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

Ход выполнения.

1. **Равномерный закон**

a. **100%** $(\boldsymbol{n} = \mathbf{30})$

$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$
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 $B\hat{}$:

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

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

$$19{,}895 > 15.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

$\boldsymbol{m}$	$\boldsymbol{f}$	$\boldsymbol{g}$	$\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$
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 $\hat{X}_{n+1}$

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

$\boldsymbol{i}$	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**
$\boldsymbol{X_i}$	33,584	33,584	33,584	33,584	33,584

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 Bˆ:

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

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

$$16{,}727 > 12.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

m	f	g	$\lvert f-g\rvert$
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 $\hat{X}_{n+1}$

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

$\boldsymbol{i}$	25	26
$\boldsymbol{X_i}$	48,709	48,709

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

Полное время тестирования: **373,714**

c. 60% $(\boldsymbol{n = 18})$

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 $B̂$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iXi}{\sum_{i=1}^{n} Xi} = 12{,}655$$

$$12{,}655 > 9.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

$\boldsymbol{m}$	$\boldsymbol{f}$	$\boldsymbol{g}$	$\boldsymbol{\lvert f-g\rvert}$
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 $\hat{X}_{n+1}$

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

i	19	20
X_i	31,936	31,936

Время до полного завершения тестирования: **95,809**
Полное время тестирования: **233,581**

2. Экспоненциальный закон

a. 100% $(n = 30)$

i	X	i	X	i	X
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 $B\hat{}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iXi}{\sum_{i=1}^{n} Xi} = 23{,}047$$

$$23{,}047 > 15.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

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 $\hat{B}$:

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

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

$$18{,}788 > 12.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

m	f	g	$\lvert f-g \rvert$
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**

c. 60% $(n = 18)$

i	*X*	*i*	*X*	*i*	*X*
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 $B\hat{}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iXi}{\sum_{i=1}^{n} Xi} = 12{,}379$$

$$12{,}379 > 9.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

$\boldsymbol{m}$	$\boldsymbol{f}$	$\boldsymbol{g}$	$\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$
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 $\hat{X}_{n+1}$

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

$\boldsymbol{i}$	**19**	**20**
$\boldsymbol{X_i}$	44,467	44,467

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

Полное время: **319,088**

3. Релеевский закон

a. 100% $(\boldsymbol{n} = \mathbf{30})$

$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$
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*^:

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

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

$$19{,}527 > 15.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

m	f	g	$\|f-g\|$
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	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**
X_i	33,727	33,727	33,727	33,727	33,727	33,727

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

Полное время тестирования: **843,230**

b. 80% $(\boldsymbol{n = 24})$

$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$
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 $B\hat{}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iXi}{\sum_{i=1}^{n} Xi} = 16{,}103$$

$$16{,}103 > 12.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

$\boldsymbol{m}$	$\boldsymbol{f}$	$\boldsymbol{g}$	$\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$
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 $\hat{X}_{n+1}$

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

$\boldsymbol{i}$	**25**	**26**	**27**	**28**
$\boldsymbol{X_i}$	34,424	45,899	68,849	137,697

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

Полное время: **543,101**

c. 60% $(\boldsymbol{n = 18})$

$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$	$\boldsymbol{i}$	$\boldsymbol{X}$
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 Bˆ:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iXi}{\sum_{i=1}^{n} Xi} = 12{,}637$$

$$12{,}637 > 9.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

$\boldsymbol{m}$	$\boldsymbol{f}$	$\boldsymbol{g}$	$\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$
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 $\hat{X}_{n+1}$

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

$\boldsymbol{i}$	**19**	**20**
$\boldsymbol{X_i}$	49,228	98,456

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

Полное время тестирования: **359,596**

4. Итоги

a. Оценка первоначального числа ошибок

Закон распределения \ кол-во данных	$\boldsymbol{n = 30}$	$\boldsymbol{n = 24}$	$\boldsymbol{n = 18}$
Равномерный	35	26	20
Экспоненциальный	30	24	20
Релеевский	36	28	20

b. Оценка полного времени проведения тестирования

Закон распределения \ кол-во данных	$\boldsymbol{n = 30}$	$\boldsymbol{n = 24}$	$\boldsymbol{n = 18}$
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.