

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

Субботин А.С.

Преподаватель

Ефремов М.А.

Санкт-Петербург

2021

Цель работы

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

Ход работы

1. С использованием функции `numpy.random.uniform` модуля `numpy` для языка Python были сгенерированы в соответствии с равномерным законом распределения и отсортированы три массива – и использованием 100% данных, а также 80% и 60%. Результат представлен в Таблице 1.

i	Равномерное (100% данных)	Равномерное (80% данных)	Равномерное (60% данных)
1	0,533	0,422	1,500
2	1,618	0,634	2,748
3	4,085	0,677	3,920
4	4,417	1,323	5,243
5	5,205	1,705	6,280
6	5,371	1,874	7,540
7	5,671	2,294	7,847
8	6,445	2,410	8,911
9	7,570	6,205	9,758
10	8,156	6,756	10,521
11	8,794	7,501	12,997
12	8,798	7,801	14,201
13	9,809	8,766	14,461
14	9,811	11,566	14,647
15	10,391	13,374	17,371
16	10,653	13,450	18,635
17	12,091	13,754	19,241
18	12,732	15,310	19,920
19	13,364	15,316	

20	13,850	16,136	
21	14,902	16,772	
22	15,972	17,493	
23	16,014	17,552	
24	16,065	18,426	
25	16,419		
26	16,583		
27	16,827		
28	18,077		
29	18,982		
30	19,007		

Таблица 1 – Равномерный закон распределения

2. Вычисления для $n = 30$:

Проверка существования максимума:

$$A > \frac{n+1}{2} = 15,5; \quad A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 19,600$$

$19,6 > 15,5$ – условие сходимости выполнено

Поиск m , формулы представлены ниже, результаты – в Таблице 2.

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

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

m	f	g	 f-g
31	3,994987	2,631655	1,363332
32	3,027245	2,419419	0,607826
33	2,558495	2,238861	0,319634
34	2,255465	2,083381	0,172084
35	2,034877	1,948094	0,086783
36	1,863448	1,829305	0,034143
37	1,724559	1,724171	0,000388
38	1,608729	1,630464	0,021735

Таблица 2 – Поиск минимума (равн, 100%)

Минимум при $m = 37$, $B = m - 1 = 36$

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

$$= 0,005253214$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	X
31	31,726612
32	38,071934
33	47,589918
34	63,453224
35	95,179836
36	190,35967

Время до полного завершения тестирования: 466,381 дней

Полное время тестирования: 794,594 дней

3. Вычисления для $n = 24$:

Проверка существования максимума:

$$A > \frac{n + 1}{2} = 12,5; \quad A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 17,293$$

$17,293 > 12,5$ – условие сходимости выполнено

Поиск m , результаты в Таблице 3.

m	f	g	f-g
25	3,73429	3,113927	0,620364
26	2,77596	2,756305	0,019653
27	2,31596	2,472364	0,156406

Таблица 3 – Поиск минимума (равн, 80%)

Минимум при $m = 26$, $B = m - 1 = 25$

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

$$= 0,012671771$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	X
25	78,915566

Время до полного завершения тестирования: 78,916 дней

Полное время тестирования: 296,431 дней

4. Вычисления для $n = 18$:

Проверка существования максимума:

$$A > \frac{n+1}{2} = 10,5; \quad A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 12,192$$

$12,192 > 10,5$ – условие сходимости выполнено

Поиск m , результаты в Таблице 4.

m	f	g	f-g
19	3,439553	2,643844	0,795708
20	2,495108	2,305249	0,189859
21	2,047740	2,043535	0,004205
22	1,764406	1,835186	0,07078

Таблица 4 – Поиск минимума (равн, 60%)

Минимум при $m = 21$, $B = m - 1 = 20$

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

$$= 0,010439965$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	X
19	47,892881
20	95,785762

Время до полного завершения тестирования: 143,679 дней

Полное время тестирования: 339,420 дней

5. С использованием функции `numpy.random.exponential` модуля `numpy` для языка Python были сгенерированы в соответствии с экспоненциальным законом распределения и отсортированы три массива – и использованием 100% данных, а также 80% и 60%. Результат представлен в Таблице 5.

