**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**»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студентка гр. 8304 |  | Николаева М. А. |
| 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.**

**100% входных данных.**

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

Таблица 1 – Равномерное распределение, (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 0.018 | 1.464 | 1.473 | 1.69 | 2.391 | 2.585 | 3.227 | 3.832 | 4.368 | 4.933 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 7.244 | 7.567 | 7.969 | 9.216 | 11.011 | 11.305 | 11.312 | 12.552 | 13.007 | 13.504 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 14.53 | 14.57 | 15.433 | 15.627 | 16.91 | 17.066 | 17.624 | 18.204 | 18.83 | 19.445 |

Формула коэффициента: . Условие сходимости выполнено: .

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

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

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | **34** | 35 |
|  | 3.9949 | 3.0273 | 2.5585 | **2.2555** | 2.0349 |
|  | 2.9296 | 2.6689 | 2.4509 | **2.2658** | 2.1067 |
|  | 1.0653 | 0.3584 | 0.1076 | **0.0103** | 0.0718 |

Минимум разности достигается при . Первоначальное количество ошибок . Коэффициент .

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

Таблица 3 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для равномерного распределения (100%).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 |
| (дней) | 43.97 | 65.96 | 131.92 |

Было рассчитано время до завершения тестирования 241.86 дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

**80% входных данных.**

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

Таблица 4 – Равномерное распределение, (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | 0.499 | 1.934 | 2.071 | 3.268 | 5.93 | 6.717 | 7.578 | 8.332 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 9.105 | 9.235 | 9.627 | 9.738 | 10.199 | 11.895 | 12.899 | 13.397 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 13.409 | 13.565 | 14.277 | 14.348 | 16.165 | 16.422 | 17.808 | 18.968 |

Формула коэффициента: . Условие сходимости выполнено: .

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

Таблица 5 – Расчёт значений 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 |
|  | 2.6139 | 2.3572 | 2.1464 | 1.9702 | 1.8207 | **1.6923** | 1.5809 |
|  | 1.162 | 0.4587 | 0.208 | 0.0879 | 0.0231 | **0.014** | 0.036 |

Минимум разности достигается при . Первоначальное количество ошибок . Коэффициент .

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

Таблица 6 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для равномерного распределения (80%).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| (дней) | 29.24 | 36.55 | 48.73 | 73.09 | 146.18 |

Было рассчитано время до завершения тестирования 333.78 дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

**60% входных данных.**

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

Таблица 7 – Равномерное распределение, (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.861 | 2.238 | 2.553 | 2.565 | 2.904 | 3.543 | 4.335 | 5.056 | 5.378 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 6.293 | 8.428 | 9.843 | 10.004 | 10.994 | 15.424 | 16.384 | 17.737 | 18.67 |

Формула коэффициента: . Условие сходимости 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 |
|  | 3.019 | **2.5851** | 2.2605 |
|  | 0.4761 | **0.0374** | 0.1628 |

Минимум разности достигается при . Первоначальное количество ошибок . Коэффициент .

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

Таблица 9 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для равномерного распределения (60%).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 19 |
| (дней) | 55.4 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **Экспоненциальный закон распределения.**

**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 упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Экспоненциальное распределение, (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 1.12 | 1.177 | 1.708 | 1.887 | 2.705 | 2.837 | 3.175 | 4.432 | 5.158 | 5.344 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 6.07 | 6.992 | 7.722 | 7.853 | 9.039 | 9.289 | 9.65 | 9.65 | 10.079 | 10.272 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 11.026 | 11.30 | 12.31 | 13.056 | 15.512 | 19.038 | 20.025 | 20.025 | 20.636 | 29.565 |

Формула коэффициента: . Условие сходимости выполнено: .

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

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | **33** | 34 |
|  | 3.995 | 3.027 | **2.5585** | 2.2555 |
|  | 3.073 | 2.7875 | **2.5505** | 2.3507 |
|  | 0.922 | 0.2395 | **0.008** | 0.0952 |

Минимум разности достигается при . Первоначальное количество ошибок . Коэффициент .

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок   
, где . Результат представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для экспоненциального распределения (100%).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 |
| (дней) | 56.59 | 113.17 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

**80% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром . Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Экспоненциальное распределение, (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | 0.801 | 0.998 | 1.233 | 1.9 | 2.536 | 2.824 | 3.12 | 4.095 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 4.494 | 5.499 | 5.534 | 5.816 | 5.888 | 7.572 | 9.467 | 9.467 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 9.676 | 9.702 | 10.906 | 12.588 | 12.658 | 18.202 | 18.773 | 34.112 |

Формула коэффициента: . Условие сходимости выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Расчёт значений функций для экспоненциального распределения (80%).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | **26** | 27 |
|  | 3.776 | **2.816** | 2.354 |
|  | 3.3178 | **2.9149** | 2.5992 |
|  | 0.4582 | **0.0989** | 0.2452 |

Минимум разности достигается при . Первоначальное количество ошибок . Коэффициент 0.014732.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок   
, где . Результат представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для экспоненциального распределения (80%).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 25 |
| (дней) | 67.88 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

**60% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, распределенных по экспоненциальному закону с параметром . Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Экспоненциальное распределение, (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0.419 | 0.943 | 1.532 | 2.009 | 2.083 | 2.588 | 2.627 | 4.716 | 5.709 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 7.012 | 7.052 | 7.508 | 10.556 | 11.94 | 12.448 | 13.783 | 19.105 | 33.814 |

Формула коэффициента: . Условие сходимости выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Расчёт значений функций для экспоненциального распределения (60%).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **19** | 20 |
|  | **3.495** | 2.547 |
|  | **3.5485** | 2.9641 |
|  | **0.0535** | 0.4171 |

Минимум разности достигается при . Первоначальное количество ошибок . Коэффициент .

