

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. 7304

Сергеев И.Д.

Преподаватель

Ефремов М.А.

Санкт-Петербург

2021

Цель работы.

Изучение параметров надежности программ по временным моделям обнаружения ошибок, в частности с использованием модели Джелински-Моранды.

Постановка задачи.

Необходимо 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. Для проведения исследования требуется:

1. Сгенерировать массивы данных $\{X_i\}$, где X_i – случайное значение интервала между соседними $(i-1)$ -ой и i -ой ошибками ($i = [1, 30]$, также смотри примечание в п.3), 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 $m_{\text{эсп}} = s_{\text{эсп}} = 1/b = 10$.
 - c. релеевским законом распределения $W(y) = (y/c^2)*\exp(-y^2/(2*c^2))$, $y \geq 0$, с параметром $c = 8.0$ и соответственно $m_{\text{рел}} = c*\sqrt{\pi/2}$, $s_{\text{рел}} = c*\sqrt{2 - \pi/2}$.
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 В. 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). 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 выполнения.

1. Равномерное распределение, $n = 30$:

Отсортированные сгенерированные значения в Таблице 1:

i	N	i	N	i	N
1	0.254	11	5.647	21	11.864
2	0.495	12	6.656	22	13.069
3	1.400	13	7.673	23	14.606
4	3.463	14	8.216	24	15.053
5	3.697	15	8.295	25	15.781
6	3.894	16	9.046	26	16.557
7	3.948	17	9.726	27	18.002
8	4.529	18	9.872	28	18.813
9	4.990	19	11.368	29	19.436
10	5.162	20	11.713	30	19.781

Таблица 1: Сгенерированные значения (равномерное распределение, $n = 30$)

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A > (n+1)/2,$$

Воспользуемся следующей формулой для вычисления А:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iX_i}{\sum_{i=1}^n X_i}$$

$$A = 20.74 > 15.5 = (n+1)/2.$$

$m \geq n+1$, формулы для вычисления f и g:

$$f_n(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}; \quad g_n(m, A) = \frac{n}{m-A};$$

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 2:

m	31	32	33	34	35
f	3.995	3.027	2.558	2.255	2.035
g	2,924	2,664	2,447	2,262	2,103
 f – g 	1.071	0,363	0,111	0.007	0,068

Таблица 2: Вычисление m, f и g (равномерное распределение, n = 30)

$$m = 34, \text{ значит } \hat{B} = m - 1 = 33.$$

Вычисление K будет происходить по формуле:

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

$$K = 0.007994$$

Оценка значений средних времен X_j будет произведено по формуле:

$$X_{n+1} = \frac{1}{\hat{z}(t_n)} = \frac{1}{\hat{K}(\hat{B} - n)}.$$

Средние времена до обнаружения $k = 3$ следующих ошибок ($n = 30$, $\hat{B} = 33$) представлено в Таблице 3:

j	X_j
---	-------

31	41,698
32	62,547
33	125,094

Таблица 3: Средние времена до обнаружения $k = 3$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 229,339

Полное время: 512,345

2. Равномерное распределение, $n = 24$:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 4:

i	N	i	N	i	N
1	0.787	9	4.481	17	12.518
2	1.622	10	5.655	18	12.791
3	1.941	11	6.532	19	14.976
4	2.678	12	8.680	20	16.192
5	2.995	13	9.577	21	18.188
6	3.322	14	10.093	22	18.458
7	4.197	15	10.153	23	19.514
8	4.261	16	12.498	24	19.734

Таблица 4: Сгенерированные значения (равномерное распределение, $n = 24$)

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 17 > 12.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m , f и g представлено на Таблице 5:

m	25	26	27	28	29	30
f	3.776	2.816	2.354	2.058	1.844	1.678
g	3	2,667	2.4	2,181	2	1,846
 f – g 	0.776	0.251	0.046	0.125	0.156	0.168

Таблица 5: Вычисление m , f и g (равномерное распределение, $n = 24$)

$m = 27$, значит $\hat{B} = m - 1 = 26$.

$K = 0,020153$

Средние времена до обнаружения $k = 2$ следующих ошибок ($n = 24$, $\hat{B} = 26$) представлено в Таблице 6:

j	X_j
25	24,810
26	49,620

Таблица 6: Средние времена до обнаружения $k = 2$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 74,43

Полное время: 296,273

3. Равномерное распределение, $n = 18$:

Отсортированные сгенерированные значения представлено на Таблице 7:

i	N	i	N	i	N
1	0.887	7	7.702	13	13.031
2	2.852	8	8.453	14	13.644
3	4.115	9	8.458	15	14.050
4	4.313	10	9.810	16	14.350
5	6.580	11	10.578	17	17.798
6	7.637	12	11.034	18	18.516

Таблица 7: Сгенерированные значения (равномерное распределение, $n = 18$)

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 12.06 > 9.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m , f и g представлено на Таблице 8:

m	19	20	21	22
f	3.495	2.548	2.098	1.812
g	2,594	2,267	2,013	1,811
 f – g 	0.901	0.281	0.085	0.001

Таблица 8: Вычисление m , f и g (равномерное распределение, $n = 18$)

$m = 22$, значит $\hat{B} = m - 1 = 21$.

$K = 0.021646$

Средние времена до обнаружения $k = 3$ следующих ошибок ($n = 18$, $\hat{B} = 21$) представлено в Таблице 9:

j	Xj
19	15,399
20	23,099
21	46,198

Таблица 9: Средние времена до обнаружения $k = 3$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 96,245

Полное время: 270,053

4. Экспоненциальное распределение, $n = 30$:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 10:

i	N	i	N	i	N
1	0.435	11	4.521	21	12.369
2	0.565	12	4.760	22	13.901
3	0.740	13	5.106	23	18.417
4	0.829	14	5.137	24	18.632
5	0.910	15	6.770	25	21.836
6	1.234	16	8.500	26	23.499
7	1.528	17	9.104	27	25.035
8	2.515	18	11.891	28	32.943
9	3.470	19	12.273	29	59.974
10	4.192	20	12.343	30	74.345

Таблица 10: Сгенерированные значения (экспоненциальное распределение, $n = 30$)

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 24.17 > 15.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 11:

m	31	32	33
f	3.995	3.027	2.558
g	4,392	3,831	3,398
 f – g 	0.545	0.804	0.84

Таблица 11: Вычисление m, f и g (экспоненциальное распределение, n = 30)

$$m = 31, \text{ значит } \hat{B} = m - 1 = 30.$$

аблица 12: Средние времена до обнаружения k = 1 следующих ошибок

Полное время: 397,774

5. Экспоненциальное распределение, n = 24:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 13:

i	N	i	N	i	N
1	0.905	9	3.566	17	16.359
2	1.452	10	4.355	18	16.542
3	1.479	11	4.660	19	17.775
4	1.813	12	4.933	20	19.378
5	1.919	13	6.371	21	21.350
6	2.920	14	6.480	22	21.457
7	3.075	15	11.335	23	22.939
8	3.228	16	11.847	24	24.974

Таблица 13: Сгенерированные значения (экспоненциальное распределение, n = 24)

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 17.99 > 12.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 14:

m	25	26	27
f	3.776	2.816	2.354

g	3,423	2,996	2,664
 f – g 	0.353	0.180	0.310

Таблица 14: Вычисление m, f и g (экспоненциальное распределение, n = 24)

$m = 26$, значит $\hat{B} = m - 1 = 25$.

$K = 0.012965$

Средние времена до обнаружения $k = 1$ следующих ошибок ($n = 24$, $\hat{B} = 25$) представлено в Таблице 15:

j	Xj
25	77,131

Таблица 15: Средние времена до обнаружения $k = 1$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 77,131

Полное время: 308,233

6. Экспоненциальное распределение, n = 18:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 16:

i	N	i	N	i	N
1	0.515	7	4.360	13	9.647
2	0.537	8	6.627	14	11.397
3	1.554	9	6.698	15	18.157
4	1.881	10	7.373	16	19.018
5	2.016	11	8.061	17	23.144
6	3.341	12	8.503	18	24.568

Таблица 16: Сгенерированные значения (экспоненциальное распределение, n = 18)

Проверка существования максимума \hat{B} :

$A = 13.66 > 9.5 = (n + 1) / 2$.

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 17:

m	19	20
f	3.495	2.548
g	3,371	2.839
 f – g 	0.124	0.291

Таблица 17: Вычисление m, f и g (экспоненциальное распределение, n = 18)

$m = 19$, значит $\hat{B} = m - 1 = 18$.

$\hat{B} = n$, значит время до полного завершения тестирования: 0.

