**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 |  | Чешуин Д. И. |
| Преподаватель |  | Кирьянчиков В. 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.

# Задание.

1. Сгенерировать массивы данных , где – случайное значение интервала между соседними ()–ой и –ой ошибками (), в соответствии с:
   1. Равномерным законом распределения в интервале ; при этом средний интервал между ошибками будет , СКО   
      ;
   2. Экспоненциальным законом распределения, , c параметром и соответственно . Значения случайной величины Y с экспоненциальным законом распределения с параметром «» можно получить по значениям случайной величины , равномерно распределенной в интервале , по формуле: ;
   3. Релеевским законом распределения , , c параметром и соответственно , . Значения случайной величины с релеевским законом распределения с параметром «» можно получить по значениям случайной величины , равномерно распределенной в интервале , по формуле: .
2. Каждый из 3-х массивов интервалов времени между соседними ошибками упорядочить по возрастанию.
3. Для каждого из 3-х массивов оценить значение первоначального числа ошибок в программе B. При этом для каждого закона использовать 100%, 80% и 60% входных данных (то есть в массивах  использовать n = 30, 24 и 18 элементов).   
   *Примечание*: для каждого значения следует генерировать и сортировать новые массивы.
4. Если , оценить значения средних времен , до обнаружения 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.**
2. **100% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 30-ти элементов, распределенных по равномерному закону в интервале . Массив был отсортирован по возрастанию. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Равномерное распределение (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 0.417 | 0.569 | 3.33 | 3.382 | 4.036 | 4.218 | 4.507 | 6.025 | 6.121 | 7.677 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 8.562 | 11.008 | 11.54 | 11.583 | 11.834 | 12.618 | 12.783 | 13.043 | 14.596 | 15.13 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 15.227 | 15.241 | 15.68 | 16.99 | 17.366 | 17.466 | 17.645 | 17.812 | 18.113 | 18.76 |

Проверка существования максимума. Коэффициент . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 –Значения функций для равномерного распределения (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | **36** | 37 |
|  | 3.9949 | 3.0273 | 2.5585 | 2.2555 | 2.0349 | **1.8635** | 1.7245 |
|  | 2.6844 | 2.4639 | 2.2769 | 2.1163 | 1.9768 | **1.8546** | 1.7467 |
|  | 1.3105 | 0.5634 | 0.2816 | 0.1392 | 0.0581 | **0.0089** | 0.0222 |

Минимум при . Первоначальное число ошибок .   
.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок  
, где . Результат представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Время обнаружения ошибок для равн. распределения (100%).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| (дней) | 35.94 | 44.93 | 59.9 | 89.85 | 179.7 |

Было рассчитано время до завершения тестирования 410.32 дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **80% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, распределенных по равномерному закону в интервале . Массив был отсортирован по возрастанию. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Равномерное распределение (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | 0.197 | 2.823 | 2.877 | 4.007 | 4.193 | 7.303 | 8.222 | 8.629 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 9.144 | 9.52 | 10.101 | 11.851 | 11.862 | 13.728 | 13.753 | 14.116 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 14.189 | 14.658 | 15.361 | 15.502 | 16.827 | 19.16 | 19.329 | 19.432 |

Проверка существования максимума. Коэффициент . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5 –Значения функций для равномерного распределения (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | **30** | 31 |
|  | 3.7759 | 2.8159 | 2.3544 | 2.0581 | 1.8438 | **1.6783** | 1.5449 |
|  | 2.6181 | 2.3606 | 2.1492 | 1.9726 | 1.8228 | **1.6941** | 1.5824 |
|  | 1.1578 | 0.4553 | 0.2052 | 0.0855 | 0.021 | **0.0158** | 0.0375 |

Минимум при . Первоначальное число ошибок .   
.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок  
, где . Результат представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Время обнаружения ошибок для равн. распределения (80%).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| (дней) | 31.5 | 39.37 | 52.49 | 78.74 | 157.48 |

Было рассчитано время до завершения тестирования 359.58 дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **60% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, распределенных по равномерному закону в интервале . Массив был отсортирован по возрастанию. Результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Равномерное распределение (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.153 | 0.759 | 1.078 | 1.512 | 2.805 | 2.997 | 5.207 | 5.26 | 8.203 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 8.355 | 8.87 | 10.368 | 13.229 | 13.764 | 14.582 | 14.711 | 15.509 | 16.988 |