i	Экспонента (100% данных)	Экспонента (80% данных)	Экспонента (60% данных)
1	0,365	0,550	0,370
2	0,378	0,733	0,944
3	0,814	2,507	1,575
4	0,971	2,675	3,489
5	1,071	3,063	6,974
6	1,604	3,334	7,045
7	2,631	3,969	7,455
8	3,043	4,390	7,624
9	3,250	5,231	8,094
10	3,277	5,525	8,576
11	3,969	6,069	12,540
12	4,919	6,758	16,078
13	5,457	6,943	17,693
14	5,817	7,836	20,534
15	6,332	8,830	22,117
16	6,556	9,262	23,821
17	8,143	10,416	28,034
18	8,698	11,993	32,589
19	8,839	13,217	
20	10,280	13,677	
21	10,865	14,615	
22	14,177	16,137	
23	15,400	19,885	
24	17,171	42,387	
25	17,380		
26	18,251		
27	21,286		

28	22,424		
29	22,798		
30	25,354		

Таблица 5 – Экспоненциальный закон распределения

6. Вычисления для $n = 30$:

Проверка существования максимума:

$$A > \frac{n+1}{2} = 15,5; \quad A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 22,431$$

$22,431 > 15,5$ – условие сходимости выполнено

Поиск m , результаты в Таблице 6.

m	f	g	 f-g
31	3,99499	3,500899	0,494088
32	3,02725	3,135049	0,107804
33	2,55850	2,838429	0,279934

Таблица 6 – Поиск минимума (эксп, 100%)

Минимум при $m = 32$, $B = m - 1 = 31$

$$K = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (\hat{B} - i + 1) * X_i} = \frac{n}{(\hat{B} + 1) * \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i * X_i} = 0,012893569$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	X
31	190,359672

Время до полного завершения тестирования: 190,36 дней

Полное время тестирования: 461,883 день

7. Вычисления для $n = 24$:

Проверка существования максимума:

$$A > \frac{n+1}{2} = 12,5; \quad A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 17,743$$

$17,743 > 12,5$ – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 7.

m	f	g	f-g
25	3,77596	3,307018	0,46894
26	2,81596	2,906521	0,090563
27	2,35442	2,59255	0,238131

Таблица 7 – Поиск минимума (эксп, 80%)

Минимум при m = 26, B = m – 1 = 25

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

$$= 0,013211415$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	X
25	195,1568595

Время до полного завершения тестирования: 195,157 дней

Полное время тестирования: 415,158 дней

8. Вычисления для n = 18:

Проверка существования максимума:

$$A > \frac{n+1}{2} = 10,5; \quad A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 13,275$$

13,275 > 12,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 8.

m	f	g	f-g
19	3,43955	3,14433	0,295222
20	2,49511	2,676743	0,181635
21	2,04774	2,330221	0,282481

Таблица 8 – Поиск минимума (эксп, 60%)

Минимум при $m = 20$, $B = m - 1 = 19$

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

$$= 0,013940518$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	X
19	95,785762

Время до полного завершения тестирования: 95,786 дней

Полное время тестирования: 225,553 дней

9. С использованием функции `numpy.random.rayleigh` модуля `numpy` для языка Python были сгенерированы в соответствии с релеевским законом распределения и отсортированы три массива – и использованием 100% данных, а также 80% и 60%. Результат представлен в Таблице 9.

i	Релеевское (100% данных)	Релеевское (80% данных)	Релеевское (60% данных)
1	2,043	3,096	1,357
2	3,725	4,097	2,557
3	3,752	4,196	2,713
4	3,916	4,475	5,258
5	4,624	4,499	5,589
6	4,711	4,557	5,591
7	4,843	4,775	5,658
8	5,179	6,432	6,349
9	5,482	6,625	6,818
10	6,214	7,390	7,324
11	6,321	7,614	11,088
12	6,383	7,946	11,998
13	7,826	7,991	15,149
14	7,859	10,749	15,912
15	8,184	11,059	18,811

16	8,204	11,225	21,314
17	8,847	11,443	22,849
18	9,009	11,743	29,181
19	10,547	12,773	
20	10,673	13,559	
21	10,772	13,719	
22	11,149	14,754	
23	11,807	16,604	
24	12,018	23,103	
25	13,572		
26	15,461		
27	15,590		
28	16,814		
29	18,919		
30	20,791		

Таблица 9 – Релеевский закон распределения

10.Вычисления для n = 30:

Проверка существования максимума:

$$A > \frac{n+1}{2} = 15,5; \quad A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 19,801$$

19,801 > 15,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 10.

m	f	g	f-g
31	3,99499	2,678704	1,316284
32	3,02725	2,459128	0,568117
33	2,55850	2,272822	0,285673
34	2,03488	2,112758	0,077882
35	1,86345	1,973756	0,110308

Таблица 10 – Поиск минимума (рел, 100%)

Минимум при $m = 34$, $B = m - 1 = 33$

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

$$= 0,007676287$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	X
31	43,42377
32	65,135655
33	130,27131

Время до полного завершения тестирования: 238,831 дней

Полное время тестирования: 514,063 дней

11. Вычисления для $n = 24$:

Проверка существования максимума:

$$A > \frac{n + 1}{2} = 12,5; \quad A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 15,853$$

$15,853 > 12,5$ – условие сходимости выполнено

Поиск m , результаты в Таблице 11.

m	f	g	f-g
25	3,77596	2,623838	1,15212
26	2,81596	2,365253	0,450705
27	2,35442	2,153064	0,201356
28	2,05812	1,975812	0,082312
29	1,84384	1,825525	0,018313
30	1,67832	1,696484	0,018164
31	1,54499	1,584482	0,039495

Таблица 11 – Поиск минимума (рел, 80%)

Минимум при $m = 30$, $B = m - 1 = 29$

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

$$= 0,007559272$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	X
25	26,457575
26	33,071969
27	44,095958
28	66,143938
29	132,287875

Время до полного завершения тестирования: 302,057 дня

Полное время тестирования: 526,482 дней

12. Вычисления для $n = 18$:

Проверка существования максимума:

$$A > \frac{n + 1}{2} = 10,5; \quad A = \frac{\sum_{i=1}^n i * X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 13,015$$

13,015 > 10,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m , результаты в Таблице 12.

m	f	g	f-g
19	3,43955	3,007583	0,431969
20	2,49511	2,576998	0,08189
21	2,04774	2,254263	0,206523

Таблица 12 – Поиск минимума (рел, 60%)

Минимум при $m = 20$, $B = m - 1 = 19$

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

$$= 0,013180482$$

Среднее время \hat{X}_{n+1}

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

i	X
19	95,78576227

Время до полного завершения тестирования: 95,786 дней

Полное время тестирования: 291,302 день

13.Результаты:

Оценка первоначального числа ошибок представлена в Таблице 13.

	Равномерный	Экспоненциальный	Релеевский
n = 30	36	31	33
n = 24	25	25	29
n = 18	20	19	19

Таблица 13 – Оценка первоначального числа ошибок

Оценка полного времени проведения тестирования представлена в Таблице 14.

	Равномерный	Экспоненциальный	Релеевский
n = 30	794,594	461,883	514,063
n = 24	296,431	415,158	526,482
n = 18	339,420	225,553	291,302

Таблица 14 – Оценка полного времени проведения тестирования

Экспоненциальный закон распределения показывает наилучшие результаты по двум оценкам сразу при любых входных данных (кроме времени тестирования при n=24), так как по предположению модели Джелински-Моранды время до следующего отказа программы распределено экспоненциально.

Релеевское распределение демонстрирует наихудшие результаты полного времени проведения тестирования при 80% входных данных. При 100% и 60% входных данных наихудший результат показывает равномерное распределение, однако в плане оценки первоначального числа ошибок сравнимо с релеевским.

Выводы

В ходе выполнения данной лабораторной работы было выполнено исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок.