**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 |  | Нгуен К.Х. |
| Преподаватель |  | Ефремов М.А. |

Санкт-Петербург

2021

**Задание.**

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. Для проведения исследования требуется:

1. Сгенерировать массивы данных {Xi}, где Xi – случайное значение *интервала между соседними (i-1)–ой и i–ой ошибками* ( i=[1,30], также смотри примечание в п.3), в соответствии с:

А) равномерным законом распределения в интервале [0,20]; при этом cредний интервал между ошибками будет mравн = 10, СКО sравн = 20/(2\*sqrt(3)) = 5.8 .

Б) экспоненциальным законом распределения

W(y) = b\*exp(-b\*y), y>=0, c параметром b=0.1

и соответственно mэксп=sэксп= 1/b=10.

Значения случайной величины Y с экспоненциальным законом распределения с параметром «b» можно получить по значениям случайной величины t, равномерно распределенной в интервале [0,1], по формуле [1]: Y = -ln(t) / b

В) релеевским законом распределения

W(y) = (y/c^2)\*exp(-y^2/(2\*c^2)), y>=0, c параметром c=8.0 и соответственно mрел = c\*sqrt(π/2), sрел= c\*sqrt(2-π/2).

Значения случайной величины Y с релеевским законом распределения с параметром «с» можно получить по значениям случайной величины t, равномерно распределенной в интервале [0,1], по формуле [1]: Y = с \* sqrt(-2\*ln(t)).

1. Каждый из 3-х массивов {Xi} интервалов времени между соседними ошибками упорядочить по возрастанию.
2. Для каждого из 3-х массивов {Xi}оценить значение первоначального числа ошибок в программе B. При этом для каждого закона использовать 100%, 80% и 60% входных данных (то есть в массивах {Хi} использовать n = 30, 24 и 18 элементов).

*Примечание*: для каждого значения n следует генерировать и сортировать новые массивы.

1. Если B>n, оценить значения средних времен Xj , j=n+1,n+2…, n+k до обнаружения k<= 5 следующих ошибок и общее время на выполнение тестирования.
2. 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.
3. Сравнить и объяснить результаты, полученные для различных законов распределения времени между соседними отказами и различного числа используемых для анализа данных.

**Ход выполнения.**

**1. Равномерный закон**

**a. Равномерный закон распределения (100% входных данных)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | X | i | X | i | X |
| 1 | 0.366 | 11 | 6.476 | 21 | 12.583 |
| 2 | 0.977 | 12 | 6.483 | 22 | 12.736 |
| 3 | 2.484 | 13 | 7.888 | 23 | 15.057 |
| 4 | 2.742 | 14 | 8.081 | 24 | 15.970 |
| 5 | 3.496 | 15 | 8.404 | 25 | 16.637 |
| 6 | 4.162 | 16 | 9.004 | 26 | 16.705 |
| 7 | 5.853 | 17 | 10.254 | 27 | 17.302 |
| 8 | 6.376 | 18 | 10.360 | 28 | 17.325 |
| 9 | 6.419 | 19 | 10.969 | 29 | 18.297 |
| 10 | 6.461 | 20 | 11.351 | 30 | 19.508 |

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

= 19.297

=> существует конечное решение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m |  |  | | *f – g* | |
| 31 | 3.0272452 | 2.56348458 | 0.46376062 |
| 32 | 2.5584952 | 2.36168022 | 0.19681498 |
| 33 | 2.25546489 | 2.18933028 | 0.06613461 |
| **34** | **2.03487666** | **2.04042482** | **0.00554817** |
| 35 | 1.86344809 | 1.9104848 | 0.04703672 |
| 36 | 1.7245592 | 1.79610383 | 0.07154464 |

Минимум при m = 34, = m – 1 = 33

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| i | 31 | 32 | 33 |
|  | 41.051 | 61.576 | 123.153 |

Время до завершения тестирования = = 225.779 дней

Полное время тестирования = 516.505 дней

**b. Равномерный закон распределения (80% входных данных)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | X | i | X | i | X |
| 1 | 0.072 | 9 | 7.008 | 17 | 11.922 |
| 2 | 0.639 | 10 | 7.369 | 18 | 12.284 |
| 3 | 1.071 | 11 | 7.439 | 19 | 13.773 |
| 4 | 2.577 | 12 | 7.468 | 20 | 15.493 |
| 5 | 3.239 | 13 | 7.723 | 21 | 16.082 |
| 6 | 4.426 | 14 | 8.071 | 22 | 16.734 |
| 7 | 5.819 | 15 | 11.297 | 23 | 17.696 |
| 8 | 6.338 | 16 | 11.443 | 24 | 18.105 |

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

= 15.656

=> существует конечное решение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m |  |  | | *f – g* | |
| 25 | 2.81595818 | 2.5685327 | 0.2474254 |
| **26** | **2.35441972** | **2.32021789** | **0.0342018** |
| 27 | 2.05812342 | 2.11568269 | 0.0575592 |
| 28 | 1.84383771 | 1.94428708 | 0.1004493 |
| 29 | 1.67832046 | 1.79858054 | 0.1202600 |
| 30 | 1.54498713 | 1.67319023 | 0.1282031 |

Минимум при m = 26, = m – 1 = 25

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| i | 25 | 26 |
|  | 41.701 | 83.403 |

Время до завершения тестирования = 125.103 дней

Полное время тестирования = 339.192 дней

**c. Равномерный закон распределения (60% входных данных)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | X | i | X | i | X |
| 1 | 1.110, | 7 | 4.293, | 13 | 12.361, |
| 2 | 1.210, | 8 | 11.904, | 14 | 12.735, |
| 3 | 1.216, | 9 | 6.456, | 15 | 14.791, |
| 4 | 1.779, | 10 | 7.414, | 16 | 16.290, |
| 5 | 2.827, | 11 | 8.164, | 17 | 18.220, |
| 6 | 2.938, | 12 | 8.510, | 18 | 19.045 |

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

= 12.133

=> существует конечное решение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m |  |  | | *f – g* | |
| **19** | **2.54773966** | **2.6213439** | **0.07360424** |
| 20 | 2.09773966 | 2.28812392 | 0.19038426 |
| 21 | 1.81202537 | 2.030066 | 0.21804063 |
| 22 | 1.60747992 | 1.8243169 | 0.21683698 |
| 23 | 1.45095818 | 1.6564356 | 0.20547742 |
| 24 | 1.32595818 | 1.5168488 | 0.19089062 |

Минимум при m = 19, = m – 1 = 18 = n

=> найдены все ошибки – тестирование завершено.

Полное время тестирования: 151.270 дней

**2. Экспоненциальный закон**

**a. Экспоненциальный закон (100% входных данных)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | X | i | X | i | X |
| 1 | 0.160 | 11 | 2.776 | 21 | 16.341 |
| 2 | 0.323 | 12 | 2.846 | 22 | 17.111 |
| 3 | 0.658 | 13 | 3.009 | 23 | 17.516 |
| 4 | 0.790 | 14 | 4.086 | 24 | 17.902 |
| 5 | 1.309 | 15 | 5.012 | 25 | 19.146 |
| 6 | 1.421 | 16 | 5.700 | 26 | 19.981 |
| 7 | 1.633 | 17 | 7.670 | 27 | 31.447 |
| 8 | 1.938 | 18 | 8.460 | 28 | 33.535 |
| 9 | 2.054 | 19 | 12.210 | 29 | 35.165 |
| 10 | 2.059 | 20 | 13.160 | 30 | 42.249 |

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

= 22.858

=> существует конечное решение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m |  |  | | *f – g* | |
| 31 | 3.0272452 | 3.68491538 | 0.6576701 |
| 32 | 2.5584952 | 3.28180908 | 0.7233138 |
| 33 | 2.25546489 | 2.95820075 | 0.7027358 |
| 34 | 2.03487666 | 2.69268408 | 0.6578074 |
| 35 | 1.86344809 | 2.47090518 | 0.6074570 |
| **36** | **1.7245592** | **2.28287924** | **0.5583200** |

Минимум при m = 36, = m – 1 = 35

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
|  | 24.36 | 30.451 | 40.601 | 60.901 | 121.802 |

Время до завершения тестирования = 278.115 дней

Полное время тестирования = 605.782 дней

**b. Экспоненциальный закон (80% входных данных)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | X | i | X | i | X |
| 1 | 0.166 | 9 | 5.738 | 17 | 9.063 |
| 2 | 1.744 | 10 | 5.986 | 18 | 10.894 |
| 3 | 2.239 | 11 | 6.084 | 19 | 12.304 |
| 4 | 2.911 | 12 | 6.612 | 20 | 15.703 |
| 5 | 3.223 | 13 | 7.167 | 21 | 19.464 |
| 6 | 4.995 | 14 | 8.305 | 22 | 19.534 |
| 7 | 5.166 | 15 | 8.569 | 23 | 26.427 |
| 8 | 5.308 | 16 | 9.019 | 24 | 30.826 |

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

= 16.458

=> существует конечное решение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m |  |  | | *f – g* | |
| **25** | **2.81595818** | **2.80975791** | **0.0062002** |
| 26 | 2.35441972 | 2.5152853 | 0.1608655 |
| 27 | 2.05812342 | 2.27668103 | 0.2185576 |
| 28 | 1.84383771 | 2.07942338 | 0.2355856 |
| 29 | 1.67832046 | 1.9136221 | 0.2353016 |

Минимум при m = 25, = m – 1 = 24 = n => найдены все ошибки – тестирование завершено. Полное время тестирования= 227.458 дней

**c. Экспоненциальный закон (60% входных данных)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | X | i | X | i | X |
| 1 | 0.035 | 7 | 3.910 | 13 | 16.377 |
| 2 | 0.426 | 8 | 4.035 | 14 | 16.781 |
| 3 | 0.551 | 9 | 5.888 | 15 | 17.106 |
| 4 | 2.598 | 10 | 9.181 | 16 | 17.957 |
| 5 | 3.470 | 11 | 10.666 | 17 | 18.708 |
| 6 | 3.851 | 12 | 10.847 | 18 | 55.144 |

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

= 13.213

=> существует конечное решение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m |  |  | | *f – g* | |
| 19 | 2.5477396 | 3.1108313 | 0.5630916 |
| 20 | 2.0977396 | 2.6524281 | 0.5546885 |
| 21 | 1.8120253 | 2.3117720 | 0.4997467 |
| 22 | 1.6074799 | 2.0486591 | 0.4411792 |
| 23 | 1.4509581 | 1.8393182 | 0.3883600 |
| **24** | **1.3259581** | **1.6687936** | **0.3428354** |

Минимум при m = 24, = m – 1 = 23

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|  | 19.286 | 24.108 | 32.144 | 48.216 | 96.432 |

Время до завершения тестирования: = 220.186 дней

Полное время тестирования = 417.717 дней

**3. Релеевский закон**

**a. Релеевский закон (100% входных данных)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | X | i | X | i | X |
| 1 | 0.993 | 11 | 5.5031, | 21 | 10.475, |
| 2 | 1.649, | 12 | 6.170, | 22 | 13.311, |
| 3 | 1.681, | 13 | 6.704, | 23 | 13.891, |
| 4 | 3.052, | 14 | 7.010, | 24 | 16.176, |
| 5 | 3.811, | 15 | 7.508, | 25 | 16.852, |
| 6 | 4.305, | 16 | 7.666, | 26 | 17.113, |
| 7 | 4.445, | 17 | 8.966, | 27 | 18.060, |
| 8 | 4.584, | 18 | 9.045, | 28 | 19.461, |
| 9 | 4.702, | 19 | 9.425, | 29 | 23.143, |
| 10 | 5.181 | 20 | 9.430, | 30 | 25.644 |

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

= 20.073

=> существует конечное решение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m |  |  | | *f – g* | |
| 31 | 3.0272452 | 2.7456039 | 0.2816412 |
| **32** | **2.5584952** | **2.5153946** | **0.0431005** |
| 33 | 2.2554648 | 2.3208034 | 0.0653385 |
| 34 | 2.0348766 | 2.1541575 | 0.1192809 |
| 35 | 1.8634480 | 2.0098404 | 0.1463923 |
| 36 | 1.7245592 | 1.8836461 | 0.1590869 |

Минимум при m = 32, = m – 1 = 31

Время до завершения тестирования:= 94.697 дней

Полное время тестирования = 380.653 дней

**b. Релеевский закон (80% входных данных)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | X | i | X | i | X |
| 1 | 2.205, | 9 | 8.222, | 17 | 12.378, |
| 2 | 2.924, | 10 | 9.594, | 18 | 12.865, |
| 3 | 4.774, | 11 | 9.676, | 19 | 14.958, |
| 4 | 5.898, | 12 | 9.850, | 20 | 15.214, |
| 5 | 6.598, | 13 | 9.972, | 21 | 15.304, |
| 6 | 7.264, | 14 | 10.546, | 22 | 17.477, |
| 7 | 8.105, | 15 | 11.352, | 23 | 19.598, |
| 8 | 8.167, | 16 | 11.512, | 24 | 22.711 |

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

= 14.566

=> существует конечное решение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m |  |  | | *f – g* | |
| 25 | 2.81595818 | 2.30020629 | 0.51575189 |
| 26 | 2.35441972 | 2.0990311 | 0.25538862 |
| 27 | 2.05812342 | 1.93021519 | 0.12790823 |
| 28 | 1.84383771 | 1.78653221 | 0.0573055 |
| 29 | 1.67832046 | 1.6627584 | 0.01556206 |
| **30** | **1.54498713** | **1.55502386** | **0.01003673** |

Минимум при m = 30, = m – 1 = 29

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
|  | 28.818 | 36.023 | 48.030 | 72.046 | 144.092 |

Время до завершения тестирования:= 329.009 дней

Полное время тестирования = 586.173 дней

**c. Релеевский закон (60% входных данных)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | X | i | X | i | X |
| 1 | 2.043 | 7 | 5.337 | 13 | 11.327 |
| 2 | 2.409 | 8 | 5.959 | 14 | 11.895 |
| 3 | 2.880 | 9 | 9.911 | 15 | 12.469 |
| 4 | 3.771 | 10 | 10.265 | 16 | 14.358 |
| 5 | 4.455 | 11 | 10.631 | 17 | 16.303 |
| 6 | 4.474 | 12 | 11.318 | 18 | 20.750 |

Была выполнена оценка средних времён до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

= 11.397

=> существует конечное решение

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| m |  |  | | *f – g* | |
| 19 | 2.54773966 | 2.36770587 | 0.18003378 |
| **20** | **2.09773966** | **2.09246471** | **0.00527495** |
| 21 | 1.81202537 | 1.87455174 | 0.06252637 |
| 22 | 1.60747992 | 1.69774553 | 0.09026561 |
| 23 | 1.45095818 | 1.55141711 | 0.10045894 |

Минимум при m = 20, = m – 1 = 19

Время до завершения тестирования:= 59.171 дней

Полное время тестировани = 219.726 дней

**4. Полученные результаты**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Закон распределения | N=30 | N=24 | N=18 |
| Равномерный | 33 | 25 | 18 |
| Экспоненциальный | 35 | 24 | 23 |
| Релеевский | 31 | 29 | 19 |

Таблица 1 – Оценка первоначального числа ошибок

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Закон распределения | N=30 | N=24 | N=18 |
| Равномерный | 516.505 | 339.192 | 151.270 |
| Экспоненциальный | 605.782 | 227.458 | 417.717 |
| Релеевский | 380.653 | 586.173 | 219.726 |

Таблица 2 – Оценка полного времени проведения тестирования (дней)

**Выводы**

В ходе выполнения лабораторной работы были исследованы показатели надёжности программ, характеризуемые моделью обнаружения ошибок Джелинского-Моранды для различных законов распределения времён обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных.