**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. 7304 |  | Субботин А.С. |
| Преподаватель |  | Ефремов М.А. |

Санкт-Петербург

2021

**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.

**Ход работы**

1. С использованием функции numpy.random.uniform модуля numpy для языка Python были сгенерированы в соответствии с равномерным законом распределения и отсортированы три массива – и использованием 100% данных, а также 80% и 60%. Результат представлен в Таблице 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| i | Равномерное  (100% данных) | Равномерное  (80% данных) | Равномерное  (60% данных) |
| 1 | 0,533 | 0,422 | 1,500 |
| 2 | 1,618 | 0,634 | 2,748 |
| 3 | 4,085 | 0,677 | 3,920 |
| 4 | 4,417 | 1,323 | 5,243 |
| 5 | 5,205 | 1,705 | 6,280 |
| 6 | 5,371 | 1,874 | 7,540 |
| 7 | 5,671 | 2,294 | 7,847 |
| 8 | 6,445 | 2,410 | 8,911 |
| 9 | 7,570 | 6,205 | 9,758 |
| 10 | 8,156 | 6,756 | 10,521 |
| 11 | 8,794 | 7,501 | 12,997 |
| 12 | 8,798 | 7,801 | 14,201 |
| 13 | 9,809 | 8,766 | 14,461 |
| 14 | 9,811 | 11,566 | 14,647 |
| 15 | 10,391 | 13,374 | 17,371 |
| 16 | 10,653 | 13,450 | 18,635 |
| 17 | 12,091 | 13,754 | 19,241 |
| 18 | 12,732 | 15,310 | 19,920 |
| 19 | 13,364 | 15,316 |  |
| 20 | 13,850 | 16,136 |  |
| 21 | 14,902 | 16,772 |  |
| 22 | 15,972 | 17,493 |  |
| 23 | 16,014 | 17,552 |  |
| 24 | 16,065 | 18,426 |  |
| 25 | 16,419 |  |  |
| 26 | 16,583 |  |  |
| 27 | 16,827 |  |  |
| 28 | 18,077 |  |  |
| 29 | 18,982 |  |  |
| 30 | 19,007 |  |  |

Таблица 1 – Равномерный закон распределения

1. Вычисления для n = 30:

Проверка существования максимума:

19,6 > 15,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, формулы представлены ниже, результаты – в Таблице 2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m | f | g | |f-g| |
| 31 | 3,994987 | 2,631655 | 1,363332 |
| 32 | 3,027245 | 2,419419 | 0,607826 |
| 33 | 2,558495 | 2,238861 | 0,319634 |
| 34 | 2,255465 | 2,083381 | 0,172084 |
| 35 | 2,034877 | 1,948094 | 0,086783 |
| 36 | 1,863448 | 1,829305 | 0,034143 |
| 37 | **1,724559** | **1,724171** | **0,000388** |
| 38 | 1,608729 | 1,630464 | 0,021735 |

Таблица 2 – Поиск минимума (равн, 100%)

Минимум при m = 37, B = m – 1 = 36

Среднее время

|  |  |
| --- | --- |
| i | X |
| 31 | 31,726612 |
| 32 | 38,071934 |
| 33 | 47,589918 |
| 34 | 63,453224 |
| 35 | 95,179836 |
| 36 | 190,35967 |

Время до полного завершения тестирования: 466,381 дней

Полное время тестирования: 794,594 дня

1. Вычисления для n = 24:

Проверка существования максимума:

17,293 > 12,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 3.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m | f | g | |f-g| |
| 25 | 3,775958 | 3,113927 | 0,662031 |
| 26 | **2,815958** | **2,756305** | **0,059653** |
| 27 | 2,354420 | 2,472364 | 0,117944 |

Таблица 3 – Поиск минимума (равн, 80%)

Минимум при m = 26, B = m – 1 = 25

Среднее время

|  |  |
| --- | --- |
| i | X |
| 25 | 78,915566 |

Время до полного завершения тестирования: 78,916 дней

Полное время тестирования: 296,431 дней

1. Вычисления для n = 18:

Проверка существования максимума:

12,192 > 9,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 4.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m | f | g | |f-g| |
| 19 | 3,495108 | 2,643844 | 0,851264 |
| 20 | 2,547740 | 2,305249 | 0,242491 |
| 21 | 2,097740 | 2,043535 | 0,054205 |
| 22 | **1,812025** | **1,835186** | **0,023161** |
| 23 | 1,607480 | 1,665392 | 0,057912 |

Таблица 4 – Поиск минимума (равн, 60%)

Минимум при m = 22, B = m – 1 = 21

Среднее время

|  |  |
| --- | --- |
| i | X |
| 19 | 35,553430 |
| 20 | 53,330145 |
| 21 | 106,660291 |

Время до полного завершения тестирования: 195,544 дней

Полное время тестирования: 391,285 день

1. С использованием функции numpy.random.exponential модуля numpy для языка Python были сгенерированы в соответствии с экспоненциальным законом распределения и отсортированы три массива – и использованием 100% данных, а также 80% и 60%. Результат представлен в Таблице 5.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| i | Экспонента  (100% данных) | Экспонента  (80% данных) | Экспонента  (60% данных) |
| 1 | 0,365 | 0,550 | 0,370 |
| 2 | 0,378 | 0,733 | 0,944 |
| 3 | 0,814 | 2,507 | 1,575 |
| 4 | 0,971 | 2,675 | 3,489 |
| 5 | 1,071 | 3,063 | 6,974 |
| 6 | 1,604 | 3,334 | 7,045 |
| 7 | 2,631 | 3,969 | 7,455 |
| 8 | 3,043 | 4,390 | 7,624 |
| 9 | 3,250 | 5,231 | 8,094 |
| 10 | 3,277 | 5,525 | 8,576 |
| 11 | 3,969 | 6,069 | 12,540 |
| 12 | 4,919 | 6,758 | 16,078 |
| 13 | 5,457 | 6,943 | 17,693 |
| 14 | 5,817 | 7,836 | 20,534 |
| 15 | 6,332 | 8,830 | 22,117 |
| 16 | 6,556 | 9,262 | 23,821 |
| 17 | 8,143 | 10,416 | 28,034 |
| 18 | 8,698 | 11,993 | 32,589 |
| 19 | 8,839 | 13,217 |  |
| 20 | 10,280 | 13,677 |  |
| 21 | 10,865 | 14,615 |  |
| 22 | 14,177 | 16,137 |  |
| 23 | 15,400 | 19,885 |  |
| 24 | 17,171 | 42,387 |  |
| 25 | 17,380 |  |  |
| 26 | 18,251 |  |  |
| 27 | 21,286 |  |  |
| 28 | 22,424 |  |  |
| 29 | 22,798 |  |  |
| 30 | 25,354 |  |  |

Таблица 5 – Экспоненциальный закон распределения

1. Вычисления для n = 30:

Проверка существования максимума:

22,431 > 15,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 6.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m | f | g | |f-g| |
| 31 | 3,99499 | 3,500899 | 0,494088 |
| 32 | **3,02725** | **3,135049** | **0,107804** |
| 33 | 2,55850 | 2,838429 | 0,279934 |

Таблица 6 – Поиск минимума (эксп, 100%)

Минимум при m = 32, B = m – 1 = 31

Среднее время

|  |  |
| --- | --- |
| i | X |
| 31 | 86,60880764 |

Время до полного завершения тестирования: 86,609 дней

Полное время тестирования: 358,132 дней

1. Вычисления для n = 24:

Проверка существования максимума:

17,743 > 12,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 7.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m | f | g | |f-g| |
| 25 | 3,77596 | 3,307018 | 0,46894 |
| 26 | **2,81596** | **2,906521** | **0,090563** |
| 27 | 2,35442 | 2,59255 | 0,238131 |

Таблица 7 – Поиск минимума (эксп, 80%)

Минимум при m = 26, B = m – 1 = 25

Среднее время

|  |  |
| --- | --- |
| i | X |
| 25 | 75,69212187 |

Время до полного завершения тестирования: 75,692 дней

Полное время тестирования: 295,693 дней

1. Вычисления для n = 18:

Проверка существования максимума:

13,275 > 9,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 8.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m | f | g | |f-g| |
| 19 | 3,49511 | 3,14433 | 0,350778 |
| 20 | **2,54774** | **2,676743** | **0,129004** |
| 21 | 2,09774 | 2,330221 | 0,232481 |

Таблица 8 – Поиск минимума (эксп, 60%)

Минимум при m = 20, B = m – 1 = 19

Среднее время

|  |  |
| --- | --- |
| i | X |
| 19 | 84,26408915 |

Время до полного завершения тестирования: 84,264 дня

Полное время тестирования: 309,817 дней

1. С использованием функции numpy.random.rayleigh модуля numpy для языка Python были сгенерированы в соответствии с релеевским законом распределения и отсортированы три массива – и использованием 100% данных, а также 80% и 60%. Результат представлен в Таблице 9.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| i | Релеевское  (100% данных) | Релеевское  (80% данных) | Релеевское  (60% данных) |
| 1 | 2,043 | 3,096 | 1,357 |
| 2 | 3,725 | 4,097 | 2,557 |
| 3 | 3,752 | 4,196 | 2,713 |
| 4 | 3,916 | 4,475 | 5,258 |
| 5 | 4,624 | 4,499 | 5,589 |
| 6 | 4,711 | 4,557 | 5,591 |
| 7 | 4,843 | 4,775 | 5,658 |
| 8 | 5,179 | 6,432 | 6,349 |
| 9 | 5,482 | 6,625 | 6,818 |
| 10 | 6,214 | 7,390 | 7,324 |
| 11 | 6,321 | 7,614 | 11,088 |
| 12 | 6,383 | 7,946 | 11,998 |
| 13 | 7,826 | 7,991 | 15,149 |
| 14 | 7,859 | 10,749 | 15,912 |
| 15 | 8,184 | 11,059 | 18,811 |
| 16 | 8,204 | 11,225 | 21,314 |
| 17 | 8,847 | 11,443 | 22,849 |
| 18 | 9,009 | 11,743 | 29,181 |
| 19 | 10,547 | 12,773 |  |
| 20 | 10,673 | 13,559 |  |
| 21 | 10,772 | 13,719 |  |
| 22 | 11,149 | 14,754 |  |
| 23 | 11,807 | 16,604 |  |
| 24 | 12,018 | 23,103 |  |
| 25 | 13,572 |  |  |
| 26 | 15,461 |  |  |
| 27 | 15,590 |  |  |
| 28 | 16,814 |  |  |
| 29 | 18,919 |  |  |
| 30 | 20,791 |  |  |

Таблица 9 – Релеевский закон распределения

1. Вычисления для n = 30:

Проверка существования максимума:

19,801 > 15,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 10.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m | f | g | |f-g| |
| 31 | 3,99499 | 2,678704 | 1,316284 |
| 32 | 3,02725 | 2,459128 | 0,568117 |
| 33 | 2,55850 | 2,272822 | 0,285673 |
| 34 | 2,25546 | 2,112758 | 0,142707 |
| 35 | 2,03488 | 1,973756 | 0,061121 |
| 36 | **1,86345** | **1,851915** | **0,011533** |
| 37 | 1,72456 | 1,744242 | 0,019683 |

Таблица 10 – Поиск минимума (рел, 100%)

Минимум при m = 36, B = m – 1 = 35

Среднее время

|  |  |
| --- | --- |
| i | X |
| 31 | 29,72402 |
| 32 | 37,15502 |
| 33 | 49,54003 |
| 34 | 74,31005 |
| 35 | 148,62010 |

Время до полного завершения тестирования: 339,349 дней

Полное время тестирования: 614,581 дней

1. Вычисления для n = 24:

Проверка существования максимума:

15,853 > 12,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 11.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m | f | g | |f-g| |
| 25 | 3,77596 | 2,623838 | 1,15212 |
| 26 | 2,81596 | 2,365253 | 0,450705 |
| 27 | 2,35442 | 2,153064 | 0,201356 |
| 28 | 2,05812 | 1,975812 | 0,082312 |
| 29 | 1,84384 | 1,825525 | 0,018313 |
| 30 | **1,67832** | **1,696484** | **0,018164** |
| 31 | 1,54499 | 1,584482 | 0,039495 |

Таблица 11 – Поиск минимума (рел, 80%)

Минимум при m = 30, B = m – 1 = 29

Среднее время

|  |  |
| --- | --- |
| i | X |
| 25 | 26,457575 |
| 26 | 33,071969 |
| 27 | 44,095958 |
| 28 | 66,143938 |
| 29 | 132,287875 |

Время до полного завершения тестирования: 302,057 дня

Полное время тестирования: 526,482 дней

1. Вычисления для n = 18:

Проверка существования максимума:

13,015 > 9,5 – условие сходимости выполнено

Поиск m, результаты в Таблице 12.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m | f | g | |f-g| |
| 19 | 3,49511 | 3,007583 | 0,487525 |
| 20 | 2,54774 | **2,576998** | **0,029258** |
| 21 | 2,09774 | 2,254263 | 0,156523 |

Таблица 12 – Поиск минимума (рел, 60%)

Минимум при m = 20, B = m – 1 = 19

Среднее время

|  |  |
| --- | --- |
| i | X |
| 19 | 75,8697613 |

Время до полного завершения тестирования: 75,87 дней

Полное время тестирования: 271,386 день

1. Результаты:

Оценка первоначального числа ошибок представлена в Таблице 13.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Равномерный | Экспоненциальный | Релеевский |
| n = 30 | 36 | **31** | 35 |
| n = 24 | 25 | **25** | 29 |
| n = 18 | 21 | **19** | 19 |

Таблица 13 – Оценка первоначального числа ошибок

Оценка полного времени проведения тестирования представлена в Таблице 14.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Равномерный | Экспоненциальный | Релеевский |
| n = 30 | 794,594 | **358,132** | 614,581 |
| n = 24 | 296,431 | **295,693** | 526,482 |
| n = 18 | 391,285 | 309,817 | **271,386** |

Таблица 14 – Оценка полного времени проведения тестирования

Экспоненциальный закон распределения показывает наилучшие результаты по двум оценкам сразу при любых входных данных (кроме времени тестирования при n = 18), так как по предположению модели Джелински-Моранды время до следующего отказа программы распределено экспоненциально.

Также можно заметить, что оценка полного времени проведения тестирования зависит от первоначального числа ошибок: так при равных В (для 80% данных) экспоненциальный и равномерный законы распределения демонстрируют близкие временные результаты, подобная ситуация и с равными В для экспоненциального и релеевского распределения (60% данных), а наихудшие показатели времени можно обнаружить в ячейках, соответствующих ячейкам с наихудшими показателями первоначального числа ошибок.

**Выводы**

В ходе выполнения данной лабораторной работы было выполнено исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок.