**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 |  | Алтухов А.Д. |
| Преподаватель |  | Ефремов М.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.

**Ход выполнения.**

**1. Равномерный закон**

**a. 100%** 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| **1** | 0,643 | **11** | 9,186 | **21** | 12,842 |
| **2** | 1,130 | **12** | 9,226 | **22** | 14,647 |
| **3** | 1,939 | **13** | 9,252 | **23** | 15,161 |
| **4** | 3,296 | **14** | 9,386 | **24** | 15,813 |
| **5** | 5,322 | **15** | 9,422 | **25** | 16,006 |
| **6** | 5,698 | **16** | 10,721 | **26** | 16,303 |
| **7** | 5,896 | **17** | 11,084 | **27** | 18,148 |
| **8** | 5,976 | **18** | 11,474 | **28** | 18,166 |
| **9** | 6,029 | **19** | 11,782 | **29** | 19,150 |
| **10** | 7,461 | **20** | 11,996 | **30** | 19,641 |

Проверка существования максимума *B*ˆ:

𝐴 > (𝑛+ 1)/2

𝐴 == 19,895

19,895> 15.5

Найдём *m*≥*n*+1:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 31 | 3,995 | 2,7015 | 1,2935 |
| 32 | 3,027 | 2,4783 | 0,5487 |
| 33 | 2,558 | 2,2892 | 0,2688 |
| 34 | 2,255 | 2,1269 | 0,1281 |
| 35 | 2,035 | 1,9861 | 0,0489 |
| **36** | **1,863** | **1,8628** | **0,0002** |
| 37 | 1,725 | 1,7539 | 0,0289 |

Минимум разности при m = 36

Первоначальное количество ошибок 𝐵 = 𝑚 − 1 = 35

K = 0,005955

Среднее время 𝑋̂𝑛+1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝒊 | **31** | **32** | **33** | **34** | **35** |
| 𝑿𝒊 | 33,584 | 41,980 | 55,974 | 83,960 | 167,921 |

Время до полного завершения тестирования: **383,419**

Полное время тестирования: **696,216**

**b. 80%** (𝒏 = 𝟐𝟒)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝒊 | 𝑿 | 𝒊 | 𝑿 | 𝒊 | 𝑿 |
| **1** | 0,038 | **9** | 7,696 | **17** | 12,239 |
| **2** | 0,676 | **10** | 7,713 | **18** | 12,519 |
| **3** | 1,135 | **11** | 9,246 | **19** | 14,718 |
| **4** | 1,958 | **12** | 9,550 | **20** | 15,318 |
| **5** | 2,609 | **13** | 10,382 | **21** | 16,461 |
| **6** | 3,458 | **14** | 10,758 | **22** | 18,068 |
| **7** | 4,256 | **15** | 12,001 | **23** | 18,104 |
| **8** | 6,709 | **16** | 12,217 | **24** | 19,757 |

Проверка существования максимума *B*ˆ:

𝐴 > (𝑛+ 1)/2

𝐴 == 16,727

16,727 > 12.5

Найдём *m*≥*n*+1:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 25 | 3,776 | 2,901 | 0,875 |
| 26 | 2,816 | 2,588 | 0,228 |
| **27** | **2,354** | **2,336** | **0,018** |
| 28 | 2,058 | 2,129 | 0,071 |

Минимум разности при m = 27

Первоначальное количество ошибок 𝐵 = 𝑚 − 1 = 26

K = 0,01027

Среднее время 𝑋̂𝑛+1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 |
|  | 48,709 | 97,418 |

Время до полного завершения тестирования: **146,128**

Полное время тестирования: **373,714**

**c. 60%** 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| **1** | 0,900 | **7** | 4,413 | **13** | 9,570 |
| **2** | 2,125 | **8** | 4,601 | **14** | 10,721 |
| **3** | 3,612 | **9** | 5,116 | **15** | 11,118 |
| **4** | 3,750 | **10** | 7,423 | **16** | 12,870 |
| **5** | 4,090 | **11** | 7,717 | **17** | 16,980 |
| **6** | 4,142 | **12** | 9,454 | **18** | 19,171 |

Проверка существования максимума *B*ˆ:

𝐴 > (𝑛+ 1)/2

𝐴 == 12,655

12,655 > 9.5

Найдём *m*≥*n*+1:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 19 | 3,495 | 2,8369 | 0,6581 |
| 20 | 2,548 | 2,4507 | 0,0973 |
| **21** | **2,098** | **2,1570** | **0,0590** |
| 22 | 1,812 | 1,9262 | 0,1142 |

Минимум разности при m = 21

Первоначальное количество ошибок 𝐵 = 𝑚 − 1 = 20

K = 0,015656223

Среднее время 𝑋̂𝑛+1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **19** | **20** |
|  | 31,936 | 63,872 |

