**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. 8303 |  | Гришин К. И. |
| Преподаватель |  | Кирьянчиков В. А. |

Санкт-Петербург

2022

# Цель работы

Исследовать показатели надёжности программ, характеризуемые моделью обнаружения ошибок Джелинского-Моранды для различных законов распределения времён обнаружения отказов и различного числа используемых для анализа данных.

# Задание

1. Сгенерировать массивы данных с различным распределением , где – случайное значение *интервала между соседними (i-1) – ой и i – ой ошибками*.
2. 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 , и элементов).
3. Если , оценить значения средних времен , до обнаружения следующих ошибок и общее время на выполнение тестирования.
4. Сравнить и объяснить результаты, полученные для различных законов распределения времени между соседними отказами и различного числа используемых для анализа данных.

# Ход выполнения

## Равномерное распределение

Сгенерирован массив в соответствии с равномерным законом распределения (табл. 1). Размера массива 30, т.е. использовалось 100% данных.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| ***1*** | 0.089 | ***11*** | 5.672 | ***21*** | 14.679 |
| ***2*** | 0.695 | ***12*** | 6.718 | ***22*** | 15.767 |
| ***3*** | 1.318 | ***13*** | 8.348 | ***23*** | 16.283 |
| ***4*** | 1.973 | ***14*** | 8.867 | ***24*** | 16.430 |
| ***5*** | 2.641 | ***15*** | 10.385 | ***25*** | 16.925 |
| ***6*** | 3.437 | ***16*** | 10.425 | ***26*** | 17.491 |
| ***7*** | 4.120 | ***17*** | 11.372 | ***27*** | 18.329 |
| ***8*** | 5.290 | ***18*** | 11.483 | ***28*** | 18.795 |
| ***9*** | 5.321 | ***19*** | 11.613 | ***29*** | 19.395 |
| ***10*** | 5.557 | ***20*** | 14.312 | ***30*** | 19.547 |

Таблица . Равномерно распределенный массив размера 30.

Выполнена оценка средних времен до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

Значения функций и , а также разность функций представлены в таблице 2.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***31*** | 3.995 | 2.932 | 1.063 |
| ***32*** | 3.027 | 2.671 | 0.356 |
| ***33*** | 2.558 | 2.453 | 0.106 |
| ***34*** | 2.255 | 2.267 | 0.012 |
| ***35*** | 2.035 | 2.108 | 0.073 |
| ***36*** | 1.863 | 1.970 | 0.106 |

Таблица . Значения функций и для массива размером 30

Минимальный модуль разности при , т.е.

Среднее время для обнаружения ошибки отображено в таблице 3.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 |
|  | 44.586 | 66.879 | 133.757 |

Таблица . Среднее время обнаружения ошибок для 100% данных.

Полное время тестирования:

Сгенерирован массив в соответствии с равномерным законом распределения (табл. 4). Размера массива 24, т.е. использовалось 80% данных.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| ***1*** | 0.767 | ***9*** | 4.482 | ***17*** | 10.861 |
| ***2*** | 1.471 | ***10*** | 5.174 | ***18*** | 11.058 |
| ***3*** | 1.906 | ***11*** | 6.259 | ***19*** | 12.839 |
| ***4*** | 2.038 | ***12*** | 6.313 | ***20*** | 15.751 |
| ***5*** | 2.602 | ***13*** | 6.512 | ***21*** | 17.789 |
| ***6*** | 3.010 | ***14*** | 7.768 | ***22*** | 18.587 |
| ***7*** | 3.607 | ***15*** | 8.427 | ***23*** | 19.045 |
| ***8*** | 3.934 | ***16*** | 9.633 | ***24*** | 19.540 |

Таблица . Равномерно распределенный массив размера 24

Выполнена оценка средних времен до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

Значения функций и , а также разность функций представлены в таблице 5.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***25*** | 3.776 | 3.115 | 0.661 |
| ***26*** | 2.816 | 2.757 | 0.059 |
| ***27*** | 2.354 | 2.473 | 0.118 |

Таблица 5. Значения функций и для массива размером 24

Минимальный модуль разности при , т.е.

Среднее время для обнаружения ошибки отображено в таблице 6.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 25 |
|  | 72.316 |

Таблица 6. Среднее время обнаружения ошибок для 80% данных.

Полное время тестирования:

Сгенерирован массив в соответствии с равномерным законом распределения (табл. 7). Размера массива 18, т.е. использовалось 60% данных.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***1*** | 0.889 | ***7*** | 11.585 | ***13*** | 16.536 |
| ***2*** | 2.163 | ***8*** | 12.038 | ***14*** | 17.314 |
| ***3*** | 2.207 | ***9*** | 12.764 | ***15*** | 17.681 |
| ***4*** | 4.273 | ***10*** | 14.463 | ***16*** | 17.974 |
| ***5*** | 5.519 | ***11*** | 15.724 | ***17*** | 18.199 |
| ***6*** | 8.889 | ***12*** | 16.360 | ***18*** | 18.216 |

Таблица . Равномерно распределенный массив размера 18

Выполнена оценка средних времен до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

Значения функций и , а также разность функций представлены в таблице 8.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 19 | 3.495 | 2.589 | 0.906 |
| 20 | 2.548 | 2.263 | 0.285 |
| 21 | 2.098 | 2.010 | 0.087 |
| 22 | 1.812 | 1.808 | 0.004 |
| 23 | 1.607 | 1.643 | 0.036 |

Таблица 8. Значения функций и для массива размером 18

Минимальный модуль разности при , т.е.

Среднее время для обнаружения ошибки отображено в таблице 9.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 | 21 |
|  | 39.222 | 58.833 | 117.666 |

Таблица 9. Среднее время обнаружения ошибок для 60% данных.

Полное время тестирования:

## Экспоненциальное распределение

Сгенерирован массив в соответствии с экспоненциальным законом распределения (табл. 10). Размера массива 30, т.е. использовалось 100% данных.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| ***1*** | 0.279 | ***11*** | 4.687 | ***21*** | 10.958 |
| ***2*** | 0.553 | ***12*** | 5.257 | ***22*** | 12.484 |
| ***3*** | 1.657 | ***13*** | 5.350 | ***23*** | 12.921 |
| ***4*** | 1.781 | ***14*** | 5.741 | ***24*** | 14.376 |
| ***5*** | 2.339 | ***15*** | 6.889 | ***25*** | 16.312 |
| ***6*** | 2.496 | ***16*** | 7.056 | ***26*** | 21.294 |
| ***7*** | 2.731 | ***17*** | 7.156 | ***27*** | 21.610 |
| ***8*** | 3.654 | ***18*** | 7.270 | ***28*** | 22.064 |
| ***9*** | 3.667 | ***19*** | 8.424 | ***29*** | 42.063 |
| ***10*** | 4.000 | ***20*** | 10.417 | ***30*** | 42.512 |

Таблица 10. Экспоненциально распределенный массив размера 30.

Выполнена оценка средних времен до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

Значения функций и , а также разность функций представлены в таблице 11.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***31*** | 3.995 | 3.726 | 0.269 |
| ***32*** | 3.027 | 3.314 | 0.287 |
| ***33*** | 2.558 | 2.985 | 0.426 |

Таблица 11. Значения функций и для массива размером 30

Полное время тестирования:

Сгенерирован массив в соответствии с экспоненциальным законом распределения (табл. 12). Размера массива 24, т.е. использовалось 80% данных.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| ***1*** | 0.132 | ***9*** | 5.424 | ***17*** | 14.582 |
| ***2*** | 0.528 | ***10*** | 5.613 | ***18*** | 15.461 |
| ***3*** | 1.167 | ***11*** | 5.771 | ***19*** | 15.513 |
| ***4*** | 1.216 | ***12*** | 6.682 | ***20*** | 15.925 |
| ***5*** | 2.758 | ***13*** | 8.209 | ***21*** | 18.473 |
| ***6*** | 3.032 | ***14*** | 8.685 | ***22*** | 18.831 |
| ***7*** | 3.289 | ***15*** | 8.992 | ***23*** | 20.110 |
| ***8*** | 3.372 | ***16*** | 12.158 | ***24*** | 42.317 |

Таблица 12. Равномерно распределенный массив размера 24

Выполнена оценка средних времен до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

Значения функций и , а также разность функций представлены в таблице 13.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***25*** | 3.776 | 3.490 | 0.286 |
| ***26*** | 2.816 | 3.047 | 0.231 |
| ***27*** | 2.354 | 2.704 | 0.349 |

Таблица 13. Значения функций и для массива размером 24

Минимальный модуль разности при , т.е.

