

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

Нгуен К.Х.

Преподаватель

Ефремов М.А.

Санкт-Петербург

2021

Задание.

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:

А) равномерным законом распределения в интервале $[0,20]$; при этом средний интервал между ошибками будет $m_{\text{равн}} = 10$, СКО $s_{\text{равн}} = 20/(2*\sqrt{3}) = 5.8$.

Б) экспоненциальным законом распределения

$$W(y) = b * \exp(-b * y), \quad y \geq 0, \text{ с параметром } b=0.1$$

и соответственно $m_{\text{эсп}} = s_{\text{эсп}} = 1/b = 10$.

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 [1]: $Y = -\ln(t) / b$

В) релеевским законом распределения

$W(y) = (y/c^2) * \exp(-y^2/(2*c^2)), \quad y \geq 0, \quad \text{с параметром } c=8.0$ и соответственно $m_{\text{рел}} = c * \sqrt{\pi/2}, \quad s_{\text{рел}} = c * \sqrt{2-\pi/2}$.

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 [1]: $Y = c * \sqrt{-2 * \ln(t)}$.

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 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).

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 выполнения.

1. Равномерный закон

а. Равномерный закон распределения (100% входных данных)

i	X	i	X	i	X
1	0.366	11	6.476	21	12.583
2	0.977	12	6.483	22	12.736
3	2.484	13	7.888	23	15.057
4	2.742	14	8.081	24	15.970
5	3.496	15	8.404	25	16.637
6	4.162	16	9.004	26	16.705
7	5.853	17	10.254	27	17.302
8	6.376	18	10.360	28	17.325
9	6.419	19	10.969	29	18.297
10	6.461	20	11.351	30	19.508

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 19.297$$

$$A > \frac{n+1}{2} = 15.5 \Rightarrow \text{существует конечное решение}$$

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}, \quad m \geq n+1$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

m	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f-g $
31	3.0272452	2.56348458	0.46376062
32	2.5584952	2.36168022	0.19681498
33	2.25546489	2.18933028	0.06613461
34	2.03487666	2.04042482	0.00554817

35	1.86344809	1.9104848	0.04703672
36	1.7245592	1.79610383	0.07154464

Минимум при $m = 34$, $\hat{B} = m - 1 = 33$

$$\hat{K} = \frac{n}{(\hat{B} - 1) * \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i * X_i} = 0.00812$$

$$\hat{X}_{n+1} = \frac{1}{\hat{K} \cdot (\hat{B} - n)}$$

i	31	32	33
\hat{X}_i	41.051	61.576	123.153

Время до завершения тестирования $= \sum_{i=31}^{33} \hat{X}_i = 225.779$ дней

Полное время тестирования $\sum_{i=1}^{30} \hat{X}_i + \sum_{i=31}^{33} \hat{X}_i = 516.505$ дней

в. Равномерный закон распределения (80% входных данных)

i	X	i	X	i	X
1	0.072	9	7.008	17	11.922
2	0.639	10	7.369	18	12.284
3	1.071	11	7.439	19	13.773
4	2.577	12	7.468	20	15.493
5	3.239	13	7.723	21	16.082
6	4.426	14	8.071	22	16.734
7	5.819	15	11.297	23	17.696
8	6.338	16	11.443	24	18.105

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 15.656$$

$$A > \frac{n+1}{2} = 12.5 \Rightarrow \text{существует конечное решение}$$

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}, \quad m \geq n+1$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

m	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f-g $
25	2.81595818	2.5685327	0.2474254
26	2.35441972	2.32021789	0.0342018
27	2.05812342	2.11568269	0.0575592
28	1.84383771	1.94428708	0.1004493
29	1.67832046	1.79858054	0.1202600
30	1.54498713	1.67319023	0.1282031

Минимум при $m = 26$, $\hat{B} = m - 1 = 25$

$$\hat{K} = \frac{n}{(\hat{B} - 1) * \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i * X_i} = 0.01199$$

$$\hat{X}_{n+1} = \frac{1}{\hat{K} \cdot (\hat{B} - n)}$$

i	25	26
\hat{X}_i	41.701	83.403

Время до завершения тестирования = 125.103 дней

Полное время тестирования = 339.192 дней

с. Равномерный закон распределения (60% входных данных)

i	X	i	X	i	X
1	1.110,	7	4.293,	13	12.361,
2	1.210,	8	11.904,	14	12.735,
3	1.216,	9	6.456,	15	14.791,
4	1.779,	10	7.414,	16	16.290,

5	2.827,	11	8.164,	17	18.220,
6	2.938,	12	8.510,	18	19.045

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 12.133$$

$$A > \frac{n+1}{2} = 9.5 \Rightarrow \text{существует конечное решение}$$

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}, \quad m \geq n+1$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

m	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f-g $
19	2.54773966	2.6213439	0.07360424
20	2.09773966	2.28812392	0.19038426
21	1.81202537	2.030066	0.21804063
22	1.60747992	1.8243169	0.21683698
23	1.45095818	1.6564356	0.20547742
24	1.32595818	1.5168488	0.19089062

Минимум при $m = 19$, $\hat{B} = m - 1 = 18 = n$

\Rightarrow найдены все ошибки – тестирование завершено.

Полное время тестирования: 151.270 дней

2. Экспоненциальный закон

а. Экспоненциальный закон (100% входных данных)

i	X	i	X	i	X
1	0.160	11	2.776	21	16.341
2	0.323	12	2.846	22	17.111
3	0.658	13	3.009	23	17.516

4	0.790	14	4.086	24	17.902
5	1.309	15	5.012	25	19.146
6	1.421	16	5.700	26	19.981
7	1.633	17	7.670	27	31.447
8	1.938	18	8.460	28	33.535
9	2.054	19	12.210	29	35.165
10	2.059	20	13.160	30	42.249

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 22.858$$

$$A > \frac{n+1}{2} = 15.5 \Rightarrow \text{существует конечное решение}$$

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}, \quad m \geq n+1$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

m	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f-g $
31	3.0272452	3.68491538	0.6576701
32	2.5584952	3.28180908	0.7233138
33	2.25546489	2.95820075	0.7027358
34	2.03487666	2.69268408	0.6578074
35	1.86344809	2.47090518	0.6074570
36	1.7245592	2.28287924	0.5583200

Минимум при $m = 36$, $\hat{B} = m - 1 = 35$

$$\hat{K} = \frac{n}{(\hat{B} - 1) * \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i * X_i} = 0.00821$$

$$\hat{X}_{n+1} = \frac{1}{\hat{K} \cdot (\hat{B} - n)}$$

i	31	32	33	34	35
---	----	----	----	----	----

\hat{X}_i	24.36	30.451	40.601	60.901	121.802
-------------	-------	--------	--------	--------	---------

Время до завершения тестирования = 278.115 дней

Полное время тестирования = 605.782 дней

в. Экспоненциальный закон (80% входных данных)

i	X	i	X	i	X
1	0.166	9	5.738	17	9.063
2	1.744	10	5.986	18	10.894
3	2.239	11	6.084	19	12.304
4	2.911	12	6.612	20	15.703
5	3.223	13	7.167	21	19.464
6	4.995	14	8.305	22	19.534
7	5.166	15	8.569	23	26.427
8	5.308	16	9.019	24	30.826

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 16.458$$

$$A > \frac{n+1}{2} = 12.5 \Rightarrow \text{существует конечное решение}$$

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}, \quad m \geq n+1$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

m	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f-g $
25	2.81595818	2.80975791	0.0062002
26	2.35441972	2.5152853	0.1608655
27	2.05812342	2.27668103	0.2185576
28	1.84383771	2.07942338	0.2355856

29	1.67832046	1.9136221	0.2353016
----	------------	-----------	-----------

Минимум при $m = 25$, $\hat{B} = m - 1 = 24 = n \Rightarrow$ найдены все ошибки – тестирование завершено. Полное время тестирования = 227.458 дней

с. Экспоненциальный закон (60% входных данных)

i	X	i	X	i	X
1	0.035	7	3.910	13	16.377
2	0.426	8	4.035	14	16.781
3	0.551	9	5.888	15	17.106
4	2.598	10	9.181	16	17.957
5	3.470	11	10.666	17	18.708
6	3.851	12	10.847	18	55.144

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 13.213$$

$$A > \frac{n+1}{2} = 9.5 \Rightarrow \text{существует конечное решение}$$

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}, \quad m \geq n+1$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

m	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f-g $
19	2.5477396	3.1108313	0.5630916
20	2.0977396	2.6524281	0.5546885
21	1.8120253	2.3117720	0.4997467
22	1.6074799	2.0486591	0.4411792
23	1.4509581	1.8393182	0.3883600
24	1.3259581	1.6687936	0.3428354

Минимум при $m = 24$, $\hat{B} = m - 1 = 23$

$$\hat{K} = \frac{n}{(\hat{B} - 1) * \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i * X_i} = 0.01037$$

$$\hat{X}_{n+1} = \frac{1}{\hat{K} \cdot (\hat{B} - n)}$$

i	19	20	21	22	23
\hat{X}_i	19.286	24.108	32.144	48.216	96.432

Время до завершения тестирования: = 220.186 дней

Полное время тестирования = 417.717 дней

3. Релеевский закон

а. Релеевский закон (100% входных данных)

i	X	i	X	i	X
1	0.993	11	5.5031,	21	10.475,
2	1.649,	12	6.170,	22	13.311,
3	1.681,	13	6.704,	23	13.891,
4	3.052,	14	7.010,	24	16.176,
5	3.811,	15	7.508,	25	16.852,
6	4.305,	16	7.666,	26	17.113,
7	4.445,	17	8.966,	27	18.060,
8	4.584,	18	9.045,	28	19.461,
9	4.702,	19	9.425,	29	23.143,
10	5.181	20	9.430,	30	25.644

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 20.073$$

$$A > \frac{n+1}{2} = 15.5 \Rightarrow \text{существует конечное решение}$$

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}, \quad m \geq n+1$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

m	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f-g $
31	3.0272452	2.7456039	0.2816412
32	2.5584952	2.5153946	0.0431005
33	2.2554648	2.3208034	0.0653385
34	2.0348766	2.1541575	0.1192809
35	1.8634480	2.0098404	0.1463923
36	1.7245592	1.8836461	0.1590869

Минимум при $m = 32$, $\hat{B} = m - 1 = 31$

$$\hat{K} = \frac{n}{(\hat{B} - 1) * \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i * X_i} = 0.01056$$

$$\hat{X}_{n+1} = \frac{1}{\hat{K} \cdot (\hat{B} - n)} = 94.697$$

Время до завершения тестирования: = 94.697 дней

Полное время тестирования = 380.653 дней

в. Релеевский закон (80% входных данных)

i	X	i	X	i	X
1	2.205,	9	8.222,	17	12.378,
2	2.924,	10	9.594,	18	12.865,
3	4.774,	11	9.676,	19	14.958,
4	5.898,	12	9.850,	20	15.214,
5	6.598,	13	9.972,	21	15.304,
6	7.264,	14	10.546,	22	17.477,

7	8.105,	15	11.352,	23	19.598,
8	8.167,	16	11.512,	24	22.711

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 14.566$$

$$A > \frac{n+1}{2} = 12.5 \Rightarrow \text{существует конечное решение}$$

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}, \quad m \geq n+1$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

m	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f-g $
25	2.81595818	2.30020629	0.51575189
26	2.35441972	2.0990311	0.25538862
27	2.05812342	1.93021519	0.12790823
28	1.84383771	1.78653221	0.0573055
29	1.67832046	1.6627584	0.01556206
30	1.54498713	1.55502386	0.01003673

Минимум при $m = 30$, $\hat{B} = m - 1 = 29$

$$\hat{K} = \frac{n}{(\hat{B} - 1) * \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i * X_i} = 0.00694$$

$$\hat{X}_{n+1} = \frac{1}{\hat{K} \cdot (\hat{B} - n)}$$

i	25	26	27	28	29
\hat{X}_i	28.818	36.023	48.030	72.046	144.092

Время до завершения тестирования: = 329.009 дней

Полное время тестирования = 586.173 дней

с. Релеевский закон (60% входных данных)

i	X	i	X	i	X
1	2.043	7	5.337	13	11.327
2	2.409	8	5.959	14	11.895
3	2.880	9	9.911	15	12.469
4	3.771	10	10.265	16	14.358
5	4.455	11	10.631	17	16.303
6	4.474	12	11.318	18	20.750

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 11.397$$

$$A > \frac{n+1}{2} = 9.5 \Rightarrow \text{существует конечное решение}$$

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}, \quad m \geq n+1$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

m	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f-g $
19	2.54773966	2.36770587	0.18003378
20	2.09773966	2.09246471	0.00527495
21	1.81202537	1.87455174	0.06252637
22	1.60747992	1.69774553	0.09026561
23	1.45095818	1.55141711	0.10045894

Минимум при $m = 20$, $\hat{B} = m - 1 = 19$

$$\hat{K} = \frac{n}{(\hat{B} - 1) * \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i * X_i} = 0.0169$$

$$\hat{X}_{n+1} = \frac{1}{\hat{K} \cdot (\hat{B} - n)} = 59.171$$

Время до завершения тестирования: = 59.171 дней

Полное время тестирования = 219.726 дней

4. Полученные результаты

Закон распределения	N=30	N=24	N=18
Равномерный	33	25	18
Экспоненциальный	35	24	23
Релеевский	31	29	19

Таблица 1 – Оценка первоначального числа ошибок

Закон распределения	N=30	N=24	N=18
Равномерный	516.505	339.192	151.270
Экспоненциальный	605.782	227.458	417.717
Релеевский	380.653	586.173	219.726

Таблица 2 – Оценка полного времени проведения тестирования (дней)

Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы были исследованы показатели надёжности программ, характеризуемые моделью обнаружения ошибок Джелинского-Моранды для различных законов распределения времён обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных.