**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 |  | Мухин А. М. |
| 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 |
|  | 2.518 | 2.644 | 2.788 | 3.09 | 3.438 | 3.703 | 4.43 | 5.4 | 6.038 | 6.719 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 7.717 | 9.562 | 9.853 | 11.376 | 11.636 | 11.951 | 12.85 | 13.297 | 14.701 | 14.716 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 14.77 | 14.845 | 16.185 | 16.762 | 17.624 | 18.118 | 18.85 | 19.014 | 19.101 | 19.863 |

Был вычислен коэффициент: . Условие 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 | **36** | 37 |
|  | 3.9949 | 3.0273 | 2.5585 | 2.2555 | 2.0348 | **1.8634** | 1.7245 |
|  | 2.72 | 2.494 | 2.302 | 2.1386 | 1.9963 | **1.8717** | 1.7618 |
|  | 1.2749 | 0.5333 | 0.2535 | 0.1169 | 0.0385 | **0.0083** | 0.0373 |

Минимум разности достигается при . Следовательно, первоначальное количество ошибок . Был вычислен 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 | 34 | 35 |
| (дней) | 35.64 | 44.55 | 59.4 | 89.1 | 178.2 |

Было рассчитано время до завершения тестирования 406.9 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 |
|  | 1.789 | 2.822 | 5.018 | 5.123 | 5.133 | 7.597 | 8.667 | 8.685 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 9.592 | 11.317 | 11.677 | 11.808 | 12.238 | 12.253 | 12.673 | 12.713 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 12.998 | 14.106 | 14.905 | 15.753 | 16.039 | 17.007 | 17.443 | 19.55 |

Был вычислен коэффициент: . Условие 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 | 32 | 33 |
|  | 3.776 | 2.816 | 2.3544 | 2.058 | 1.843 | 1.678 | 1.544 | 1.434 | 1.34 |
|  | 2.483 | 2.25 | 2.057 | 1.895 | 1.756 | 1.636 | 1.532 | 1.44 | 1.358 |
|  | 1.293 | 0.566 | 0.2974 | 0.163 | 0.087 | 0.042 | 0.012 | 0.006 | 0.018 |

Минимум разности достигается при . Следовательно, первоначальное количество ошибок . Был вычислен 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 | 30 | 31 |
| (дней) | 26.48 | 30.9 | 37.07 | 46.34 | 61.78 | 92.67 | 185.3 |

Было рассчитано время до завершения тестирования 480.58 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 |
|  | 0.659 | 1.159 | 1.309 | 1.519 | 6.053 | 6.347 | 7.019 | 9.317 | 10.07 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 10.137 | 11.614 | 11.616 | 13.817 | 17.37 | 18.265 | 18.937 | 19.481 | 19.991 |

Был вычислен 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 |
|  | 2.881 | **2.4832** | 2.1821 |
|  | 0.6141 | **0.0645** | 0.0844 |

Минимум разности достигается при . Следовательно, первоначальное количество ошибок . Был вычислен 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) | 74.37 |

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 |
|  | 0.182 | 0.965 | 3.496 | 4.573 | 4.829 | 4.91 | 5.551 | 5.978 | 6.311 | 6.597 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 6.852 | 6.972 | 7.072 | 9.314 | 9.808 | 9.97 | 10.936 | 11.363 | 12.073 | 12.91 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 13.943 | 16.5 | 20.025 | 20.557 | 26.173 | 29.375 | 33.814 | 35.405 | 43.428 | 58.09 |

Был вычислен коэффициент: . Условие выполнено: .

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

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | **32** | 33 |
|  | 3.995 | **3.027** | 2.5585 |
|  | 3.473 | **3.113** | 2.8202 |
|  | 0.522 | **0.086** | 0.2617 |

Минимум разности достигается при . Следовательно, первоначальное количество ошибок . Был вычислен 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 |
| (дней) | 140.7 |

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 |
|  | 0.576 | 1.358 | 1.661 | 2.744 | 3.011 | 4.14 | 4.764 | 5.709 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 6.18 | 7.072 | 8.965 | 9.39 | 9.467 | 10.217 | 10.328 | 16.555 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 18.708 | 19.661 | 21.371 | 28.473 | 29.188 | 32.442 | 32.442 | 37.297 |

Был вычислен коэффициент: . Условие 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 |
|  | 3.408 | **2.984** | 2.654 |
|  | 0.368 | **0.168** | 0.3 |

Минимум разности достигается при . Следовательно, первоначальное количество ошибок . Был вычислен коэффициент  
 0.009275.

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) | 107.81 |

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 |
|  | 0.336 | 1.12 | 3.682 | 3.96 | 4.668 | 4.91 | 5.361 | 6.675 | 9.263 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 9.676 | 9.676 | 10.498 | 11.117 | 18.264 | 19.379 | 24.889 | 25.639 | 27.489 |

Был вычислен коэффициент: . Условие выполнено: .

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

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | **20** | 21 |
|  | 3.495 | **2.547** | 2.098 |
|  | 3.132 | **2.668** | 2.323 |
|  | 0.363 | **0.121** | 0.225 |

Минимум разности достигается при . Следовательно, первоначальное количество ошибок . Был вычислен коэффициент  
 .

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок   
, где . Результат представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для экспоненциального распределения (60%).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 19 |
| (дней) | 73.7 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней. 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 19.

Таблица 19 – Релеевское распределение (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 3.33 | 3.844 | 3.844 | 4.152 | 5.071 | 6.374 | 7.053 | 7.173 | 7.186 | 7.213 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 9.001 | 9.515 | 9.914 | 9.956 | 10.451 | 10.509 | 10.727 | 10.741 | 11.767 | 13.15 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 13.595 | 14.048 | 14.2 | 14.2 | 16.1 | 16.672 | 17.168 | 17.638 | 17.936 | 18.866 |

Был вычислен коэффициент: . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | **39** | 40 |
|  | 3.99 | 3.03 | 2.56 | 2.26 | 2.03 | 1.86 | 1.72 | 1.61 | **1.51** | 1.42 |
|  | 2.53 | 2.34 | 2.17 | 2.02 | 1.89 | 1.78 | 1.68 | 1.59 | **1.511** | 1.44 |
|  | 1.46 | 0.69 | 0.39 | 0.24 | 0.14 | 0.08 | 0.04 | 0.02 | **0.001** | 0.02 |

Минимум разности достигается при . Следовательно, первоначальное количество ошибок . Был вычислен коэффициент  
 .

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок  
, где . Результат представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| (дней) | 26.57 | 30.37 | 35.43 | 42.52 | 53.15 | 70.87 | 106.3 | 212.6 |

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 22.

Таблица 22 – Релеевское распределение (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | 1.134 | 2.344 | 3.137 | 3.692 | 6.77 | 7.213 | 7.585 | 9.135 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 9.365 | 9.419 | 11.038 | 11.159 | 11.467 | 11.671 | 12.244 | 12.261 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 12.711 | 13.15 | 14.048 | 14.697 | 16.539 | 18.55 | 19.582 | 29.735 |

Был вычислен коэффициент: . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 23.

Таблица 23 – 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 |
|  | 2.66 | 2.395 | 2.178 | 1.996 | **1.843** | 1.712 |
|  | 1.116 | 0.421 | 0.176 | 0.062 | **0.001** | 0.034 |

Минимум разности достигается при . Следовательно, первоначальное количество ошибок . Был вычислен коэффициент  
 .

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок   
, где . Результат представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (80%).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 |
| (дней) | 36.44 | 48.59 | 72.88 | 145.76 |

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 25.

Таблица 25 – Релеевское распределение (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 2.933 | 5.712 | 6.594 | 6.675 | 8.033 | 8.628 | 8.641 | 8.868 | 9.487 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 10.509 | 11.751 | 12.21 | 13.359 | 13.736 | 14.006 | 14.986 | 16.378 | 20.298 |

Был вычислен коэффициент: . Условие выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Расчёт значений функций для релеевского распределения (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | **25** | 26 |
|  | 3.495 | 2.548 | 2.098 | 1.812 | 1.607 | 1.451 | **1.326** | 1.223 |
|  | 2.388 | 2.108 | 1.887 | 1.708 | 1.56 | 1.436 | **1.329** | 1.238 |
|  | 1.107 | 0.44 | 0.211 | 0.104 | 0.047 | 0.015 | **0.003** | 0.015 |

Минимум разности достигается при . Следовательно, первоначальное количество ошибок . Был вычислен коэффициент  
 .

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок , где . Результат представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| (дней) | 24.17 | 29 | 36.25 | 48.33 | 72.5 | 145 |

Было рассчитано время до завершения тестирования дней. Было рассчитано общее время тестирования дней.

1. **Результаты расчетов.**

В таблицах 28 и 29 представлены сводные результаты оценки первоначального числа ошибок и полного времени проведения тестирования соответственно.

Таблица 28 – Оценка первоначального числа ошибок.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Входные данные, % | Распределение | | |
| Равномерное | Экспоненциальное | Релеевское |
| 30 | 100 | 35 | 31 | 38 |
| 24 | 80 | 31 | 25 | 28 |
| 18 | 60 | 19 | 19 | 24 |

Таблица 29 – Оценка полного времени проведения тестирования.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Входные данные, % | Распределение | | |
| Равномерное | Экспоненциальное | Релеевское |
| 30 | 100 | 740.5 | 578.7 | 899.2 |
| 24 | 80 | 747.5 | 429.5 | 572.3 |
| 18 | 60 | 259.1 | 270.3 | 548.1 |

Результаты при экспоненциальном распределении не выше, 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 при 100% и 60% входных данных.

**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.