Среднее время для обнаружения ошибки отображено в таблице 14.

|  |  |
| --- | --- |
|  | 25 |
|  | 78.193 |

Таблица 14. Среднее время обнаружения ошибок для 80% данных.

Полное время тестирования:

Сгенерирован массив в соответствии с экспоненциальным законом распределения (табл. 15). Размера массива 18, т.е. использовалось 60% данных.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***1*** | 0.275 | ***7*** | 4.405 | ***13*** | 10.065 |
| ***2*** | 1.236 | ***8*** | 5.096 | ***14*** | 12.112 |
| ***3*** | 1.285 | ***9*** | 5.400 | ***15*** | 13.627 |
| ***4*** | 2.086 | ***10*** | 7.390 | ***16*** | 17.345 |
| ***5*** | 2.799 | ***11*** | 9.090 | ***17*** | 18.785 |
| ***6*** | 3.622 | ***12*** | 9.330 | ***18*** | 26.554 |

Таблица 15. Равномерно распределенный массив размера 18

Выполнена оценка средних времен до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

Значения функций и , а также разность функций представлены в таблице 16.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***19*** | 3.495 | 3.291 | 0.204 |
| ***20*** | 2.548 | 2.782 | 0.235 |
| ***21*** | 2.098 | 2.410 | 0.312 |

Таблица 16. Значения функций и для массива размером 18

Полное время тестирования:

## Релеевское распределение

Сгенерирован массив в соответствии с релеевским законом распределения (табл. 17). Размера массива 30, т.е. использовалось 100% данных.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| ***1*** | 1.033 | ***11*** | 6.293 | ***21*** | 9.425 |
| ***2*** | 2.743 | ***12*** | 6.759 | ***22*** | 9.803 |
| ***3*** | 3.361 | ***13*** | 6.784 | ***23*** | 10.438 |
| ***4*** | 3.407 | ***14*** | 6.886 | ***24*** | 12.092 |
| ***5*** | 3.707 | ***15*** | 7.586 | ***25*** | 13.208 |
| ***6*** | 4.457 | ***16*** | 7.626 | ***26*** | 13.238 |
| ***7*** | 4.587 | ***17*** | 7.972 | ***27*** | 13.251 |
| ***8*** | 5.221 | ***18*** | 8.561 | ***28*** | 14.172 |
| ***9*** | 5.345 | ***19*** | 8.701 | ***29*** | 16.474 |
| ***10*** | 5.920 | ***20*** | 9.013 | ***30*** | 24.145 |

Таблица 17. Массив со значениями, распределенными в соответствие с релеевским законом, размера 30.

Выполнена оценка средних времен до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

Значения функций и , а также разность функций представлены в таблице 18.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***31*** | 3.995 | 2.721 | 1.274 |
| ***32*** | 3.027 | 2.495 | 0.533 |
| ***33*** | 2.558 | 2.303 | 0.255 |
| ***34*** | 2.255 | 2.139 | 0.117 |
| ***35*** | 2.035 | 1.997 | 0.038 |
| ***36*** | 1.863 | 1.872 | 0.008 |
| ***37*** | 1.725 | 1.762 | 0.037 |

Таблица 18. Значения функций и для массива размером 30

Минимальный модуль разности при , т.е.

Среднее время для обнаружения ошибки отображено в таблице 19.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
|  | 26.946 | 33.683 | 44.910 | 67.366 | 134.731 |

Таблица 19. Среднее время обнаружения ошибок для 100% данных.