Условие не выполняется.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **Релеевский закон распределения.**

**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 упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Релеевское распределение, (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 3.137 | 3.862 | 3.991 | 5.254 | 5.522 | 5.566 | 6.11 | 6.208 | 6.703 | 7.12 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 7.954 | 8.416 | 9.23 | 9.638 | 9.803 | 10.625 | 10.727 | 10.919 | 11.023 | 11.038 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 12.01 | 12.33 | 13.056 | 13.535 | 14.134 | 14.961 | 17.057 | 18.116 | 18.303 | 19.208 |

Формула коэффициента: . Условие сходимости выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | **39** | 40 |
|  | 3.99 | 3.02 | 2.55 | 2.25 | 2.035 | 1.863 | 1.725 | 1.609 | **1.51** | 1.42 |
|  | 2.54 | 2.34 | 2.17 | 2.03 | 1.89 | 1.78 | 1.68 | 1.595 | **1.514** | 1.44 |
|  | 1.45 | 0.68 | 0.39 | 0.22 | 0.145 | 0.083 | 0.045 | 0.014 | **0.004** | 0.02 |

Минимум разности достигается при . Первоначальное количество ошибок . Коэффициент .

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок  
, где . Результат представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| (дней) | 25.2 | 28.8 | 33.6 | 40.4 | 50.4 | 67.2 | 100.9 | 201.8 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

**80% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 24-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром . Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Релеевское распределение, (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | 1.907 | 2.64 | 3.936 | 4.152 | 4.627 | 6.43 | 6.648 | 6.865 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 8.921 | 10.166 | 10.756 | 11.831 | 12.044 | 12.044 | 12.928 | 13.756 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 14.768 | 15.638 | 15.778 | 17.021 | 17.397 | 21.614 | 22.237 | 23.007 |

Формула коэффициента: . Условие сходимости выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 3.776 | 2.816 | 2.354 | 2.058 | 1.844 | 1.678 |
|  | 2.692 | 2.42 | 2.198 | 2.014 | 1.858 | 1.725 |
|  | 1.084 | 0.396 | 0.156 | 0.044 | 0.013 | 0.047 |

Минимум разности достигается при . Первоначальное количество ошибок . Коэффициент .

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок   
, где . Результат представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (80%).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 |
| (дней) | 37.28 | 49.7 | 74.56 | 149.1 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

**60% входных данных.**

Был сгенерирован массив из 18-ти элементов, распределенных по релеевскому закону с параметром . Массив был упорядочен по возрастанию. Результаты представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Релеевское распределение, (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 1.608 | 2.372 | 3.246 | 3.495 | 5.625 | 6.662 | 6.662 | 7.346 | 8.509 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 10.294 | 11.846 | 12.295 | 13.019 | 14.048 | 14.112 | 15.992 | 16.985 | 18.256 |

Формула коэффициента: . Условие сходимости выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (60%).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 | 21 | **22** | 23 |
|  | 3.495 | 2.548 | 2.098 | **1.812** | 1.607 |
|  | 2.666 | 2.322 | 2.057 | **1.846** | 1.674 |
|  | 0.829 | 0.226 | 0.041 | **0.034** | 0.067 |

Минимум разности достигается при . Первоначальное количество ошибок . Коэффициент .

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок , где . Результат представлен в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (60%).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 | 21 |
| (дней) | 31.11 | 46.67 | 93.34 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней.

Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **Результаты расчетов.**

В таблицах 27 и 28 представлены сводные результаты оценки первоначального числа ошибок и полного времени проведения тестирования соответственно.

Таблица 27 – Оценка первоначального числа ошибок.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Входные данные, % | Распределение | | |
| Равномерное | Экспоненциальное | Релеевское |
| 30 | 100 | 33 | 32 | 38 |
| 24 | 80 | 29 | 25 | 28 |
| 18 | 60 | 19 | 18 | 21 |

Таблица 28 – Оценка полного времени проведения тестирования.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Входные данные, % | Распределение | | |
| Равномерное | Экспоненциальное | Релеевское |
| 30 | 100 | 540.8 | 458.4 | 853.9 |
| 24 | 80 | 581.2 | 265.7 | 587.8 |
| 18 | 60 | 198.6 | 145.8 | 343.5 |

Результаты при экспоненциальном распределении ниже, чем при равномерном или релеевском. Это связано с тем, что модель Джелинского-Моранды основана на предположении о том, что время до следующего отказа программы распределено экспоненциально. Относительно релеевского распределения, равномерное показывает лучшие результаты.

# Выводы.

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

Как можно отметить, исходя из результатов исследования, лучшие результаты показал экспоненциальный закон распределения, что подтверждает предположению модели Джелински-Морданы о том, что время до следующего отказа программы распределено экспоненциально.