МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МОЭВМ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №5
по дисциплине «Качество и метрология программного обеспечения»
Тема: Оценка параметров надежности программ по временным моделям обнаружения ошибок

Студент гр. 6304	________________	Прозорова А.Д.
Преподаватель	________________	Кирьянчиков В.А.

Санкт-Петербург
2020

Формулировка задания.

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 $m_{равн}$ = 10, СКО $s_{равн}$ = 20/(2*sqrt(3)) = 5.8 .
   b. экспоненциальным законом распределения: W(y) = b*exp(-b*y), y>=0, с параметром b=0.1 и соответственно $m_{эксп}$=$s_{эксп}$= 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
   c. релеевским законом распределения: W(y) = (y/c^2)*exp(-y^2/(2*c^2)), y>=0, с параметром c=8.0 и соответственно $m_{рел}$ = c*sqrt(π/2), $s_{рел}$= c*sqrt(2-π/2). Значения случайной величины Y с релеевским законом распределения с параметром «c» 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 B. 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 Xj , j=n+1,n+2…, n+k до обнаружения k<= 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 работы.

1. Равномерный закон распределения.

 a. 100% n = 30.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.058	0.64	2.278	2.94	3.409	3.863	3.894	4.698	5.286	6.37
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
8.187	9.811	10.115	10.538	10.589	10.719	11.468	11.719	11.929	12.912
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
14.327	14.562	14.976	16.483	16.914	18.183	18.351	19.285	19.378	19.817

Проверка существования максимума B^:

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

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

$$\mathrm{A} = \quad 20.379 > 15.5$$

Найдем m >= n+1

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

m	31	32	33	34	35	36
f	3.995	3.027	2.558	2.255	2.035	1.863
g	2.825	2.582	2.377	2.203	2.052	1.921
|f-g|	1.170	0.446	0.181	0.053	0.017	0.057

Минимум при m=35. B = m-1 = 34.

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

K = 0.00654

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$:

$$X_{n+1} = \frac{1}{\hat{z}(t_n)} = \frac{1}{\hat{K}\left(\hat{B} - n\right)}$$

i	31	32	33	34
Xi	38.220	50.960	76.441	152.881

Время до полного завершения тестирования: 318.503

Полное время: 632.202

b. 80% n=24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.015	2.21	2.867	3.52	3.627	5.287	5.987	7.189	8.03	9.475	10.196	12.011
13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
12.21	12.562	13.398	13.617	13.671	14.41	15.427	15.607	15.84	16.407	17.79	19.539

Проверка существования максимума B^:

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

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

$$\text{A} = \quad 15.970 > 12.5$$

Найдем m >= n+1

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

m	25	26	27	28	29	30
f	3.776	2.816	2.354	2.058	1.844	1.678
g	2.658	2.393	2.176	1.995	1.842	1.711
|f-g|	1.118	0.423	0.178	0.063	0.002	0.032

Минимум при m=29. B = m-1 = 28.

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

K = 0.00731

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
Xi	34.187	45.583	68.375	136.749

Время до полного завершения тестирования: 284.895

Полное время: 536.878

c. 60% n=18

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.971	2.373	3.729	4.391	7.029	7.756	8.869	10.087	11.74
10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
12.804	12.876	16.098	16.793	16.846	17.37	17.659	18.356	18.953

Проверка существования максимума B^:

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

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

$$\mathrm{A} = \quad 12.104 \; > 9.5$$

Найдем m >= n+1

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

m	19	20	21	22	23
f	3.495	2.548	2.098	1.812	1.607
g	2.611	2.280	2.024	1.819	1.652
|f-g|	0.885	0.268	0.074	0.007	0.045

Минимум при m=22. B = m-1 = 21.

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

K = 0.00889

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$:

$$X_{n+1} = \frac{1}{\hat{z}(t_n)} = \frac{1}{\hat{K}\left(\hat{B} - n\right)}$$

i	19	20	21
Xi	37.509	56.264	112.528

Время до полного завершения тестирования: 206.302

Полное время: 411.002

2. Экспоненциальный закон распределения.

   a. 100% n = 30.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.077	0.615	0.620	0.823	1.790	2.305	2.487	2.851	3.515	3.797
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
4.229	6.088	7.169	7.253	7.610	7.670	8.495	9.176	9.195	9.541
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
10.183	12.205	14.512	15.387	18.542	18.760	21.316	22.478	24.625	29.654

Проверка существования максимума B^:

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

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

$$\mathrm{A} = \quad 22.302 \; > 15.5$$

Найдем m >= n+1

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

m	31	32	33	34
f	3.995	3.027	2.558	2.255
g	3.449	3.093	2.804	2.564
|f-g|	0.546	0.066	0.246	0.309

Минимум при m=32. B = m-1 = 31.

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

K = 0.01093

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$:

$$X_{n+1} = \frac{1}{\hat{z}\left(t_n\right)} = \frac{1}{\hat{K}\left(\hat{B}-n\right)}$$

i	**31**
Xi	91.474

Время до полного завершения тестирования: 91.474

Полное время: 374.442

b. 80% n=24

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
0.220	0.241	0.395	0.996	1.756	2.845	3.056	3.567	4.129	4.236	5.587	9.836
13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
9.998	10.452	12.085	12.489	13.692	14.230	14.755	17.340	19.294	19.850	22.116	22.840

Проверка существования максимума B^:

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

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

$$\mathrm{A} = \quad 17.755 \; > 12.5$$

Найдем m >= n+1

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

m	**25**	**26**	**27**
f	3.776	2.816	2.354

g	3.313	2.911	2.596
|f-g|	0.463	0.095	0.242

Минимум при m=26. B = m-1 = 25.

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

K = 0.01288

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$:

$$X_{n+1} = \frac{1}{\hat{z}\left(t_n\right)} = \frac{1}{\hat{K}\left(\hat{B}-n\right)}$$

i	**25**
Xi	77.638

Время до полного завершения тестирования: 77.638

Полное время: 303.643

c. 60% n=18

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1.230	1.615	3.624	4.220	4.398	4.741	7.810	8.786	9.205
10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
10.545	10.962	15.831	18.459	19.443	20.862	21.011	49.459	60.261

Проверка существования максимума B^:

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

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

$$A = \quad 13.922 > 9.5$$

Найдем m >= n+1

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

m	19	20
f	3.495	2.548
g	3.545	2.962
|f-g|	0.050	0.414

Минимум при m=19. B = m-1 = 18.

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

K = 0.01301

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$:

$$X_{n+1} = \frac{1}{\hat{z}\left(t_n\right)} = \frac{1}{\hat{K}\left(\hat{B} - n\right)}$$

Время до полного завершения тестирования: 0

Полное время: 272.462

3. Релеевский закон распределения.

a. 100% n = 30.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.315	2.896	3.010	3.350	4.018	5.293	6.031	6.318	7.382	7.983
11	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
8.046	8.170	8.319	8.460	8.723	8.826	9.879	10.960	11.112	11.639
21	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
11.759	11.970	12.459	13.480	13.876	15.260	16.952	18.317	18.416	24.643

Проверка существования максимума B^:

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

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

$$A = \quad 19.817 \; > 15.5$$

Найдем m >= n+1

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

m	31	32	33	34	35	36	37
f	3.995	3.027	2.558	2.255	2.035	1.863	1.725
g	2.683	2.463	2.276	2.115	1.976	1.854	1.746
|f-g|	1.312	0.565	0.283	0.140	0.059	0.010	0.021

Минимум при m=36. B = m-1 = 35.

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

K = 0.00620

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$:

$$X_{n+1}=\frac{1}{\hat{z}\left(t_n\right)}=\frac{1}{\hat{K}\left(\hat{B}-n\right)}$$

i	31	32	33	34	35
Xi	32.242	40.303	53.737	80.606	161.211

Время до полного завершения тестирования: 368.099

Полное время: 666.961

b. 80% n=24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.176	2.112	2.215	2.317	2.530	2.668	4.863	4.910	5.246	7.321	7.819	7.863
13	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**
7.915	8.449	9.598	10.162	10.510	11.619	12.028	13.341	13.548	13.718	19.448	19.709

Проверка существования максимума B^:

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

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

$$\mathrm{A}=\quad 16.617>12.5$$

Найдем m >= n+1

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

m	25	26	27	28
f	3.776	2.816	2.354	2.058
g	2.863	2.558	2.312	2.109
|f-g|	0.913	0.258	0.043	0.050

Минимум при m=27. B = m-1 = 26.

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

K = 0.01149

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$:

$$X_{n+1} = \frac{1}{\hat{z}(t_n)} = \frac{1}{\hat{K}\left(\hat{B}-n\right)}$$

i	25	26
Xi	43.493	86.987

Время до полного завершения тестирования: 130.480

Полное время: 331.565

c. 60% n=18

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.730	3.556	4.182	4.886	5.719	6.203	6.856	7.198	7.856
10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
7.959	8.193	8.284	8.294	8.775	10.356	10.364	12.552	16.486

Проверка существования максимума B^:

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

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

$$A = \quad 11.499 \ > 9.5$$

Найдем m >= n+1

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

m	19	20	21	22	23	24	25	26
f	3.495	2.548	2.098	1.812	1.607	1.451	1.326	1.223
g	2.400	2.118	1.895	1.714	1.565	1.440	1.333	1.241
|f-g|	1.095	0.430	0.203	0.098	0.042	0.011	0.007	0.018

Минимум при m=25. B = m-1 = 24.

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

K = 0.00949

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$:

$$X_{n+1} = \frac{1}{\hat{z}(t_n)} = \frac{1}{\hat{K}\left(\hat{B} - n\right)}$$

i	19	20	21	22	23	24
Xi	17.557	21.068	26.335	35.113	52.670	105.340

Время до полного завершения тестирования: 258.082

Полное время: 398.531

4. Итоговые результаты.

Оценки первоначального числа ошибок.

Закон распределения \ n	30	24	18
Равномерный	34	28	21
Экспоненциальный	31	25	18
Релеевский	35	26	24

Оценки полных времен проведения тестирования.

Закон распределения \ n	30	24	18
Равномерный	632.202	536.878	411.002
Экспоненциальный	374.442	303.643	272.462
Релеевский	666.961	331.565	398.531

Равномерное распределение демонстрирует худшие результаты оценки полного времени проведения тестирования при 80% и 60% входных данных.

Экспоненциальный закон распределения показывает наилучшие результаты при любых входных данных, так как по предположению модели Джелински-Моранды время до следующего отказа программы распределено экспоненциально.

Вывод

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