Проверка существования максимума. Коэффициент . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Расчёт значений функций для равномерного распределения (60%).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | **20** | 21 |
|  | 3.4951 | **2.5477** | 2.0977 |
|  | 3.044 | **2.6037** | 2.2747 |
|  | 0.4511 | **0.056** | 0.177 |

Минимум при . Первоначальное число ошибок .   
.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок   
, где . Результат представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Время обнаружения ошибок для равн. распределения (60%).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 19 |
| (дней) | 55.44 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **Экспоненциальный закон распределения.**
2. **100% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 30-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром . Значения случайной величины Y с экспоненциальным законом распределения с параметром «» были получены по значениям случайной величины , равномерно распределенной в интервале , по формуле: . Массив был отсортирован по возрастанию. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Экспоненциальное распределение (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 0.131 | 0.587 | 0.704 | 0.769 | 1.767 | 2.219 | 2.319 | 2.485 | 2.957 | 3.025 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 3.216 | 3.96 | 4.62 | 5.888 | 7.052 | 9.014 | 10.161 | 11.147 | 12.31 | 12.983 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 13.744 | 14.355 | 17.72 | 19.38 | 20.794 | 20.875 | 22.828 | 35.066 | 40.745 | 47.105 |

Проверка существования максимума. Коэффициент . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Значения функций для экспоненциального распределения (100%).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **31** | 32 |
|  | **3.995** | 3.0272 |
|  | **3.9598** | 3.4981 |
|  | **0.0352** | 0.4709 |

Минимум при . Первоначальное число ошибок .   
.

Условие не выполняется.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **80% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром . Массив был отсортирован по возрастанию. Результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Экспоненциальное распределение (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | 0.121 | 0.253 | 0.758 | 0.823 | 2.971 | 3.313 | 3.538 | 3.567 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 4.05 | 6.972 | 7.963 | 8.074 | 8.651 | 11.907 | 13.168 | 13.471 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 15.702 | 15.847 | 16.983 | 21.456 | 28.473 | 37.723 | 39.12 | 48.283 |

Проверка существования максимума. Коэффициент . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Значения функций для экспоненциального распределения (80%).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **25** | 26 |
|  | **3.7759** | 2.8159 |
|  | **3.8306** | 3.3034 |
|  | **0.0547** | 0.4875 |

Минимум при . Первоначальное число ошибок .   
.

Условие не выполняется.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **60% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром . Массив был отсортирован по возрастанию. Результаты представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Экспоненциальное распределение (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.192 | 3.079 | 3.23 | 3.945 | 4.604 | 5.142 | 5.656 | 7.154 | 7.215 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 7.34 | 8.486 | 13.471 | 16.503 | 16.82 | 18.773 | 24.651 | 25.903 | 28.647 |

Проверка существования максимума. Коэффициент . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Значения функций для экспоненциального распределения (60%).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | **20** | 21 |
|  | 3.4951 | **2.5477** | 2.0977 |
|  | 3.1227 | **2.661** | 2.3183 |
|  | 0.3724 | **0.1133** | 0.2206 |

Минимум при . Первоначальное число ошибок .   
.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок  
, где . Результат представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Время обнаружения ошибок для эксп. распределения (60%).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 19 |
| (дней) | 75.46 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **Релеевский закон распределения.**
2. **100% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 30-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром . Значения случайной величины с релеевским законом распределения с параметром «» были получены по значениям случайной величины , равномерно распределенной в интервале , по формуле:  
. Массив был отсортирован по возрастанию. Результаты представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Релеевское распределение (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 1.872 | 3.203 | 3.246 | 3.246 | 3.372 | 3.711 | 4.152 | 5.178 | 5.314 | 5.374 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 5.969 | 7.439 | 7.452 | 9.028 | 9.583 | 10.11 | 10.152 | 11.576 | 11.592 | 12.747 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 12.80 | 13.575 | 14.155 | 14.199 | 14.242 | 16.04 | 17.806 | 19.783 | 21.186 | 24.026 |

Проверка существования максимума. Коэффициент . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Значения функций для релеевского распределения (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | 34 | **35** | 36 |
|  | 3.995 | 3.027 | 2.558 | 2.255 | **2.035** | 1.863 |
|  | 2.826 | 2.583 | 2.378 | 2.203 | **2.053** | 1.921 |
|  | 1.169 | 0.444 | 0.18 | 0.052 | **0.018** | 0.058 |

Минимум при . Первоначальное число ошибок .   
.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок  
, где . Результат представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Время обнаружения ошибок для релеев. распределения (100%).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | 34 |
| (дней) | 36.8 | 49.06 | 73.6 | 147.19 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **80% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром . Массив был отсортирован по возрастанию. Результаты представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Релеевское распределение (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | 3.267 | 3.918 | 4.643 | 4.692 | 4.978 | 5.493 | 5.741 | 5.856 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 6.012 | 6.194 | 6.689 | 8.258 | 8.271 | 8.562 | 8.575 | 8.988 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 11.084 | 11.312 | 12.027 | 13.075 | 13.398 | 13.575 | 14.242 | 14.557 |

Проверка существования максимума. Коэффициент . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Значения функций для релеевского распределения (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | **32** | 33 |
|  | 3.776 | 2.816 | 2.354 | 2.058 | 1.846 | 1.68 | 1.545 | **1.434** | 1.34 |
|  | 2.479 | 2.247 | 2.055 | 1.893 | 1.754 | 1.635 | 1.53 | **1.439** | 1.357 |
|  | 1.297 | 0.569 | 0.299 | 0.165 | 0.092 | 0.045 | 0.015 | **0.005** | 0.017 |

Минимум при . Первоначальное число ошибок .   
.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок   
, где . Результат представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Время обнаружения ошибок для релеев. распределения (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| (дней) | 20.2 | 23.56 | 28.27 | 35.34 | 47.12 | 70.68 | 141.37 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **60% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром . Массив был отсортирован по возрастанию. Результаты представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Релеевское распределение (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.948 | 1.763 | 2.104 | 4.708 | 4.993 | 5.254 | 6.797 | 7.426 | 7.875 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 8.205 | 9.284 | 11.389 | 12.5 | 13.859 | 13.901 | 14.864 | 15.395 | 18.116 |

Проверка существования максимума. Коэффициент . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Значения функций для релеевского распределения (60%).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 | **21** | 22 |
|  | 3.495 | 2.548 | **2.098** | 1.812 |
|  | 2.725 | 2.367 | **2.092** | 1.874 |
|  | 0.77 | 0.181 | **0.006** | 0.062 |

Минимум при . Первоначальное число ошибок .   
.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок , где . Результат представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Время обнаружения ошибок для релеев. распределения (60%).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 |
| (дней) | 38.1 | 76.2 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **Результаты расчетов.**

В таблицах 26 и 27 представлены сводные результаты оценки первоначального числа ошибок и полного времени проведения тестирования соответственно.

Таблица 26 – Оценка первоначального числа ошибок.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Входные данные, % | Распределение | | |
| Равномерное | Экспоненциальное | Релеевское |
| 30 | 100 | 35 | 30 | 34 |
| 24 | 80 | 29 | 24 | 31 |
| 18 | 60 | 19 | 19 | 20 |

Таблица 27 – Оценка полного времени проведения тестирования.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Входные данные, % | Распределение | | |
| Равномерное | Экспоненциальное | Релеевское |
| 30 | 100 | 743.6 | 349.9 | 608.8 |
| 24 | 80 | 626.4 | 313.2 | 569.9 |
| 18 | 60 | 199.8 | 276.3 | 273.7 |

Результаты при равномерном и релеевском распределениях, в среднем, одинаковые. При 60% и 80% данных равномерное распределение имеет меньшее число ошибок, но при 100% и 80% данных релеевское распределение имеет меньшее время проведения тестирования.

Экспоненциальный закон распределения демонстрирует лучшие результаты – это соответствует одному из предположений в модели Джелинского-Моранды, что время до следующего отказа программы распределено экспоненциально.

# Выводы.

В ходе выполнения данной работы было выполнено исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок Джелинского-Моранды, для различных законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных.