**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. 6304 | ____________________ | Рыбин А.С. |
| Преподаватель | ____________________ | Кирьянчиков В.А. |

Санкт-Петербург
2020

**Цель**

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.

**Задание**

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 $s_{\text{равн}} = \frac{20}{2\sqrt{3}} =$ 5.8.

Б) Экспоненциальным законом распределения $W(y) = be^{-by}, y \geq 0$, с параметром $b = 0.1$ и соответственно $m_{\text{эксп}} = s_{\text{эксп}} = {}^{1}/_{b} = 10$.

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]:

$$Y = -\frac{\ln(t)}{b} \qquad (1).$$

В) Релеевским законом распределения $W(y) = \left({}^{y}/_{c^2}\right) \cdot e^{-\frac{y^2}{2c^2}}, y \geq 0$ с параметром $c = 8.0$ и соответственно $m_{\text{рел}} = c\sqrt{{}^{\pi}/_{2}}$, $s_{\text{рел}} = c\sqrt{\frac{2-\pi}{2}}$.

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 [2]:

$$Y = c \cdot \sqrt{-2\ln(t)} \qquad (2)$$

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 $n \in \{32,24,18\}$ элементов).

Примечание: для каждого значения $n$ следует генерировать и сортировать новые массивы.

4. Если $B > n$, оценить значения средних времен $X_j, j = n+1, n+2, \ldots, n+k$ 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 работы**

**1. Равномерный закон**

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

| $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ | $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ | $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 1.093 | **11** | 8.227 | **21** | 16.370 |
| **2** | 2.190 | **12** | 8.627 | **22** | 16.648 |
| **3** | 4.071 | **13** | 9.005 | **23** | 18.369 |
| **4** | 4.891 | **14** | 9.166 | **24** | 16.435 |
| **5** | 5.198 | **15** | 11.770 | **25** | 16.438 |
| **6** | 5.820 | **16** | 11.781 | **26** | 16.648 |
| **7** | 5.982 | **17** | 12.119 | **27** | 17.658 |
| **8** | 6.825 | **18** | 12.790 | **28** | 18.282 |
| **9** | 7.662 | **19** | 12.843 | **29** | 18.369 |
| **10** | 7.959 | **20** | 13.020 | **30** | 19.220 |

Проверка существования максимума $\hat{B}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 19.57$$

$$19.57 > 15.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

| $\boldsymbol{m}$ | **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** | **37** | **38** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{f}$ | 3.995 | 3.027 | 2.558 | 2.255 | 2.035 | 1.863 | 1.725 | 1.609 |
| $\boldsymbol{g}$ | 2.613 | 2.403 | 2.225 | 2.071 | 1.938 | 1.820 | 1.716 | 1.623 |
| $\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$ | 1.382 | 0.624 | 0.333 | 0.184 | 0.097 | 0.043 | 0.009 | 0.014 |

$$m = 37 \geq B = m - 1 = 36$$

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

$$K = 0.005168$$

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** |
|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 32.252 | 38.702 | 48.378 | 64.504 | 96.755 |

Время до полного завершения тестирования **474.101**

Полное время: **806.165**

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

| ***i*** | ***X*** | ***i*** | ***X*** | ***i*** | ***X*** |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0.396 | **9** | 6.960 | **17** | 14.577 |
| **2** | 1.771 | **10** | 6.995 | **18** | 15.665 |
| **3** | 2.328 | **11** | 7.014 | **19** | 16.725 |
| **4** | 2.671 | **12** | 7.037 | **20** | 17.368 |
| **5** | 2.923 | **13** | 7.928 | **21** | 17.625 |
| **6** | 3.356 | **14** | 12.357 | **22** | 18.427 |
| **7** | 3.720 | **15** | 13.313 | **23** | 18.829 |
| **8** | 4.166 | **16** | 14.002 | **24** | 18.956 |

Проверка существования максимума $\hat{B}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 16.878$$

$$16.878 > 12.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

| $\boldsymbol{m}$ | **25** | **26** | **27** | **28** |
|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{f}$ | 3.776 | 2.816 | 2.354 | 2.058 |
| $\boldsymbol{g}$ | 2.955 | 2.631 | 2.371 | 2.158 |
| $\boldsymbol{\lvert f-g\rvert}$ | 0.821 | 0.185 | 0.017 | 0.100 |

$$m = 27 \geq B = m - 1 = 26$$

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

$$K = 0.010085$$

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$

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

| $\boldsymbol{i}$ | **25** | **26** |
|---|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 49.579 | 99.158 |

Время до полного завершения тестирования **148.737**

Полное время: **383.846**

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

| $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ | $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ | $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0.939 | **7** | 4.358 | **13** | 12.536 |
| **2** | 1.500 | **8** | 4.609 | **14** | 14.248 |
| **3** | 1.500 | **9** | 6.803 | **15** | 15.703 |
| **4** | 3.321 | **10** | 8.806 | **16** | 15.775 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **5** | 3.505 | **11** | 9.815 | **17** | 17.448 |
| **6** | 3.608 | **12** | 12.215 | **18** | 17.707 |

Проверка существования максимума $\hat{B}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 12.889$$

$$12.889 > 9.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

| $\boldsymbol{m}$ | **19** | **20** | **21** |
|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{f}$ | 3.776 | 2.816 | 2.354 |
| $\boldsymbol{g}$ | 2.596 | 2.343 | 2.134 |
| $\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$ | 1.180 | 0.473 | 0.220 |

$$m = 20 \geq B = m - 1 = 19$$

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

$$K = 0.01631$$

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$

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

| $\boldsymbol{i}$ | **19** |
|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 61.310 |

Время до полного завершения тестирования **61.31**. Полное время: **216.5**

## 2. Экспоненциальный закон

### a. 100% ($n = 30$)

| $i$ | $X$ | $i$ | $X$ | $i$ | $X$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0.591 | **11** | 5.580 | **21** | 13.654 |
| **2** | 0.726 | **12** | 5.966 | **22** | 14.715 |
| **3** | 1.127 | **13** | 6.106 | **23** | 15.685 |
| **4** | 1.132 | **14** | 6.945 | **24** | 18.280 |
| **5** | 1.398 | **15** | 7.050 | **25** | 20.079 |
| **6** | 1.481 | **16** | 7.573 | **26** | 23.977 |
| **7** | 2.291 | **17** | 8.221 | **27** | 24.566 |
| **8** | 2.612 | **18** | 8.508 | **28** | 24.974 |
| **9** | 4.851 | **19** | 9.912 | **29** | 28.618 |
| **10** | 5.451 | **20** | 10.063 | **30** | 36.602 |

Проверка существования максимума $\hat{B}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 22.607$$

$$22.607 > 15.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

| $m$ | **31** | **32** | **33** |
|---|---|---|---|
| $f$ | 3.995 | 3.027 | 2.558 |
| $g$ | 3.575 | 3.194 | 2.887 |
| $\lvert f-g \rvert$ | 0.420 | 0.167 | 0.328 |

$$m = 32 \geq B = m - 1 = 31$$

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

$$K = 0.010021$$

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** |
|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 99.791 |

Время до полного завершения тестирования **99.791**

Полное время: **418.525**

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

| $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ | $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ | $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0.629 | **9** | 5.424 | **17** | 18.134 |
| **2** | 1.700 | **10** | 6.385 | **18** | 18.966 |
| **3** | 1.859 | **11** | 8.782 | **19** | 19.341 |
| **4** | 3.031 | **12** | 9.894 | **20** | 19.456 |
| **5** | 3.100 | **13** | 10.494 | **21** | 26.820 |
| **6** | 3.365 | **14** | 14.451 | **22** | 27.853 |
| **7** | 3.888 | **15** | 16.698 | **23** | 29.191 |
| **8** | 5.070 | **16** | 18.083 | **24** | 49.577 |

Проверка существования максимума $\hat{B}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 17.925$$

$$17.925 > 12.5$$

Найдём $m \geq n + 1$:

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

| $m$ | 25 | 26 | 27 |
|---|---|---|---|
| $f$ | 3.776 | 2.816 | 2.354 |
| $g$ | 3.392 | 2.972 | 2.645 |
| $\|f-g\|$ | 0.384 | 0.156 | 0.290 |

$$m = 26 \geq B = m - 1 = 25$$

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

$$K = 0.009225$$

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$

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

| $i$ | 25 |
|---|---|
| $X_i$ | 108.406 |

Время до полного завершения тестирования **108.406**

Полное время: **430.597**

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

| $i$ | $X$ | $i$ | $X$ | $i$ | $X$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 0.965 | **7** | 8.399 | **13** | 16.702 |
| **2** | 1.068 | **8** | 9.804 | **14** | 19.454 |
| **3** | 1.453 | **9** | 12.216 | **15** | 20.936 |
| **4** | 1.557 | **10** | 13.027 | **16** | 22.411 |
| **5** | 4.093 | **11** | 13.711 | **17** | 24.043 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **6** | 5.873 | **12** | 14.488 | **18** | 24.229 |

Проверка существования максимума $\hat{B}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 12.957$$

$$12.957 > 9.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

| $\boldsymbol{m}$ | **19** | **20** | **21** |
|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{f}$ | 3.495 | 2.548 | 2.098 |
| $\boldsymbol{g}$ | 2.979 | 2.556 | 2.238 |
| $\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$ | 0.516 | 0.008 | 0.140 |

$$m = 20 \geq B = m - 1 = 19$$

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

$$K = 0.01192$$

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** |
|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 83.896 |

Время до полного завершения тестирования **83.896**.

Полное время: **298.325**

## 3. Релеевский закон

### a. 100% ($n = 30$)

| $i$ | $X$ | $i$ | $X$ | $i$ | $X$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 2.747 | **11** | 9.957 | **21** | 13.463 |
| **2** | 3.917 | **12** | 10.034 | **22** | 13.573 |
| **3** | 4.064 | **13** | 10.611 | **23** | 13.667 |
| **4** | 4.125 | **14** | 10.847 | **24** | 14.259 |
| **5** | 5.308 | **15** | 10.857 | **25** | 14.429 |
| **6** | 5.598 | **16** | 11.030 | **26** | 15.202 |
| **7** | 5.984 | **17** | 11.477 | **27** | 15.551 |
| **8** | 7.034 | **18** | 11.915 | **28** | 15.704 |
| **9** | 7.800 | **19** | 13.192 | **29** | 22.706 |
| **10** | 8.465 | **20** | 13.296 | **30** | 29.635 |

Проверка существования максимума $\hat{B}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 19.434$$

$$19.434 > 15.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

| $m$ | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f$ | 3.995 | 3.027 | 2.558 | 2.255 | 2.035 | 1.863 | 1.725 | 1.609 | 1.510 |
| $g$ | 2.594 | 2.387 | 2.211 | 2.060 | 1.927 | 1.811 | 1.708 | 1.616 | 1.533 |
| $\lvert f-g \rvert$ | 1.401 | 0.640 | 0.347 | 0.196 | 0.108 | 0.052 | 0.017 | 0.007 | 0.023 |

$$m = 38 \geq B = m - 1 = 37$$

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

$$K = 0.004803$$

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 | 37 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_i$ | 29.745 | 34.702 | 41.643 | 52.053 | 69.404 | 104.106 | 208.213 |

Время до полного завершения тестирования **539.866**

Полное время: **876.313**

**b. 80% ($n = 24$)**

| *i* | *X* | *i* | *X* | *i* | *X* |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 4.755 | **9** | 9.900 | **17** | 13.896 |
| **2** | 4.930 | **10** | 10.347 | **18** | 14.144 |
| **3** | 5.057 | **11** | 10.977 | **19** | 15.481 |
| **4** | 5.291 | **12** | 11.367 | **20** | 15.637 |
| **5** | 6.283 | **13** | 11.667 | **21** | 15.987 |
| **6** | 8.837 | **14** | 12.763 | **22** | 17.328 |
| **7** | 9.130 | **15** | 13.306 | **23** | 17.632 |
| **8** | 9.266 | **16** | 13.880 | **24** | 19.727 |

Проверка существования максимума $\hat{B}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 15.018$$

$$15.018 > 12.5$$

Найдём $m \geq n + 1$:

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

| $\boldsymbol{m}$ | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{f}$ | 3.776 | 2.816 | 2.354 | 2.058 | 1.844 | 1.678 |
| $\boldsymbol{g}$ | 2.404 | 2.185 | 2.003 | 1.849 | 1.716 | 1.602 |
| $\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$ | 1.372 | 0.631 | 0.351 | 0.209 | 0.127 | 0.076 |

| $\boldsymbol{m}$ | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{f}$ | 1.545 | 1.434 | 1.341 | 1.260 | 1.189 |
| $\boldsymbol{g}$ | 1.502 | 1.413 | 1.335 | 1.264 | 1.201 |
| $\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$ | 0.043 | 0.021 | 0.006 | 0.005 | 0.012 |

$$m = 34 \geq B = m - 1 = 33$$

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

$$K = 0.004555$$

Среднее время $\hat{X}_{n+1}$

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

| $\boldsymbol{i}$ | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 24.394 | 27.444 | 31.364 | 36.592 | 43.910 | 54.887 |

| $\boldsymbol{i}$ | 31 | 32 | 33 |
|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 73.183 | 109.775 | 219.550 |

Время до полного завершения тестирования **621.099**

Полное время: **898.687**

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

| $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ | $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ | $\boldsymbol{i}$ | $\boldsymbol{X}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 1.335 | **7** | 5.714 | **13** | 11.613 |
| **2** | 2.616 | **8** | 7.568 | **14** | 11.831 |
| **3** | 3.647 | **9** | 8.199 | **15** | 12.785 |
| **4** | 3.781 | **10** | 8.707 | **16** | 17.422 |
| **5** | 4.874 | **11** | 9.869 | **17** | 21.165 |
| **6** | 5.132 | **12** | 11.149 | **18** | 28.201 |

Проверка существования максимума $\hat{B}$:

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} iX_i}{\sum_{i=1}^{n} X_i} = 12.79$$

$$12.79 > 9.5$$

Найдём $m \geq n+1$:

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

| $\boldsymbol{m}$ | **19** | **20** | **21** |
|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{f}$ | 3.495 | 2.548 | 2.098 |
| $\boldsymbol{g}$ | 2.899 | 2.497 | 2.193 |
| $\boldsymbol{\lvert f-g \rvert}$ | 0.596 | 0.051 | 0.095 |

$$m = 20 \geq B = m - 1 = 19$$

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

$$K = 0.014217$$

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** |
|---|---|
| $\boldsymbol{X_i}$ | 70.337 |

Время до полного завершения тестирования **70.337**

Полное время: **245.945**

## 4. Итоги

### a. Оценка первоначального числа ошибок

| Закон распределения \ кол-во данных | $n = 30$ | $n = 24$ | $n = 18$ |
|---|---|---|---|
| **Равномерный** | 33 | 26 | 26 |
| **Экспоненциальный** | 31 | 25 | 19 |
| **Релеевский** | 37 | 33 | 19 |

### b. Оценка полного времени проведения тестирования

| Закон распределения \ кол-во данных | $n = 30$ | $n = 24$ | $n = 18$ |
|---|---|---|---|
| **Равномерный** | 491.809 | 383.846 | 862.429 |
| **Экспоненциальный** | 418.525 | 430.597 | 298.325 |
| **Релеевский** | 876.313 | 898.687 | 245.945 |

### c. Анализ результатов

Худшие результаты по обоим показателям показал релеевский закон распределения. Во всех случаях экспоненциальный закон распределения показал лучшие результаты. Это соответствует одному из предположений, на которых основана модель Джелински-Моранды («Время до следующего отказа программы распределено экспоненциально»).

## Выводы

В результате выполнения данной лабораторной работы было выполнено исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок Джелински-Морданы, для различных законов распределения времени обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных.

В результате установлено, что экспоненциальный закон распределения лучше всего согласуется с результатами, полученными с помощью модели Джелински-Морданы.