

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

Алтухов А.Д.

Преподаватель

Ефремов М.А.

Санкт-Петербург

2022

Цель работы.

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

Ход выполнения.

1. Равномерный закон

а. 100% ($n = 30$)

i	X	i	X	i	X
1	0,643	11	9,186	21	12,842
2	1,130	12	9,226	22	14,647
3	1,939	13	9,252	23	15,161
4	3,296	14	9,386	24	15,813
5	5,322	15	9,422	25	16,006
6	5,698	16	10,721	26	16,303
7	5,896	17	11,084	27	18,148
8	5,976	18	11,474	28	18,166
9	6,029	19	11,782	29	19,150
10	7,461	20	11,996	30	19,641

Проверка существования максимума B^* :

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iXi}{\sum_{i=1}^n Xi} = 19,895$$

$$19,895 > 15.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

<i>m</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i> f – g </i>
31	3,995	2,7015	1,2935
32	3,027	2,4783	0,5487
33	2,558	2,2892	0,2688
34	2,255	2,1269	0,1281
35	2,035	1,9861	0,0489
36	1,863	1,8628	0,0002
37	1,725	1,7539	0,0289

Минимум разности при $m = 36$

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 35$

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

$K = 0,005955$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

<i>i</i>	31	32	33	34	35
<i>X_i</i>	33,584	41,980	55,974	83,960	167,921

Время до полного завершения тестирования: **383,419**

Полное время тестирования: **696,216**

b. 80% ($n = 24$)

i	X	i	X	i	X
1	0,038	9	7,696	17	12,239
2	0,676	10	7,713	18	12,519
3	1,135	11	9,246	19	14,718
4	1,958	12	9,550	20	15,318
5	2,609	13	10,382	21	16,461
6	3,458	14	10,758	22	18,068
7	4,256	15	12,001	23	18,104
8	6,709	16	12,217	24	19,757

Проверка существования максимума B^* :

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iXi}{\sum_{i=1}^n Xi} = 16,727$$

$$16,727 > 12.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

m	f	g	$ f - g $
25	3,776	2,901	0,875
26	2,816	2,588	0,228
27	2,354	2,336	0,018

28	2,058	2,129	0,071
----	-------	-------	-------

Минимум разности при $m = 27$

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

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

$K = 0,01027$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	25	26
X_i	48,709	97,418

Время до полного завершения тестирования: **146,128**

Полное время тестирования: **373,714**

с. 60% ($n = 18$)

i	X	i	X	i	X
1	0,900	7	4,413	13	9,570
2	2,125	8	4,601	14	10,721
3	3,612	9	5,116	15	11,118
4	3,750	10	7,423	16	12,870
5	4,090	11	7,717	17	16,980
6	4,142	12	9,454	18	19,171

Проверка существования максимума B^* :

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iX_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 12,655$$

$$12,655 > 9.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

m	f	g	$ f - g $
19	3,495	2,8369	0,6581
20	2,548	2,4507	0,0973
21	2,098	2,1570	0,0590
22	1,812	1,9262	0,1142

Минимум разности при $m = 21$

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

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

$$K = 0,015656223$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

<i>i</i>	19	20
<i>X_i</i>	31,936	63,872

Время до полного завершения тестирования: **95,809**

Полное время тестирования: **233,581**

2. Экспоненциальный закон

а. 100% ($n = 30$)

<i>i</i>	<i>X</i>	<i>i</i>	<i>X</i>	<i>i</i>	<i>X</i>
1	0,014	11	3,933	21	7,823
2	0,326	12	4,023	22	9,143
3	0,429	13	4,436	23	11,870
4	0,445	14	4,488	24	12,340
5	1,844	15	4,643	25	13,124
6	2,263	16	4,809	26	18,530
7	2,374	17	5,760	27	20,810
8	3,346	18	6,089	28	21,625
9	3,731	19	6,715	29	25,564
10	3,843	20	7,098	30	34,849

Проверка существования максимума B^{\wedge} :

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iX_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 23,047$$

$$23,047 > 15.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

m	f	g	$ f - g $
31	3,995	3,7724	0,2226
32	3,027	3,3510	0,3240

Минимум разности при $m = 31$

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

$B = n$, найдены все ошибки - тестирование завершено

Полное время тестирования: **246,287**

b. 80% ($n = 24$)

i	X	i	X	i	X
1	0,106	9	3,590	17	9,114
2	0,686	10	3,885	18	9,441
3	0,812	11	4,478	19	17,772
4	0,991	12	5,571	20	19,651
5	1,742	13	6,457	21	22,171
6	2,330	14	6,820	22	22,914
7	3,282	15	6,894	23	24,215
8	3,366	16	9,063	24	39,244

Проверка существования максимума B^* :

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iXi}{\sum_{i=1}^n Xi} = 18,788$$

$$18,788 > 12.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

<i>m</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	$ f - g $
25	3,776	3,8634	0,0874
26	2,816	3,3277	0,5117

Минимум разности при $m = 25$

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 24$

$B = n$, найдены все ошибки - тестирование завершено

Полное время: **224,594**

с. 60% ($n = 18$)

