

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	0.410	11	6.741	21	13.801
2	0.853	12	7.331	22	13.958
3	1.389	13	7.506	23	14.114
4	1.563	14	7.736	24	15.805
5	2.051	15	8.636	25	16.601
6	2.711	16	9.656	26	17.432
7	3.319	17	10.369	27	17.741
8	5.664	18	10.757	28	17.881
9	6.335	19	11.525	29	17.958
10	6.695	20	12.079	30	19.371

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

Проверка существования максимума \hat{B} :

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

Воспользуемся следующей формулой для вычисления A:

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

$$A = 20.532 > 15.5 = (n + 1) / 2.$$

$m \geq n + 1$, 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	2.851	2.582	2.395	2.211	2.062
 f – g 	1.144	0.435	0.143	0.061	0.023

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

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

Вычисление K будет происходить по формуле:

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

$$K = 0.007868.$$

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	Xj
31	39.566
32	56.249
33	133.097

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

Время до полного завершения тестирования: 245.234

Полное время: 542.455

2. Равномерное распределение, $n = 24$:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 4:

i	N	i	N	i	N
1	1.365	9	7.735	17	11.258
2	1.795	10	7.880	18	11.453
3	3.746	11	8.814	19	13.193
4	4.101	12	9.125	20	14.083
5	4.690	13	9.640	21	14.686
6	6.090	14	9.899	22	17.029
7	6.666	15	10.338	23	17.561
8	6.780	16	10.840	24	19.688

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

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 14.14 > 12.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m , f и g представлено на Таблице 5:

m	25	26	27	28	29	30
f	3.576	2.505	2.143	2.169	1.821	1.742
g	2.743	2.492	2.215	2.098	1.878	1.710
 f – g 	1.233	0.543	0.177	0.051	0.026	0.032

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

$m = 29$, значит $\hat{B} = m - 1 = 28$.

$K = 0.004051$.

Средние времена до обнаружения $k = 4$ следующих ошибок ($n = 24$, $\hat{B} = 28$) представлено в Таблице 6:

j	X_j
25	33.282
26	43.635
27	64.342
28	113.117

Таблица 6: Средние времена до обнаружения $k = 4$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 271.062

Полное время: 486.717

3. Равномерное распределение, $n = 18$:

Отсортированные сгенерированные значения представлено на Таблице 7:

i	N	i	N	i	N
1	0.216	7	8.286	13	17.385
2	1.796	8	8.972	14	17.418
3	2.927	9	9.694	15	17.625
4	3.115	10	11.276	16	17.821
5	6.306	11	14.266	17	18.207
6	7.225	12	16.668	18	19.252

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

Проверка существования максимума \hat{B} :

$A = 11.35 > 9.5 = (n + 1) / 2$.

Вычисление m , f и g представлено на Таблице 8:

m	19	20	21	22
f	3.695	2.760	2.078	1.856
g	2.912	2.577	2.093	1.837
 f – g 	0.763	0.305	0.025	0.043

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

$m = 21$, значит $\hat{B} = m - 1 = 20$.

$K = 0.013213$.

Средние времена до обнаружения $k = 2$ следующих ошибок ($n = 18$, $\hat{B} = 20$) представлено в Таблице 9:

j	X_j
19	49.096
20	97.961

Таблица 9: Средние времена до обнаружения $k = 2$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 145.845

Полное время: 345.994

4. Экспоненциальное распределение, n = 30:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 10:

i	N	i	N	i	N
1	0.039	11	6.382	21	17.235
2	0.890	12	6.528	22	17.990
3	1.287	13	6.042	23	18.991
4	1.372	14	6.949	24	20.542
5	1.534	15	7.122	25	21.337
6	1.544	16	7.249	26	21.734
7	1.929	17	9.385	27	22.010
8	2.933	18	9.388	28	23.221
9	3.518	19	13.876	29	28.086

10	4.103	20	16.467	30	32.727
----	-------	----	--------	----	--------

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

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 23.58 > 15.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m , f и g представлено на Таблице 11:

m	31	32	33
f	3.917	3.049	2.570
g	3.494	3.124	2.842
 f – g 	0.545	0.097	0.284

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

$m = 32$, значит $\hat{B} = m - 1 = 31$.

$$K = 0.00947.$$

Средние времена до обнаружения $k = 1$ следующих ошибок ($n = 30$, $\hat{B} = 31$) представлено в Таблице 12:

j	Xj
31	108.974

Таблица 12: Средние времена до обнаружения $k = 1$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 108.974

Полное время: 441.694

5. Экспоненциальное распределение, $n = 24$:

Отсортированные сгенерированные значения представлено на Таблице 13:

i	N	i	N	i	N
1	0.416	9	3.765	17	6.835
2	0.903	10	3.869	18	8.779
3	2.326	11	4.367	19	12.840

4	2.500	12	4.411	20	12.957
5	2.925	13	5.051	21	14.309
6	3.101	14	5.829	22	14.518
7	3.265	15	6.382	23	15.147
8	3.421	16	6.823	24	23.706

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

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 17.47 > 12.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m , f и g представлено на Таблице 14:

m	25	26	27
f	3.776	2.816	2.354
g	3.187	2.814	2.518
 f – g 	0.589	0.002	0.164

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

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

$$K = 0.016705.$$

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

j	X_j
25	59.862

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

Время до полного завершения тестирования: 59.862

Полное время: 228.307

6. Экспоненциальное распределение, $n = 18$:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 16:

i	N	i	N	i	N
1	0.215	7	5.732	13	14.334
2	1.213	8	5.990	14	15.081
3	2.139	9	6.578	15	19.681
4	2.720	10	7.602	16	25.227
5	4.240	11	10.882	17	33.823
6	5.495	12	12.866	18	36.513

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

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 13.79 > 9.5 = (n + 1) / 2.$$

Вычисление m , f и g представлено на Таблице 17:

m	19	20
f	3.495	2.548
g	3.455	2.899
 f – g 	0.040	0.351

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

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

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

Полное время: 210.331

7. Релеевское распределение, $n = 30$:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 18:

i	N	i	N	i	N
1	1.084	11	7.445	21	11.311
2	4.601	12	7.642	22	11.533
3	5.308	13	7.896	23	11.882

4	5.643	14	8.190	24	12.237
5	5.887	15	8.277	25	12.451
6	6.071	16	8.322	26	16.552
7	6.136	17	8.399	27	19.217
8	6.424	18	9.238	28	20.111
9	6.623	19	9.421	29	20.118
10	7.296	20	9.489	30	20.187

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

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 19.45 > 15.5 = (n + 1) / 2.$$

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	2.597	2.390	2.214	2.062	1.929	1.813	1.709	1.617	1.535
 f – g 	1.398	0.637	0.344	0.193	0.106	0.050	0.016	0.008	0.025

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

$$m = 38, \text{ значит } \hat{B} = m - 1 = 37.$$

$$K = 0.005484.$$

Средние времена до обнаружения $k = 7$ следующих ошибок ($n = 30$, $\hat{B} = 37$) представлено в Таблице 20:

j	Xj
31	26.050
32	30.391
33	36.470
34	45.587
35	60.783
36	91.174

37	182.349
----	---------

Таблица 20: Средние времена до обнаружения $k = 7$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 472.804

Полное время: 769.985

8. Релеевское распределение, $n = 24$:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 21:

i	N	i	N	i	N
1	2.271	9	8.173	17	12.646
2	4.458	10	8.334	18	13.558
3	6.584	11	8.447	19	14.504
4	6.623	12	9.227	20	14.766
5	7.069	13	9.557	21	15.804
6	7.149	14	10.381	22	16.491
7	7.157	15	10.555	23	19.778
8	7.579	16	12.591	24	21.545

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

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 15.41 > 12.5 = (n + 1) / 2.$$

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	2.503	2.266	2.071	1.906	1.766	1.645	1.539	1.447
 f – g 	1.273	0.550	0.283	0.152	0.078	0.033	0.006	0.013

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

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

$$K = 0.00603.$$

Средние времена до обнаружения $k = 6$ следующих ошибок ($n = 24$, $\hat{B} = 30$) представлено в Таблице 23:

j	Xj
25	27.64
26	33.167
27	41.459
28	55.279
29	82.919
30	165.837

Таблица 23: Средние времена до обнаружения $k = 6$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 406.301

Полное время: 663.790

9. Релеевское распределение, $n = 18$:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 24:

i	N	i	N	i	N
1	1.605	7	6.935	13	11.137
2	5.516	8	7.711	14	11.273
3	6.363	9	9.963	15	12.460
4	6.728	10	9.963	16	13.745
5	6.834	11	10.373	17	21.425
6	6.877	12	11.017	18	24.917

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

Проверка существования максимума \hat{B} :

$$A = 11.91 > 9.5 = (n + 1) / 2.$$

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	2.539	2.225	1.980	1.784	1.623	1.489
 f – g 	0.956	0.323	0.118	0.028	0.016	0.038

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

$m = 23$, значит $\hat{B} = m - 1 = 22$.

$K = 0.008783$

Средние времена до обнаружения $k = 4$ следующих ошибок ($n = 18$, $\hat{B} = 22$) представлено в Таблице 26:

j	X_j
19	28.464
20	37.952
21	56.928
22	113.856

Таблица 26: Средние времена до обнаружения $k = 4$ следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 212.553

Полное время: 424.064

10.Итоги исследования:

Оценка первоначального количества ошибок представлена в Таблице 27:

Распределение	n = 30	n = 24	n = 18
Равномерное	32	28	20
Экспоненциальное	30	24	18
Релеевское	36	28	21

Таблица 27: Оценка первоначального количества ошибок

Оценка полного времени проведения тестирования представлена в Таблице 28:

Распределение	n = 30	n = 24	n = 18
----------------------	---------------	---------------	---------------

Равномерное	542.455	486.717	345.994
Экспоненциальное	441.694	228.529	210.331
Релеевское	769.985	663.790	424.064

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».