Время до полного завершения тестирования: **95,809**

Полное время тестирования: **233,581**

**2. Экспоненциальный** **закон**

**a. 100%** 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| **1** | 0,014 | **11** | 3,933 | **21** | 7,823 |
| **2** | 0,326 | **12** | 4,023 | **22** | 9,143 |
| **3** | 0,429 | **13** | 4,436 | **23** | 11,870 |
| **4** | 0,445 | **14** | 4,488 | **24** | 12,340 |
| **5** | 1,844 | **15** | 4,643 | **25** | 13,124 |
| **6** | 2,263 | **16** | 4,809 | **26** | 18,530 |
| **7** | 2,374 | **17** | 5,760 | **27** | 20,810 |
| **8** | 3,346 | **18** | 6,089 | **28** | 21,625 |
| **9** | 3,731 | **19** | 6,715 | **29** | 25,564 |
| **10** | 3,843 | **20** | 7,098 | **30** | 34,849 |

Проверка существования максимума *B*ˆ:

𝐴 > (𝑛+ 1)/2

𝐴 == 23,047

23,047 > 15.5

Найдём *m*≥*n*+1:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| **31** | **3,995** | **3,7724** | **0,2226** |
| 32 | 3,027 | 3,3510 | 0,3240 |

Минимум разности при m = 31

Первоначальное количество ошибок 𝐵 = 𝑚 − 1 = 30

B = n, найдены все ошибки - тестирование завершено

Полное время тестирования: **246,287**

**b. 80%** (𝒏 = 𝟐𝟒)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝒊 | 𝑿 | 𝒊 | 𝑿 | 𝒊 | 𝑿 |
| **1** | 0,106 | **9** | 3,590 | **17** | 9,114 |
| **2** | 0,686 | **10** | 3,885 | **18** | 9,441 |
| **3** | 0,812 | **11** | 4,478 | **19** | 17,772 |
| **4** | 0,991 | **12** | 5,571 | **20** | 19,651 |
| **5** | 1,742 | **13** | 6,457 | **21** | 22,171 |
| **6** | 2,330 | **14** | 6,820 | **22** | 22,914 |
| **7** | 3,282 | **15** | 6,894 | **23** | 24,215 |
| **8** | 3,366 | **16** | 9,063 | **24** | 39,244 |

Проверка существования максимума *B*ˆ:

𝐴 > (𝑛+ 1)/2

𝐴 == 18,788

18,788 > 12.5

Найдём *m*≥*n*+1:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| **25** | **3,776** | **3,8634** | **0,0874** |
| 26 | 2,816 | 3,3277 | 0,5117 |

Минимум разности при m = 25

Первоначальное количество ошибок 𝐵 = 𝑚 − 1 = 24

B = n, найдены все ошибки - тестирование завершено

Полное время: **224,594**

**c. 60%** 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| **1** | 3,166 | **7** | 6,158 | **13** | 13,942 |
| **2** | 3,410 | **8** | 7,105 | **14** | 14,159 |
| **3** | 4,224 | **9** | 7,923 | **15** | 15,038 |
| **4** | 4,483 | **10** | 11,587 | **16** | 17,687 |
| **5** | 4,708 | **11** | 11,870 | **17** | 20,478 |
| **6** | 5,195 | **12** | 12,089 | **18** | 22,465 |

Проверка существования максимума *B*ˆ:

𝐴 > (𝑛+ 1)/2

𝐴 == 12,379

12,379 > 9.5

Найдём *m*≥*n*+1:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 19 | 3,495 | 2,7186 | 0,7764 |
| 20 | 2,548 | 2,3619 | 0,1861 |
| **21** | **2,098** | **2,0879** | **0,0101** |
| 22 | 1,812 | 1,8709 | 0,0589 |

Минимум разности при m = 21

Первоначальное количество ошибок 𝐵 = 𝑚 − 1 = 20

K = 0,011244217

Среднее время 𝑋̂𝑛+1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **19** | **20** |
|  | 44,467 | 88,935 |

Время до полного завершения тестирования **133,402**

Полное время: **319,088**

**3. Релеевский** **закон**

**a. 100%** 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| **1** | 2,316 | **11** | 9,147 | **21** | 14,837 |
| **2** | 2,716 | **12** | 10,036 | **22** | 15,430 |
| **3** | 3,347 | **13** | 10,327 | **23** | 16,399 |
| **4** | 4,662 | **14** | 10,571 | **24** | 16,561 |
| **5** | 5,360 | **15** | 10,764 | **25** | 16,749 |
| **6** | 5,590 | **16** | 11,652 | **26** | 16,876 |
| **7** | 7,064 | **17** | 12,630 | **27** | 17,362 |
| **8** | 7,196 | **18** | 13,943 | **28** | 18,754 |
| **9** | 7,220 | **19** | 14,017 | **29** | 20,076 |
| **10** | 7,803 | **20** | 14,580 | **30** | 23,464 |

Проверка существования максимума *B*ˆ:

𝐴 > (𝑛+ 1)/2

𝐴 == 19,527

19,527 > 15.5

Найдём *m*≥*n*+1:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 31 | 3,995 | 2,6149 | 1,3801 |
| 32 | 3,027 | 2,4053 | 0,6217 |
| 33 | 2,558 | 2,2267 | 0,3313 |
| 34 | 2,255 | 2,0729 | 0,1821 |
| 35 | 2,035 | 1,9389 | 0,0961 |
| 36 | 1,863 | 1,8212 | 0,0418 |
| **37** | **1,725** | **1,7170** | **0,0080** |
| 38 | 1,609 | 1,6240 | 0,0150 |

Минимум разности при m = 37

Первоначальное количество ошибок 𝐵 = 𝑚 − 1 = 36

K = 0,004941684

Среднее время 𝑋̂𝑛+1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝒊 | **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** |
| 𝑿𝒊 | 33,727 | 40,472 | 50,590 | 67,453 | 101,180 | 202,360 |

Время до полного завершения тестирования: **495,782**

Полное время тестирования: **843,230**

**b. 80%** (𝒏 = 𝟐𝟒)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝒊 | 𝑿 | 𝒊 | 𝑿 | 𝒊 | 𝑿 |
| **1** | 3,880 | **9** | 7,189 | **17** | 12,874 |
| **2** | 3,881 | **10** | 7,793 | **18** | 13,738 |
| **3** | 3,895 | **11** | 8,236 | **19** | 13,922 |
| **4** | 4,185 | **12** | 8,469 | **20** | 17,181 |
| **5** | 4,725 | **13** | 9,562 | **21** | 17,353 |
| **6** | 6,114 | **14** | 9,947 | **22** | 18,786 |
| **7** | 6,486 | **15** | 12,027 | **23** | 21,899 |
| **8** | 7,018 | **16** | 12,516 | **24** | 24,554 |

Проверка существования максимума *B*ˆ:

𝐴 > (𝑛+ 1)/2

𝐴 == 16,103

16,103 > 12.5

Найдём *m*≥*n*+1:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 25 | 3,776 | 2,6974 | 1,0786 |
| 26 | 2,816 | 2,4249 | 0,3911 |
| 27 | 2,354 | 2,2024 | 0,1516 |
| 28 | 2,058 | 2,0172 | 0,0408 |
| **29** | **1,844** | **1,8608** | **0,0168** |
| 30 | 1,678 | 1,7269 | 0,0489 |

Минимум разности при m = 29

Первоначальное количество ошибок 𝐵 = 𝑚 − 1 = 28

K = 0,007262308

Среднее время 𝑋̂𝑛+1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **25** | **26** | **27** | **28** |
|  | 34,424 | 45,899 | 68,849 | 137,697 |

Время до полного завершения тестирования **286,869**

Полное время: **543,101**

**c. 60%** 

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| **1** | 2,758 | **7** | 5,642 | **13** | 15,706 |
| **2** | 3,573 | **8** | 7,858 | **14** | 16,736 |
| **3** | 3,897 | **9** | 9,345 | **15** | 17,096 |
| **4** | 4,403 | **10** | 13,716 | **16** | 20,655 |
| **5** | 4,869 | **11** | 14,614 | **17** | 23,726 |
| **6** | 5,013 | **12** | 15,052 | **18** | 27,254 |

Проверка существования максимума *B*ˆ:

𝐴 > (𝑛+ 1)/2

𝐴 == 12,637

12,637 > 9.5

Найдём *m*≥*n*+1:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
| 19 | 3,495 | 2,8289 | 0,6661 |
| 20 | 2,548 | 2,4447 | 0,1033 |
| **21** | **2,098** | **2,1523** | **0,0543** |
| 22 | 1,812 | 1,9225 | 0,1105 |

Минимум разности при m = 21

Первоначальное количество ошибок 𝐵 = 𝑚 − 1 = 20

K = 0,010156792

Среднее время 𝑋̂𝑛+1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 𝒊 | **19** | **20** |
| 𝑿𝒊 | 49,228 | 98,456 |

Время до полного завершения тестирования: **147,684**

Полное время тестирования: **359,596**

**4. Итоги**

1. **Оценка первоначального числа ошибок**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Закон распределения \ кол-во данных** | 𝒏 = 𝟑𝟎 | 𝒏 = 𝟐𝟒 | 𝒏 = 𝟏𝟖 |
| **Равномерный** | 35 | 26 | 20 |
| **Экспоненциальный** | 30 | 24 | 20 |
| **Релеевский** | 36 | 28 | 20 |

1. **Оценка полного времени проведения тестирования**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Закон распределения \ кол-во данных** | 𝒏 = 𝟑𝟎 | 𝒏 = 𝟐𝟒 | 𝒏 = 𝟏𝟖 |
| **Равномерный** | 696,216 | 373,714 | 233,581 |
| **Экспоненциальный** | 246,287 | 224,594 | 319,088 |
| **Релеевский** | 843,230 | 543,101 | 359,596 |

**Выводы**

В ходе выполнения лабораторной работы были исследованы показатели надежности программ, характеризуемые моделью обнаружения ошибок Джелинского-Моранды для различных законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных. В результате было получено, что показатели для данных, сгенерированных по экспоненциальному закону распределения, являются лучшими, что объясняется предположением модели Джелинского-Моранды – время до следующего отказа программы распределено экспоненциально.