МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МО ЭВМ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №5
по дисциплине «Качество и метрология программного обеспечения»
Тема: «Оценка параметров надежности программ по временным моделям обнаружения ошибок»

Студент гр. 8304		Щука А. А.
Преподаватель		Кирьянчиков В. А.

Санкт-Петербург
2022

Цель работы.

Выполнить исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок Джелинского-Моранды, для различных законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных.

Задание.

1. Сгенерировать массивы данных $\{X_i\}$, где X_i – случайное значение интервала между соседними $(i-1)$–ой и i–ой ошибками $(i=[1,30])$, в соответствии с:
   a. Равномерным законом распределения в интервале $[0,20]$; при этом средний интервал между ошибками будет $m_{\text{равн}} = 10$, СКО $s_{\text{равн}} = 20/(2*sqrt(3)) = 5.8$;
   b. Экспоненциальным законом распределения, $W(y) = b*exp(-b*y)$, $y \geq 0$, с параметром $b = 0.1$ и соответственно $m_{\text{эксп}} = s_{\text{эксп}} = 1/b = 10$. Значения случайной величины Y с экспоненциальным законом распределения с параметром «b» можно получить по значениям случайной величины t, равномерно распределенной в интервале $[0,1]$, по формуле: $Y = -ln(t)/b$;
   c. Релеевским законом распределения $W(y) = (y/c^2)*exp(-y^2/(2*c^2))$, $y >= 0$, с параметром $c = 8.0$ и соответственно $m_{\text{рел}} = c*sqrt(\pi/2)$, $s_{\text{рел}} = c*sqrt(2-\pi/2)$. Значения случайной величины Y с релеевским законом распределения с параметром «с» можно получить по значениям случайной величины t, равномерно распределенной в интервале $[0,1]$, по формуле: $Y = \text{c}*sqrt(-2*ln(t))$.
2. Каждый из 3-х массивов $\{X_i\}$ интервалов времени между соседними ошибками упорядочить по возрастанию.
3. Для каждого из 3-х массивов $\{X_i\}$ оценить значение первоначального числа ошибок в программе B. При этом для каждого закона использовать 100%, 80% и 60% входных данных (то есть в массивах $\{X_i\}$ использовать n = 30, 24 и 18 элементов).

Примечание: для каждого значения n следует генерировать и сортировать новые массивы.

4. Если $B > n$, оценить значения средних времен X_j, $j = n + 1, n + 2 \dots, n + k$ до обнаружения $k \leq 5$ следующих ошибок и общее время на выполнение тестирования.
5. Результаты вычислений представить в виде двух таблиц, одна из которых содержит оценки первоначального числа ошибок, а другая – оценки полных времен проведения тестирования - для разных законов распределения времен между отказами и разного числа используемых данных.
6. Сравнить и объяснить результаты, полученные для различных законов распределения времени между соседними отказами и различного числа используемых для анализа данных.

Ход работы.

1. **Равномерный закон распределения.**

100% входных данных.

Был сгенерирован массив из 30-ти элементов, равномерно распределенных в интервале [0,20]. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Равномерное распределение, $n = 30$ (100%).

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_i	0,195	0,6	0,82	1,164	1,758	1,872	2,982	3,604	3,761	4,949
i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X_i	5,662	6,06	6,96	7,251	7,551	9,154	9,729	10,96	11,08	11,279
i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X_i	11,453	14,7	16,502	17,055	17,787	18,029	18,385	18,925	19,165	19,747

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 21{,}45$.

Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $21{,}45 > 15{,}5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-i}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчёт значений функций для равномерного распределения (100%).

m	31	32	**33**	34
$f_n(m)$	3,9949	3,0273	**2,5585**	2,2555
$g(m, A)$	3,1416	2,8438	**2,5976**	2,3905
$\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$	0,8533	0,1835	**0,0391**	0,135

Минимум разности достигается при $m = 33$.

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 32$.

Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0{,}009306$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для равномерного распределения (100%).

j	31	32
X_j (дней)	53,73	107,46

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 161{,}2$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 440{,}3$ дней.

80% входных данных.

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, равномерно распределенных в интервале [0,20]. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Равномерное распределение, $n = 24$ (80%).

i	1	2	3	4	5	6	7	8
X_i	0,037	0,539	0,58	2,445	3,484	4,136	4,811	5,317
i	9	10	11	12	13	14	15	16
X_i	5,8	5,888	7,963	9,969	11,527	11,679	12,749	13,66
i	17	18	19	20	21	22	23	24
X_i	13,866	14,221	14,28	16,169	16,947	17,449	17,812	18,477

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 16{,}76$.

Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $16{,}76 > 12{,}5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Расчёт значений функций для равномерного распределения (80%).

m	25	26	**27**	28
$f_n(m)$	3,7759	2,8159	**2,3544**	2,0581
$g(m, A)$	2,913	2,5977	**2,344**	2,1354
$\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$	0,8629	0,2182	**0,0104**	0,0773

Минимум разности достигается при $m = 27$.

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 26$.

Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0{,}0102$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для равномерного распределения (80%).

j	25	26
X_j (дней)	49,02	98,04

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 147{,}1$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 376{,}9$ дней.

60% входных данных.

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, равномерно распределенных в интервале $[0{,}20]$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Равномерное распределение, $n = 18$ (60%).

$\boldsymbol{i}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\boldsymbol{X_i}$	1,043	1,247	1,944	1,955	3,126	3,907	5,332	5,345	5,523
$\boldsymbol{i}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\boldsymbol{X_i}$	8,815	9,439	11,126	12,707	17,129	17,249	17,524	18,252	18,347

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 13{,}1.$

Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $13{,}1 > 9{,}5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчёт значений функций для равномерного распределения (60%).

m	19	**20**	21
$f_n(m)$	3,4951	**2,5477**	2,0977
$g(m, A)$	3,051	**2,6088**	2,2785
$\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$	0,4441	**0,0611**	0,1808

Минимум разности достигается при $m = 20$.

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 19$.

Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0{,}0163$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для равномерного распределения (60%).

j	19
X_j (дней)	61,33

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 61{,}3$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 221{,}3$ дней.

2. Экспоненциальный закон распределения.

100% входных данных.

Был сгенерирован массив из 30-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром $b = 0{,}1$. Значения случайной величины Y с экспоненциальным законом распределения с параметром «b» были получены по значениям случайной величины t, равномерно распределенной в интервале $[0{,}1]$, по формуле: $Y = -ln(t)/b$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Экспоненциальное распределение, $n = 30$ (100%).

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_i	0,151	0,419	0,629	0,812	0,921	0,965	1,567	1,779	2,485	2,614
i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X_i	3,595	4,095	4,894	5,175	5,656	6,714	6,792	7,257	7,423	9,289
i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X_i	9,862	9,943	12,006	12,242	16,451	16,503	18,202	22,926	23,969	45,099

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 23{,}41$.

Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $23{,}41 > 15{,}5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Расчёт значений функций для экспоненциального распределения (100%).

m	**31**	32
$f_n(m)$	**3,995**	3,027
$g(m, A)$	**3,9545**	3,494
$\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$	**0,0405**	0,467

Минимум разности достигается при $m = 31$.

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 30$.

Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0{,}01518$.

Условие $B > n$ не выполняется.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{\text{общ}} = 260{,}4$ дней.

80% входных данных.

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром $b = 0{,}1$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Экспоненциальное распределение, $n = 24$ (80%).

i	1	2	3	4	5	6	7	8
X_i	0,131	0,131	0,769	1,755	2,984	3,285	3,397	3,754
i	9	10	11	12	13	14	15	16
X_i	5,293	5,361	5,78	7,072	8,052	8,675	9,039	9,416
i	17	18	19	20	21	22	23	24
X_i	9,545	10,051	10,671	10,788	11,809	15,799	19,951	20,956

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 17{,}24$.

Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $17{,}24 > 12{,}5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Расчёт значений функций для экспоненциального распределения (80%).

m	25	**26**	27
$f_n(m)$	3,776	**2,816**	2,354
$g(m, A)$	3,09	**2,738**	2,457
$\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$	0,686	**0,078**	0,103

Минимум разности достигается при $m = 26$.

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 25$.

Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0{,}01484$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для экспоненциального распределения (80%).

j	25
X_j (дней)	67,365

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 67{,}4$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{\text{общ}} = 251{,}8$ дней.

60% входных данных.

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром $b = 0{,}1$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Экспоненциальное распределение, $n = 18$ (60%).

$\boldsymbol{i}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\boldsymbol{X_i}$	0,09	0,294	0,987	2,033	2,627	2,89	3,011	3,23	6,18
$\boldsymbol{i}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\boldsymbol{X_i}$	6,951	8,675	9,138	9,238	12,31	15,847	15,995	16,094	29,565

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 13{,}86.$

Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $13{,}86 > 9{,}5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Расчёт значений функций для экспоненциального распределения (60%).

m	**19**	20
$f_n(m)$	**3,495**	2,547
$g(m, A)$	**3,498**	2,929
$\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$	**0,003**	0,382

Минимум разности достигается при $m = 19$.

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 18$.

Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0{,}0241.$

Условие $B > n$ не выполняется.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{общ} = 145{,}2$ дней.

3. Релеевский закон распределения.

100% входных данных.

Был сгенерирован массив из 30-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром $с = 8{,}0$. Значения случайной величины Y с релеевским законом распределения с параметром «с» были получены по значениям случайной величины t, равномерно распределенной в интервале [0,1], по формуле: $Y = с * sqrt(-2 * ln(t))$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Релеевское распределение, $n = 30$ (100%).

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_i	0,506	1,19	2,286	3,115	3,246	3,768	3,899	4,17	5,209	6,208
i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X_i	6,361	6,716	7,505	7,862	8,086	8.788	9,135	11,084	11,205	11,864
i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
X_i	11,962	11,98	12,127	12,346	14,697	15,98	17,397	18,025	18,303	22,677

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 20{,}58$.

Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $20{,}58 > 15{,}5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (100%).

m	31	32	33	**34**	35
$f_n(m)$	3,995	3,027	2,558	**2,255**	2,035
$g(m, A)$	2,878	2,626	2,414	**2,235**	2,08
$\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$	1,117	0,401	0,144	**0,02**	0,045

Минимум разности достигается при $m = 34$.

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 33$.

Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0{,}00805$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (100%).

j	31	32	33
X_j (дней)	41,417	62,126	124,251

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 227{,}8$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{\text{общ}} = 505{,}5$ дней.

80% входных данных.

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром $c = 8{,}0$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Релеевское распределение, $n = 24$ (80%).

i	1	2	3	4	5	6	7	8
X_i	2,91	3,115	4,772	5,522	5,798	5,984	6,77	7,346
i	9	10	11	12	13	14	15	16
X_i	7,756	8,948	9,406	9,501	9,775	9,831	9,845	10,265
i	17	18	19	20	21	22	23	24
X_i	10,654	11,312	11,929	11,945	12,346	12,518	12,783	28,204

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 15{,}38$.

Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $15{,}38 > 12{,}5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m, A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (80%).

m	25	26	27	28	29	30	**31**	32
$f_n(m)$	3,776	2,816	2,354	2,058	1,846	1,68	**1,545**	1,434
$g(m, A)$	2,495	2,26	2,066	1,902	1,762	1,64	**1,537**	1,444
$\lvert f_n(m) - g(m, A)\rvert$	1,28	0,556	2,888	0,156	0,084	0,04	**0,008**	0,01

Минимум разности достигается при $m = 31$.

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 30$.

Коэффициент $K = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0{,}0067$.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (80%).

j	25	26	27	28	29	30
X_j (дней)	24,864	29,837	37,296	49,728	74,593	149,185

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k = 365{,}5$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{\text{общ}} = 594{,}7$ дней.

60% входных данных.

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром $c = 8{,}0$. Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Релеевское распределение, $n = 18$ (60%).

$\boldsymbol{i}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\boldsymbol{X_i}$	2,666	2,691	3,267	4,187	4,659	5,025	7,836	7,941	10,365
$\boldsymbol{i}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\boldsymbol{X_i}$	10,567	11,848	12,244	12,553	13,797	15,136	16,01	20,22	21,502

Формула коэффициента: $A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 12{,}34$.

Условие сходимости $A > \frac{n+1}{2}$ выполнено: $12{,}34 > 9{,}5$.

Были вычислены значения функций $f_n(m) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{m-1}$ и $g(m,A) = \frac{n}{m-A}$. Результаты расчета приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (60%).

m	19	20	**21**	22
$f_n(m)$	3,495	2,548	**2,098**	1,812
$g(m,A)$	2,704	2,351	**2,079**	1,864
$\lvert f_n(m) - g(m,A)\rvert$	0,791	0,197	**0,019**	0,052

Минимум разности достигается при $m = 21$.

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 20$.

Коэффициент $K \ = \frac{n}{(B+1)\sum_{i=1}^{n} X_i - \sum_{i=1}^{n} iX_i} = 0{,}01139.$

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок $X_j = \frac{1}{K(B-j+1)}$, где $j = n+1, n+2 \dots, n+k$. Результат представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (60%).

m	19	20
X_j (дней)	43,88	87,77

Было рассчитано время до завершения тестирования $t_k \ = 131{,}7$ дней.

Было рассчитано общее время тестирования $t_{\text{общ}} \ = 314{,}2$ дней.

4. Результаты расчетов.

В таблицах 26 и 27 представлены сводные результаты оценки первоначального числа ошибок и полного времени проведения тестирования соответственно.

Таблица 26 – Оценка первоначального числа ошибок.

n	Входные данные, %	Распределение		
		Равномерное	Экспоненциальное	Релеевское
30	100	32	30	33
24	80	26	25	30
18	60	19	18	20

Таблица 27 – Оценка полного времени проведения тестирования.

n	Входные данные, %	Распределение		
		Равномерное	Экспоненциальное	Релеевское
30	100	440,3	260,4	505,5
24	80	376,9	251,8	594,7
18	60	221,3	145,1	314,2

Результаты при экспоненциальном распределении ниже, чем при равномерном или релеевском. Это связано с тем, что модель Джелинского-Моранды основана на предположении о том, что время до следующего отказа программы распределено экспоненциально. Относительно релеевского распределения, равномерное показывает лучшие результаты.

Выводы.

В ходе выполнения данной работы было выполнено исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок Джелински-Морданы, для различных законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных.

Как можно отметить, исходя из результатов исследования, лучшие результаты показал экспоненциальный закон распределения, что подтверждает предположению модели Джелински-Морданы о том, что время до следующего отказа программы распределено экспоненциально.