Полное время: 157,397

7. Релеевское распределение, n = 30:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 18:

i	N	i	N	i	N
1	2.147	11	7.149	21	12.157
2	3.561	12	7.636	22	12.552
3	4.509	13	7.879	23	13.015
4	4.760	14	8.133	24	13.302
5	4.844	15	8.817	25	13.560
6	4.988	16	8.920	26	13.671
7	5.179	17	9.553	27	15.580
8	5.493	18	10.619	28	17.450
9	5.779	19	11.415	29	23.570
10	6.838	20	11.922	30	27.398

Таблица 18: Сгенерированные значения (релеевское распределение, n = 30)

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 19.58 > 15.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 19:

m	31	32	33	34	35	36	37	38	39
f	3.995	3.027	2.558	2.255	2.035	1.863	1.725	1.609	1.510
g	2,627	2,415	2,235	2,080	1,946	1,827	1,722	1,629	1,545

$ f - g $	1.368	0.612	0.323	0.175	0.089	0.036	0.003	0.02	0.035
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------

Таблица 19: Вычисление m , f и g (релеевское распределение, $n = 30$)

$m = 37$, значит $\hat{B} = m - 1 = 36$.

$K = 0.005892$

Средние времена до обнаружения $k = 6$ следующих ошибок ($n = 30$, $\hat{B} = 36$) представлено в Таблице 20:

j	X_j
31	28,287
32	33,944
33	42,430
34	56,574
35	84,861
36	169,722

Таблица 20: Средние времена до обнаружения $k = 6$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 415,818

Полное время: 708,184

8. Релеевское распределение, $n = 24$:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 21:

i	N	i	N	i	N
1	2.079	9	7.407	17	11.889
2	2.618	10	7.679	18	12.276
3	3.000	11	8.572	19	12.461
4	3.679	12	8.806	20	13.155
5	4.400	13	9.000	21	15.497
6	4.453	14	9.909	22	16.092
7	5.877	15	10.039	23	18.689
8	6.482	16	10.220	24	20.420

Таблица 21: Сгенерированные значения (релеевское распределение, $n = 24$)

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 16,06 > 12.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m , f и g представлено на Таблице 22:

m	25	26	27	28	29	30	31	32
f	3.776	2.816	2.354	1.844	2.058	1.678	1.545	1.434
g	2,685	2,414	2,194	2,01	1,855	1,722	1,606	1,506
 f – g 	1.091	1,402	0.16	0.166	0.203	0.044	0.061	0.072

Таблица 22: Вычисление m , f и g (релеевское распределение, $n = 24$)

$$m = 30, \text{ значит } \hat{B} = m - 1 = 29.$$

$$K = 0.007661$$

Средние времена до обнаружения $k = 5$ следующих ошибок ($n = 24$, $\hat{B} = 29$) представлено в Таблице 23:

j	Xj
25	26,106
26	32,633
27	43,510
28	65,266
29	130,531

Таблица 23: Средние времена до обнаружения $k = 5$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 298,046

Полное время: 522,745

9. Релеевское распределение, $n = 18$:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 24:

i	N	i	N	i	N
1	0.344	7	7.437	13	13.569
2	2.846	8	8.850	14	15.729

3	3.726	9	9.457	15	17.017
4	3.917	10	9.787	16	17.091
5	6.328	11	12.135	17	17.710
6	6.945	12	12.544	18	32.097

Таблица 24: Сгенерированные значения (релеевское распределение, $n = 18$)

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 12.84 > 9.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m , f и g представлено на Таблице 25:

m	19	20	21	22	23	24
f	3.495	2.548	2.098	1.812	1.607	1.451
g	2,922	2,514	2,206	1,965	1,772	1,613
 f – g 	0.573	0.034	0.108	0.153	0.165	0.162

Таблица 25: Вычисление m , f и g (релеевское распределение, $n = 18$)

$m = 20$, значит $\hat{B} = m - 1 = 19$.

$$K = 0.012726$$

Средние времена до обнаружения $k = 1$ следующих ошибок ($n = 18$, $\hat{B} = 19$) представлено в Таблице 26:

j	X_j
19	78,579

Таблица 26: Средние времена до обнаружения $k = 1$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 78,579

Полное время: 276,108

10.Итоги исследования:

Оценка первоначального количества ошибок представлена в Таблице 27:

Распределение	n = 30	n = 24	n = 18
Равномерное	33	26	21

Экспоненциальное	30	25	18
Релеевское	36	29	19

Таблица 27: Оценка первоначального количества ошибок

Оценка полного времени проведения тестирования представлена в Таблице 28:

Распределение	n = 30	n = 24	n = 18
Равномерное	512,345	296,273	270,053
Экспоненциальное	397,774	308,233	157,397
Релеевское	708,184	522,745	276,108

Таблица 28: Оценка полного времени проведения тестирования

Выводы.

В ходе выполнения лабораторной работы было выполнено исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок Джелински-Моранды для 3 законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа данных. При всех возможных n релеевское распределение имеет худшие показатели, после него по времени идёт равномерное распределение. Экспоненциальный закон распределения оказался лучшим по всем характеристикам при всех возможных n , подтверждая предположение, что «время до следующего отказа программы распределено экспоненциально».