<i>i</i>	<i>X</i>	<i>i</i>	<i>X</i>	<i>i</i>	<i>X</i>
1	3,166	7	6,158	13	13,942
2	3,410	8	7,105	14	14,159
3	4,224	9	7,923	15	15,038
4	4,483	10	11,587	16	17,687
5	4,708	11	11,870	17	20,478
6	5,195	12	12,089	18	22,465

Проверка существования максимума B^{\wedge} :

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iX_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 12,379$$

$$12,379 > 9.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

<i>m</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i> f – g </i>
19	3,495	2,7186	0,7764
20	2,548	2,3619	0,1861
21	2,098	2,0879	0,0101
22	1,812	1,8709	0,0589

Минимум разности при $m = 21$

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

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

$$K = 0,011244217$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

<i>i</i>	19	20
<i>X_i</i>	44,467	88,935

Время до полного завершения тестирования **133,402**

Полное время: **319,088**

3. Релеевский закон

а. 100% ($n = 30$)

i	X	i	X	i	X
1	2,316	11	9,147	21	14,837
2	2,716	12	10,036	22	15,430
3	3,347	13	10,327	23	16,399
4	4,662	14	10,571	24	16,561
5	5,360	15	10,764	25	16,749
6	5,590	16	11,652	26	16,876
7	7,064	17	12,630	27	17,362
8	7,196	18	13,943	28	18,754
9	7,220	19	14,017	29	20,076
10	7,803	20	14,580	30	23,464

Проверка существования максимума B^{\wedge} :

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iXi}{\sum_{i=1}^n Xi} = 19,527$$

$$19,527 > 15.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

<i>m</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	$ f - g $
31	3,995	2,6149	1,3801
32	3,027	2,4053	0,6217
33	2,558	2,2267	0,3313
34	2,255	2,0729	0,1821
35	2,035	1,9389	0,0961
36	1,863	1,8212	0,0418
37	1,725	1,7170	0,0080
38	1,609	1,6240	0,0150

Минимум разности при $m = 37$

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 36$

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

$K = 0,004941684$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

<i>i</i>	31	32	33	34	35	36
<i>X_i</i>	33,727	40,472	50,590	67,453	101,180	202,360

Время до полного завершения тестирования: **495,782**

Полное время тестирования: **843,230**

b. 80% ($n = 24$)

i	X	i	X	i	X
1	3,880	9	7,189	17	12,874
2	3,881	10	7,793	18	13,738
3	3,895	11	8,236	19	13,922
4	4,185	12	8,469	20	17,181
5	4,725	13	9,562	21	17,353
6	6,114	14	9,947	22	18,786
7	6,486	15	12,027	23	21,899
8	7,018	16	12,516	24	24,554

Проверка существования максимума B^* :

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iX_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 16,103$$

$$16,103 > 12.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

m	f	g	$ f - g $
25	3,776	2,6974	1,0786
26	2,816	2,4249	0,3911
27	2,354	2,2024	0,1516

28	2,058	2,0172	0,0408
29	1,844	1,8608	0,0168
30	1,678	1,7269	0,0489

Минимум разности при $m = 29$

Первоначальное количество ошибок $B = m - 1 = 28$

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

$K = 0,007262308$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	25	26	27	28
X_i	34,424	45,899	68,849	137,697

Время до полного завершения тестирования **286,869**

Полное время: **543,101**

с. 60% ($n = 18$)

i	X	i	X	i	X
1	2,758	7	5,642	13	15,706
2	3,573	8	7,858	14	16,736
3	3,897	9	9,345	15	17,096
4	4,403	10	13,716	16	20,655

5	4,869	11	14,614	17	23,726
6	5,013	12	15,052	18	27,254

Проверка существования максимума \hat{B} :

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n iX_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 12,637$$

$$12,637 > 9.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

<i>m</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	$f - g$
19	3,495	2,8289	0,6661
20	2,548	2,4447	0,1033
21	2,098	2,1523	0,0543
22	1,812	1,9225	0,1105

Минимум разности при $m = 21$

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

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

$$K = 0,010156792$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

<i>i</i>	19	20
<i>X_i</i>	49,228	98,456

Время до полного завершения тестирования: **147,684**

Полное время тестирования: **359,596**

4. Итоги

а. Оценка первоначального числа ошибок

Закон распределения \ кол-во данных	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 24	<i>n</i> = 18
Равномерный	35	26	20
Экспоненциальный	30	24	20
Релеевский	36	28	20

б. Оценка полного времени проведения тестирования

Закон распределения \ кол-во данных	<i>n</i> = 30	<i>n</i> = 24	<i>n</i> = 18
Равномерный	696,216	373,714	233,581
Экспоненциальный	246,287	224,594	319,088
Релеевский	843,230	543,101	359,596

Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы были исследованы показатели надежности программ, характеризуемые моделью обнаружения ошибок Джелинского-Моранды для различных законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных. В результате было получено, что показатели для данных, сгенерированных по экспоненциальному закону распределения, являются лучшими, что

объясняется предположением модели Джелинского-Моранды – время до следующего отказа программы распределено экспоненциально.