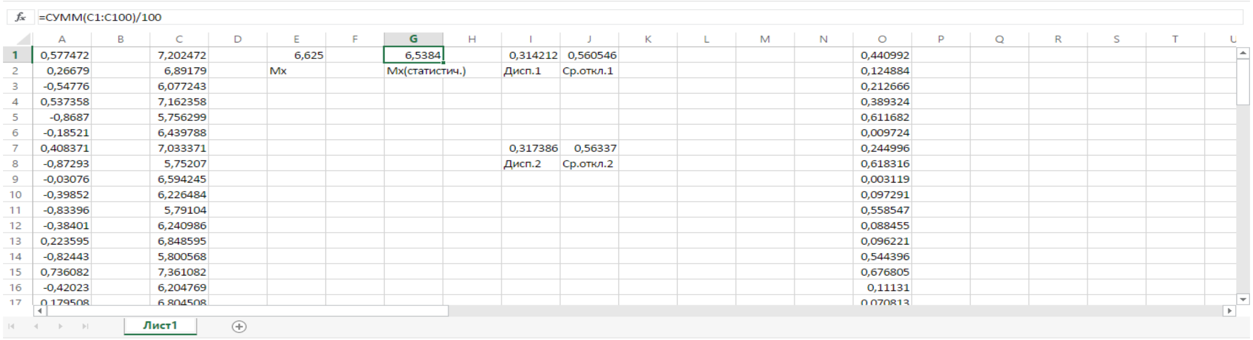
3. Так как данные, предоставленные в условии задания, являются статистическими, то математическое ожидание, необходимо вычислить по специальным формулам для статистического математического ожидания и производить дальнейшие вычисления по этому параметру.

Статистическое математическое ожидание вычисляется по формуле:

$$\overline{M_x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Вычисление математического ожидание на рисунке 3, с помощью функционала табличного процессора. Результат автоматически записывается в столбец G (1 строка):

СУММ(C1:C100)/n


fx =СУММ(C1:C100)/100

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,577472		7,202472		6,625		6,5384		0,314212	0,560546					0,440992
2	0,26679		6,89179		Mx		Mx(статистич.)		Дисп.1	Ср.откл.1					0,124884
3	-0,54776		6,077243												0,212666
4	0,537358		7,162358												0,389324
5	-0,8687		5,756299												0,611682
6	-0,18521		6,439788												0,009724
7	0,408371		7,033371						0,317386	0,56337					0,244996
8	-0,87293		5,75207						Дисп.2	Ср.откл.2					0,618316
9	-0,03076		6,594245												0,003119
10	-0,39852		6,226484												0,097291
11	-0,83396		5,79104												0,558547
12	-0,38401		6,240986												0,088455
13	0,223595		6,848595												0,096221
14	-0,82443		5,800568												0,544396
15	0,736082		7,361082												0,676805
16	-0,42023		6,204769												0,11131
17	0,179508		6,804508												0,070813

Лист1

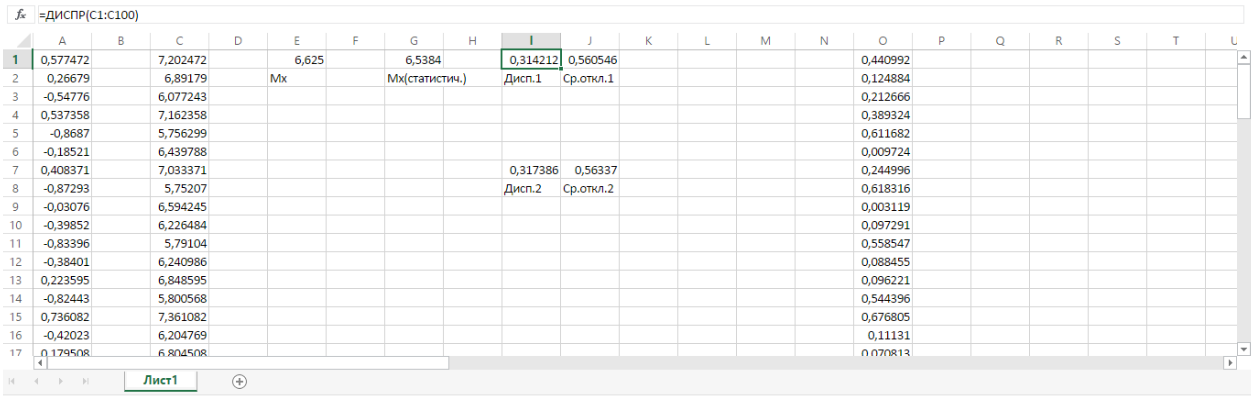
Рис.3. Статическое математического ожидание в столбце G

Полученный результат отличается незначительно от указанного мат.ожидания в условии задания, на 0,0866.Следовательно среднее значение случайной величины изменилось незначительно.

