**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 |  | Щука А. 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 |
|  | 0,195 | 0,6 | 0,82 | 1,164 | 1,758 | 1,872 | 2,982 | 3,604 | 3,761 | 4,949 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 5,662 | 6,06 | 6,96 | 7,251 | 7,551 | 9,154 | 9,729 | 10,96 | 11,08 | 11,279 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 11,453 | 14,7 | 16,502 | 17,055 | 17,787 | 18,029 | 18,385 | 18,925 | 19,165 | 19,747 |

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 |
|  | 3,9949 | 3,0273 | **2,5585** | 2,2555 |
|  | 3,1416 | 2,8438 | **2,5976** | 2,3905 |
|  | 0,8533 | 0,1835 | **0,0391** | 0,135 |

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 |
| (дней) | 53,73 | 107,46 |

Было рассчитано время до завершения тестирования 161,2 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 |
|  | 0,037 | 0,539 | 0,58 | 2,445 | 3,484 | 4,136 | 4,811 | 5,317 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 5,8 | 5,888 | 7,963 | 9,969 | 11,527 | 11,679 | 12,749 | 13,66 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 13,866 | 14,221 | 14,28 | 16,169 | 16,947 | 17,449 | 17,812 | 18,477 |

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 |
|  | 3,7759 | 2,8159 | **2,3544** | 2,0581 |
|  | 2,913 | 2,5977 | **2,344** | 2,1354 |
|  | 0,8629 | 0,2182 | **0,0104** | 0,0773 |

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 |
| (дней) | 49,02 | 98,04 |

Было рассчитано время до завершения тестирования 147,1 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 |
|  | 1,043 | 1,247 | 1,944 | 1,955 | 3,126 | 3,907 | 5,332 | 5,345 | 5,523 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 8,815 | 9,439 | 11,126 | 12,707 | 17,129 | 17,249 | 17,524 | 18,252 | 18,347 |

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 |
|  | 3,051 | **2,6088** | 2,2785 |
|  | 0,4441 | **0,0611** | 0,1808 |

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) | 61,33 |

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 |
|  | 0,151 | 0,419 | 0,629 | 0,812 | 0,921 | 0,965 | 1,567 | 1,779 | 2,485 | 2,614 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 3,595 | 4,095 | 4,894 | 5,175 | 5,656 | 6,714 | 6,792 | 7,257 | 7,423 | 9,289 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 9,862 | 9,943 | 12,006 | 12,242 | 16,451 | 16,503 | 18,202 | 22,926 | 23,969 | 45,099 |

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 |
|  | **3,995** | 3,027 |
|  | **3,9545** | 3,494 |
|  | **0,0405** | 0,467 |

Минимум разности достигается при .

Первоначальное количество ошибок .

Коэффициент .

Условие не выполняется.

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 12.

Таблица 12 – Экспоненциальное распределение, (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | 0,131 | 0,131 | 0,769 | 1,755 | 2,984 | 3,285 | 3,397 | 3,754 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 5,293 | 5,361 | 5,78 | 7,072 | 8,052 | 8,675 | 9,039 | 9,416 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 9,545 | 10,051 | 10,671 | 10,788 | 11,809 | 15,799 | 19,951 | 20,956 |

Формула коэффициента: .

Условие сходимости выполнено: .

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

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | **26** | 27 |
|  | 3,776 | **2,816** | 2,354 |
|  | 3,09 | **2,738** | 2,457 |
|  | 0,686 | **0,078** | 0,103 |

Минимум разности достигается при .

Первоначальное количество ошибок .

Коэффициент 0,01484.

Было рассчитано среднее время обнаружения следующих ошибок   
, где . Результат представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для экспоненциального распределения (80%).

|  |  |
| --- | --- |
|  | 25 |
| (дней) | 67,365 |

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 15.

Таблица 15 – Экспоненциальное распределение, (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 0,09 | 0,294 | 0,987 | 2,033 | 2,627 | 2,89 | 3,011 | 3,23 | 6,18 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 6,951 | 8,675 | 9,138 | 9,238 | 12,31 | 15,847 | 15,995 | 16,094 | 29,565 |

Формула коэффициента: .

Условие сходимости выполнено: .

Были вычислены значения функций и . Результаты расчета приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Расчёт значений функций для экспоненциального распределения (60%).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **19** | 20 |
|  | **3,495** | 2,547 |
|  | **3,498** | 2,929 |
|  | **0,003** | 0,382 |

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 17.

Таблица 17 – Релеевское распределение, (100%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  | 0,506 | 1,19 | 2,286 | 3,115 | 3,246 | 3,768 | 3,899 | 4,17 | 5,209 | 6,208 |
|  | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|  | 6,361 | 6,716 | 7,505 | 7,862 | 8,086 | 8.788 | 9,135 | 11,084 | 11,205 | 11,864 |
|  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 11,962 | 11,98 | 12,127 | 12,346 | 14,697 | 15,98 | 17,397 | 18,025 | 18,303 | 22,677 |

Формула коэффициента: .

Условие сходимости выполнено: .

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

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

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | **34** | 35 |
|  | 3,995 | 3,027 | 2,558 | **2,255** | 2,035 |
|  | 2,878 | 2,626 | 2,414 | **2,235** | 2,08 |
|  | 1,117 | 0,401 | 0,144 | **0,02** | 0,045 |

Минимум разности достигается при .

Первоначальное количество ошибок .

Коэффициент .

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

Таблица 19 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (100%).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 |
| (дней) | 41,417 | 62,126 | 124,251 |

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 20.

Таблица 20 – Релеевское распределение, (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  | 2,91 | 3,115 | 4,772 | 5,522 | 5,798 | 5,984 | 6,77 | 7,346 |
|  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|  | 7,756 | 8,948 | 9,406 | 9,501 | 9,775 | 9,831 | 9,845 | 10,265 |
|  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  | 10,654 | 11,312 | 11,929 | 11,945 | 12,346 | 12,518 | 12,783 | 28,204 |

Формула коэффициента: .

Условие сходимости выполнено: .

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

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | **31** | 32 |
|  | 3,776 | 2,816 | 2,354 | 2,058 | 1,846 | 1,68 | **1,545** | 1,434 |
|  | 2,495 | 2,26 | 2,066 | 1,902 | 1,762 | 1,64 | **1,537** | 1,444 |
|  | 1,28 | 0,556 | 2,888 | 0,156 | 0,084 | 0,04 | **0,008** | 0,01 |

Минимум разности достигается при .

Первоначальное количество ошибок .

Коэффициент .

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

Таблица 22 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (80%).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| (дней) | 24,864 | 29,837 | 37,296 | 49,728 | 74,593 | 149,185 |

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 23.

Таблица 23 – Релеевское распределение, (60%).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|  | 2,666 | 2,691 | 3,267 | 4,187 | 4,659 | 5,025 | 7,836 | 7,941 | 10,365 |
|  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|  | 10,567 | 11,848 | 12,244 | 12,553 | 13,797 | 15,136 | 16,01 | 20,22 | 21,502 |

Формула коэффициента: .

Условие сходимости выполнено: .

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

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 | **21** | 22 |
|  | 3,495 | 2,548 | **2,098** | 1,812 |
|  | 2,704 | 2,351 | **2,079** | 1,864 |
|  | 0,791 | 0,197 | **0,019** | 0,052 |

Минимум разности достигается при .

Первоначальное количество ошибок .

Коэффициент .

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

Таблица 25 – Расчет времени обнаружения следующих ошибок для релеевского распределения (60%).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 |
| (дней) | 43,88 | 87,77 |

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 | 32 | 30 | 33 |
| 24 | 80 | 26 | 25 | 30 |
| 18 | 60 | 19 | 18 | 20 |

Таблица 27 – Оценка полного времени проведения тестирования.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Входные данные, % | Распределение | | |
| Равномерное | Экспоненциальное | Релеевское |
| 30 | 100 | 440,3 | 260,4 | 505,5 |
| 24 | 80 | 376,9 | 251,8 | 594,7 |
| 18 | 60 | 221,3 | 145,1 | 314,2 |

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.