4. Посчитаем дисперсию с помощью функции ДИСПР(), вычисляет дисперсию для генеральной совокупности, т.е. не являются выбранными элементами из совокупности, а представляют собой всю совокупности на рисунке 4:

ДИСПР(C1:C100),

т.е. вычислить дисперсию для совокупности из столбца С с 1 по 100 строку.


fx =ДИСПР(C1:C100)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,577472		7,202472		6,625		6,5384		0,314212	0,560546					0,440992
2	0,26679		6,89179		Mx		Mx(статистич.)		Дисп.1	Ср.откл.1					0,124884
3	-0,54776		6,077243												0,212666
4	0,537358		7,162358												0,389324
5	-0,8687		5,756299												0,611682
6	-0,18521		6,439788												0,009724
7	0,408371		7,033371						0,317386	0,56337					0,244996
8	-0,87293		5,75207						Дисп.2	Ср.откл.2					0,618316
9	-0,03076		6,594245												0,003119
10	-0,39852		6,226484												0,097291
11	-0,83396		5,79104												0,558547
12	-0,38401		6,240986												0,088455
13	0,223595		6,848595												0,096221
14	-0,82443		5,800568												0,544396
15	0,736082		7,361082												0,676805
16	-0,42023		6,204769												0,11131
17	0,179508		6,804508												0,070813

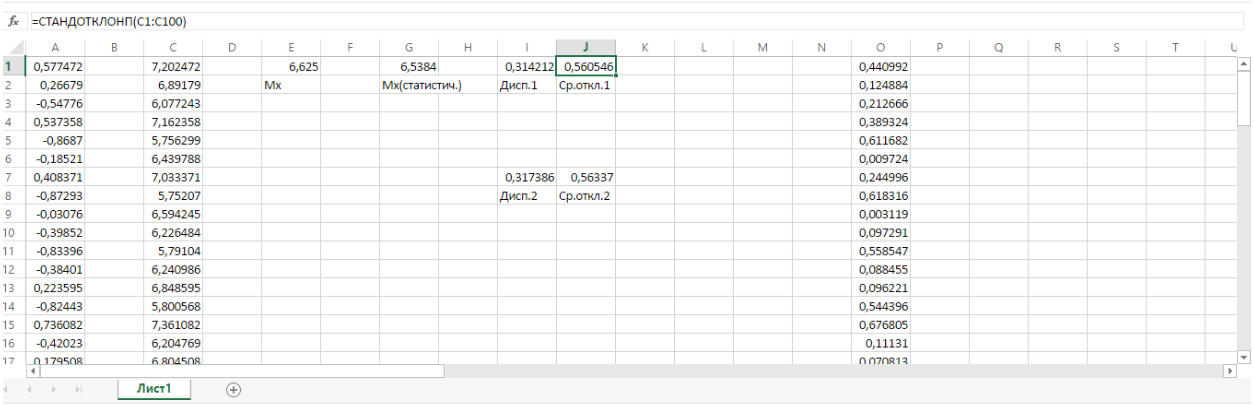
Лист1

Рис.4. Результат выполнения функции ДИСПР в ячейке I1

5. Вычислим среднеквадратическое отклонение с помощью функции СТАН-

ДОТКЛОНП(). Использование буквы П означает что расчет будет выполнен по генеральной совокупности; стандартным в данном табличном процессоре называется среднеквадратическое отклонение. Процесс вычисления представлен на рисунке 5:

СТАНДОТКЛОНП(C1:C100)



fx =СТАНДОТКЛОНП(C1:C100)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,577472		7,202472		6,625		6,5384		0,314212	0,560546					0,440992
2	0,26679		6,89179		Mx		Mx(статистич.)		Дисп.1	Ср.откл.1					0,124884
3	-0,54776		6,077243												0,212666
4	0,537358		7,162358												0,389324
5	-0,8687		5,756299												0,611682
6	-0,18521		6,439788												0,009724
7	0,408371		7,033371						0,317386	0,56337					0,244996
8	-0,87293		5,75207						Дисп.2	Ср.откл.2					0,618316
9	-0,03076		6,594245												0,003119
10	-0,39852		6,226484												0,097291
11	-0,83396		5,79104												0,558547
12	-0,38401		6,240986												0,088455
13	0,223595		6,848595												0,096221
14	-0,82443		5,800568												0,544396
15	0,736082		7,361082												0,676805
16	-0,42023		6,204769												0,11131
17	0,179508		6,804508												0,070813

Лист1

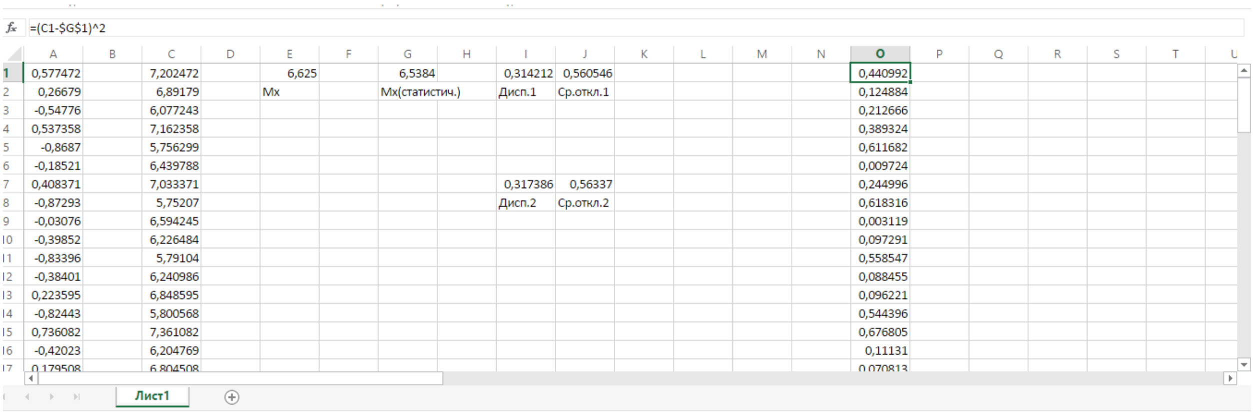
Рис.5. Результат функции СТАНДОТКЛОНП в ячейке J1

6. Вычислим дисперсию, используя статистические формулы из лекционного курса по предмету «Надежность ПО».

Формула для расчета дисперсии:

$$\overline{D_x} = \frac{\sum_{i=1}^{n}[x_i - M(X)]^2}{n-1}$$

Чтобы избежать нагромождений в функции, запишем в столбец O реальное значение в квадрате.



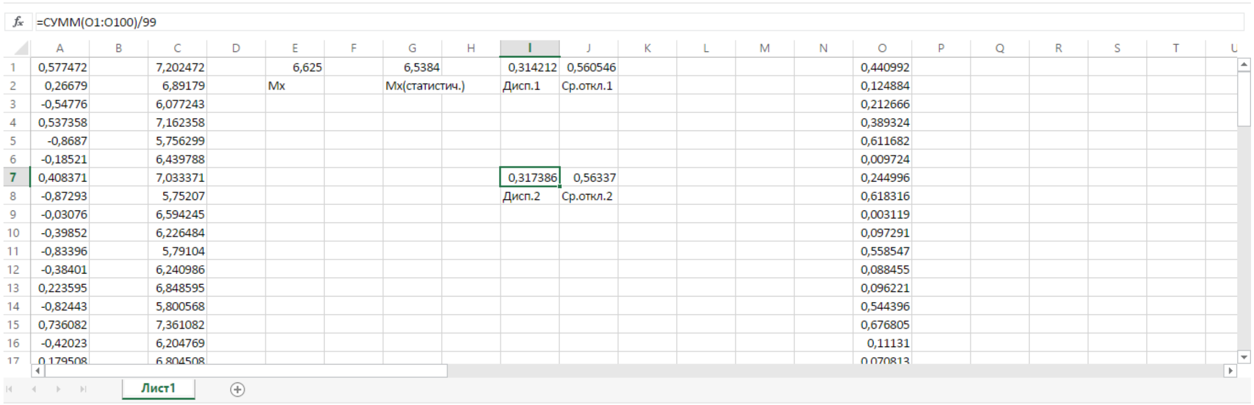
fx =(C1-G1)^2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	0,577472		7,202472		6,625		6,5384		0,314212	0,560546					0,440992
2	0,26679		6,89179		Mx		Mx(статистич.)		Дисп.1	Ср.откл.1					0,124884
3	-0,54776		6,077243												0,212666
4	0,537358		7,162358												0,389324
5	-0,8687		5,756299												0,611682
6	-0,18521		6,439788												0,009724
7	0,408371		7,033371						0,317386	0,56337					0,244996
8	-0,87293		5,75207						Дисп.2	Ср.откл.2					0,618316
9	-0,03076		6,594245												0,003119
10	-0,39852		6,226484												0,097291
11	-0,83396		5,79104												0,558547
12	-0,38401		6,240986												0,088455
13	0,223595		6,848595												0,096221
14	-0,82443		5,800568												0,544396
15	0,736082		7,361082												0,676805
16	-0,42023		6,204769												0,11131
17	0,179508		6,804508												0,070813

Лист1

Рис.6. Квадрат реального значения величины в столбце O

Далее согласно формуле вычислим сумму x-M(X) и поделим на 99.



f_x =СУММ(O1:O100)/99

	A	C	E	G	I	J	O
1	0,577472	7,202472	6,625	6,5384	0,314212	0,560546	0,440992
2	0,26679	6,89179	Mx	Mx(статистич.)	Дисп.1	Ср.откл.1	0,124884
3	-0,54776	6,077243					0,212666
4	0,537358	7,162358					0,389324
5	-0,8687	5,756299					0,611682
6	-0,18521	6,439788					0,009724
7	0,408371	7,033371			0,317386	0,56337	0,244996
8	-0,87293	5,75207			Дисп.2	Ср.откл.2	0,618316
9	-0,03076	6,594245					0,003119
10	-0,39852	6,226484					0,097291
11	-0,83396	5,79104					0,558547
12	-0,38401	6,240986					0,088455
13	0,223595	6,848595					0,096221
14	-0,82443	5,800568					0,544396
15	0,736082	7,361082					0,676805
16	-0,42023	6,204769					0,11131
17	0,179508	6,804508					0,070813

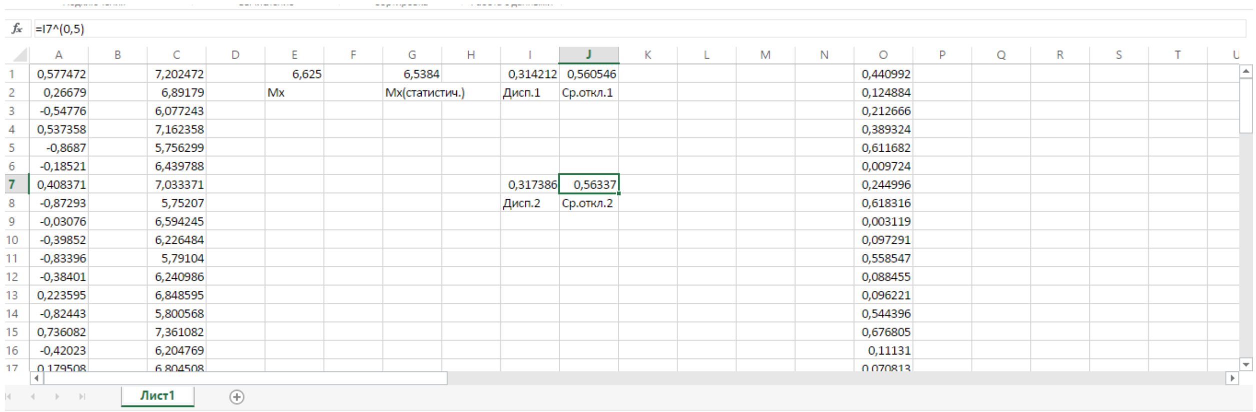
Лист1

Рис.7. Результат вычислений дисперсии в ячейке I7

7. Вычилим среднеквадратическое отклонение используя статистическую формулу:

$$\overline{\sigma_x} = \sqrt[2]{\overline{D_x}}$$

Так как дисперсию мы уже нашли (I7), то необходимо возвести полученное значение в степень 0,5.



f_x =I7^(0,5)

	A	C	E	G	I	J	O
1	0,577472	7,202472	6,625	6,5384	0,314212	0,560546	0,440992
2	0,26679	6,89179	Mx	Mx(статистич.)	Дисп.1	Ср.откл.1	0,124884
3	-0,54776	6,077243					0,212666
4	0,537358	7,162358					0,389324
5	-0,8687	5,756299					0,611682
6	-0,18521	6,439788					0,009724
7	0,408371	7,033371			0,317386	0,56337	0,244996
8	-0,87293	5,75207			Дисп.2	Ср.откл.2	0,618316
9	-0,03076	6,594245					0,003119
10	-0,39852	6,226484					0,097291
11	-0,83396	5,79104					0,558547
12	-0,38401	6,240986					0,088455
13	0,223595	6,848595					0,096221
14	-0,82443	5,800568					0,544396
15	0,736082	7,361082					0,676805
16	-0,42023	6,204769					0,11131
17	0,179508	6,804508					0,070813

Лист1

Рис.8.Результат вычисления среднекв.отклон. в ячейке J7

Выводы

Полученные значения дисперсии почти равны между собой, разница составляет 0,003174, это говорит о том, что вычисления с помощью статических формул дают практически такой же результат, как и функции Excel. Если анализировать само значение дисперсии, то оно говорит о том, что разброс случайных величин невелик (это верно, поскольку числа равномерно распределены в диапазоне -1;1). Тоже самое, можно сказать и о среднеквадратическом отклонении.

2. Расчет параметров надежности аппаратно-программных комплексов информационных систем

1. Рассчитайте вероятность безотказной системы изображенной на рис. 1 изображена мостовая схема, где P1, P2, P3, P4, P5 – вероятности безотказной работы элементов схемы, если:

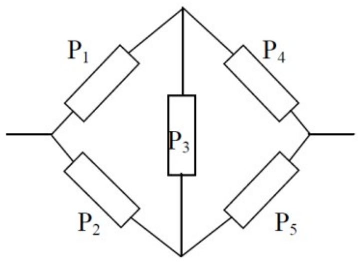


Рис. 1 Схема системы.

Вероятность безотказной работы элементов:

$P_1 = 0{,}93$

$P_2 = 0{,}985 – 0{,}003*i$

$P_3 = 0{,}092$

$P_4 = 0{,}83 + 0{,}0055*i$

$P_5 = 0{,}95$

Где i – номер студента в журнале группы.

2. Определите вероятность безотказной работы *Робщ* за время *t* = 200 часов и среднее время безотказной работы *Тобщ* для системы с общим резервированием, изображенной на рис.2.

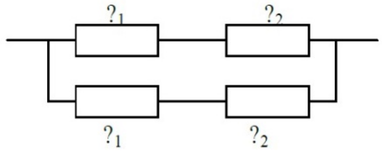


Рис.2 Схема системы с общим резервированием

Вероятность безотказной работы элементов неизвестна, но задана интенсивности отказов элементов:

$\lambda_1=5-(0{,}003*i)*10^{-4}$ 1/час, $\lambda_2=0{,}1+(0{,}006*i)*10^{-4}$ 1/час.

3. Определите вероятность безотказной работы *Робщ* за время t = 200 часов и среднее время безотказной работы *Тобщ* для системы с раздельным резервированием, изображенной на рис.3. Исходные данные взять из задания 2.

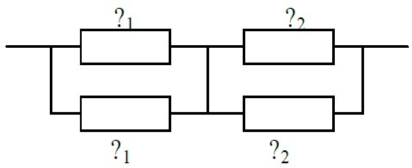


Рис.3 Схема системы с раздельным резервированием.

4. Вероятность P самопроизвольного датчика информационной системы при воздействии внешних сил неизвестна, но предположительно очень мала. Произведено 100+i (где i- номер студента в журнале группы) опытов, в каждом из которых информационную систему установленную на изделии подвергали жестким воздействиям, но ни в одном опыте датчик не сработал самопроизвольно. Определить верхнюю границу P_2 при условии, что доверительный интервал для вероятности P равен 0,95.

5. Сколько раз надо убедиться в безотказной работе изделия для того, чтобы с гарантией 96% утверждать, что в практическом применении оно будет отказывать не более чем в 4% всех случаев?

Пример выполнения лабораторной работы №2

«Расчет параметров надежности аппаратно-программных комплексов информационных систем»

Задачи:

1. Рассчитаем вероятность безотказной системы изображенной на рис. 1. Предложена мостовая схема, где P1, P2, P3, P4, P5 – вероятности безотказной работы элементов схемы:

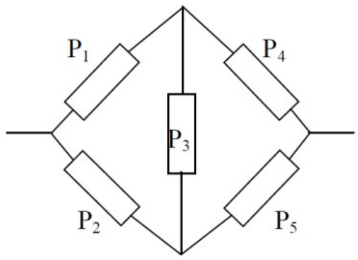


Рис. 1 Схема системы.

Вероятность безотказной работы элементов:

P1 = 0,93

P2 = 0,985 – 0,003*i

P3 = 0,092

P4 = 0,83 + 0,0055*i

P5 = 0,95

Где i – номер студента в журнале группы.

2. Определите вероятность безотказной работы *Робщ* за время *t* = 200 часов и среднее время безотказной работы *Тобщ* для системы с общим резервированием, изображенной на рис.3.

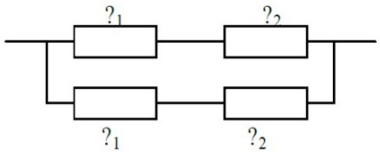


Рис.2 Схема системы с общим резервированием

Вероятность безотказной работы элементов неизвестна, но задана интенсивности отказов элементов:

λ_1=5 – (0,003*i)*10^{-4} 1/час=4,9999961 1/час λ_2=0,1

+ (0,006*i)*10^{-4} 1/час=0,1000078 1/час

3. Определите вероятность безотказной работы *Робщ* за время *t* = 200 часов и среднее время безотказной работы *Тобщ* для системы с раздельным резервированием, изображенной на рис.4. Исходные данные взять из задания 2.

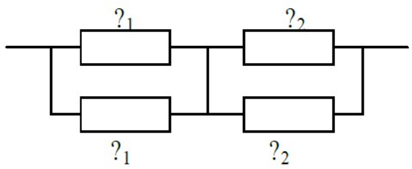


Рис.3 Схема системы с раздельным резервированием.

4. Вероятность *P* самопроизвольного датчика информационной системы при воздействии внешних сил неизвестна, но предположительно очень мала. Произведено 100+i (где i- номер студента в журнале группы) опытов, в каждом из которых информационную систему установленную на изделии подвергали жестким воздействиям, но ни в одном опыте датчик не сработал самопроизвольно. Определить верхнюю границу P_2 при условии, что доверительный интервал для вероятности P равен 0,95.

5. Сколько раз надо убедиться в безотказной работе изделия для того, чтобы с гарантией 96% утверждать, что в практическом применении оно будет отказывать не более чем в 4% всех случаев?

Выполнение работы

Задание 1

Решение

i=13, тогда

P2 = 0,985 – 0,003*13=0,946

P4 = 0,83 + 0,0055*13=0,9015

Для решения данной задачи необходимо схему, приведенную на рисунке 1 преобразовать к эквивалентному виду, используя минимальные пути, который удобен для расчетов. Для этого схема преобразуется в схему из четырех параллельных ветвей (рис.4.) , согласно минимальным путям, а они следующие:

1)P1,P4

2)P1,P3,P4

3)P2,P5

4)P2P3P4

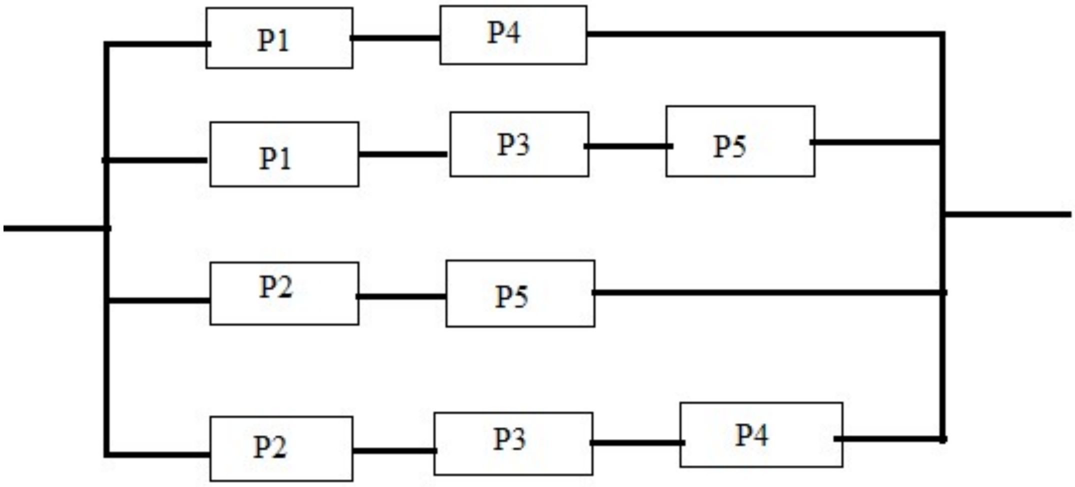


Рис.4.

Вероятность безотказной работы системы изображенной на рис. 4 рассчитывается используя формулы для расчета системы с общим резервированием:

$$P_{общ}(t) = 1 - \prod_{i=1}^{m+1} (1 - \prod_{j=1}^{n} P_{ij}$$

$$P_{общ}(t) = 1 - (1 - P1 * P4) * (1 - P1 * P3 * P5) * (1 - P2 * P5) * (1 - P2 * P3 * P4) = 1 - (0{,}161605 * 0{,}918718 * 0{,}1013 * 0{,}9215) = 0{,}9861$$

Задание 2.

Решение:

Если учесть что P=$e^{-\lambda * t}$, тогда вероятность безотказной работы(общей) вычисляется по следующей формуле:

$$Робщ(t) = 1 - [(1 - e{-}(\lambda1+\lambda2) * t)]m+1,$$

$$Т_{общ} = \frac{1}{λ_1+λ_2} * \sum_{i=0}^{m} \frac{1}{i+1}$$

,где m-количество резервных цепей, m=1

$-(λ_1 + λ_2) * t = -(4,9999961 + 0,1000078) * 200 = -1020,00078$

Pобщ(200) = 1 − [(1 − e−1020,00078)]2 = 1 − (1 − 0)2 = 1 − 1 = 0

$Т_{общ} = \frac{1}{5,1000039} * \left(1 + \frac{1}{2}\right) =$ 0,294 часа=17,65 минут

Задание 3

Решение:

Так как это система с раздельным резервированием, то используются следующие формулы:

Pобщ(t) = [1 − (1 − e−(λ1+λ2)∗t)m+1]n, где m=1 n=2

$Т_{общ} = \frac{(n-1)!}{(λ_1+λ_2)*(m+1)} * \sum_{i=0}^{m} \frac{1}{v_i*(v_i+1)\dots(v_i+n-1)}$,где $v_i = \frac{i+1}{m+1}$

$$-(λ_1 + λ_2) * t == -(4,9999961 + 0,1000078) * 200 = -1020,00078$$

$$v_0 = \frac{0+1}{1+1} = 0,5$$

$$v_1 = \frac{1+1}{1+1} = 1$$

$$P_{общ}(200) = [1 - (1-0)^2]^2 = 0$$

$$Т_{общ} = \frac{1}{5,1000039 * 2} * \left(\frac{4}{3} + \frac{1}{2}\right) = 0,1797 \text{ часа} = 10,8 \text{ минут}$$

Задание 4

Решение

$$\mathrm{P}_2 = 1 - \sqrt[n]{1-\beta}$$

P(A)=0,95=β-появление события

P(B)=1-0,95=1-β=0,05-событие А не появилось

N=113

$\mathrm{P}_2 = 1 - \sqrt[113]{1-0{,}95}$=1-0,974=0,026

Задание 5

Решение:

β = 0,96 P_2 = 0,04

Если выразить n из формулы предыдущего задания, то получим:

$$n = \frac{\lg(1-\beta)}{\lg(1-P_2)}$$

$$n = \frac{\lg(0{,}04)}{\lg(0{,}96)} = 78{,}98 = 79$$

Вывод:

В ходе выполнения данной лабораторной работы были освоены следующие темы:

-резервирование для повышения надежности ИС, были рассмотрены задачи на общее и раздельное резервирование, а также изучены режимы включения(постоянное, замещением, скользящее, облегченное)
-расчет надежности по статистическим данным, а именно практически был определен доверительный интервал при отсутствии отказов, теоретически изучен метод определения доверительного интервала при нормальном и экспоненциальном распределении.