Полное время тестирования:

Сгенерирован массив в соответствии с равномерным законом распределения (табл. 20). Размера массива 24, т.е. использовалось 80% данных.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| ***1*** | 2.872 | ***9*** | 8.864 | ***17*** | 16.098 |
| ***2*** | 3.643 | ***10*** | 9.481 | ***18*** | 16.721 |
| ***3*** | 5.462 | ***11*** | 9.567 | ***19*** | 17.075 |
| ***4*** | 5.929 | ***12*** | 10.054 | ***20*** | 17.089 |
| ***5*** | 7.108 | ***13*** | 11.948 | ***21*** | 17.470 |
| ***6*** | 7.890 | ***14*** | 12.415 | ***22*** | 18.424 |
| ***7*** | 8.269 | ***15*** | 12.444 | ***23*** | 19.525 |
| ***8*** | 8.379 | ***16*** | 14.374 | ***24*** | 21.947 |

Таблица 20. Равномерно распределенный массив размера 24

Выполнена оценка средних времен до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

Значения функций и , а также разность функций представлены в таблице 21.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***25*** | 3.776 | 2.532 | 1.244 |
| ***26*** | 2.816 | 2.290 | 0.526 |
| ***27*** | 2.354 | 2.091 | 0.264 |
| ***28*** | 2.058 | 1.923 | 0.135 |
| ***29*** | 1.844 | 1.781 | 0.063 |
| ***30*** | 1.678 | 1.658 | 0.021 |
| ***31*** | 1.545 | 1.550 | 0.005 |
| ***32*** | 1.434 | 1.456 | 0.022 |

Таблица 21. Значения функций и для массива размером 24

Минимальный модуль разности при , т.е.

Среднее время для обнаружения ошибки отображено в таблице 22.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|  | 30.426 | 36.511 | 45.639 | 60.852 | 91.278 | 182.556 |

Таблица 22. Среднее время обнаружения ошибок для 80% данных.

Полное время тестирования:

Сгенерирован массив в соответствии с равномерным законом распределения (табл. 23). Размера массива 18, т.е. использовалось 60% данных.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***1*** | 3.429 | ***7*** | 8.543 | ***13*** | 12.774 |
| ***2*** | 3.753 | ***8*** | 9.269 | ***14*** | 14.943 |
| ***3*** | 4.433 | ***9*** | 9.435 | ***15*** | 15.268 |
| ***4*** | 6.517 | ***10*** | 10.271 | ***16*** | 15.282 |
| ***5*** | 6.659 | ***11*** | 11.997 | ***17*** | 15.322 |
| ***6*** | 7.145 | ***12*** | 12.207 | ***18*** | 27.653 |

Таблица 23. Равномерно распределенный массив размера 18

Выполнена оценка средних времен до завершения тестирования и полного времени тестирования для этого набора данных:

Значения функций и , а также разность функций представлены в таблице 24.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 19 | 3.495 | 2.562 | 0.934 |
| 20 | 2.548 | 2.242 | 0.305 |
| 21 | 2.098 | 1.994 | 0.104 |
| 22 | 1.812 | 1.795 | 0.017 |
| 23 | 1.607 | 1.632 | 0.025 |

Таблица 24. Значения функций и для массива размером 18

Минимальный модуль разности при , т.е.

Среднее время для обнаружения ошибки отображено в таблице 25.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 19 | 20 | 21 |
|  | 36.190 | 54.286 | 108.571 |

Таблица 25. Среднее время обнаружения ошибок для 60% данных.

Полное время тестирования:

# Вывод

Полученные результаты сведены в таблицы. Первоначальное число ошибок отображено в таблице 26, полное время тестирования в таблице 27.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Равномерное** | **Экспоненциальное** | **Релея** |
| ***18*** | 21 | 18 | 21 |
| ***24*** | 25 | 25 | 29 |
| ***30*** | 33 | 30 | 35 |

Таблица . Оценка первоначального числа ошибок.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Равномерное** | **Экспоненциальное** | **Релея** |
| ***18*** | 428.516404 | 150.501323 | 393.946677 |
| ***24*** | 271.688063 | 316.434592 | 672.954487 |
| ***30*** | 548.503837 | 307.997087 | 559.845320 |

Таблица . Оценка полного времени тестирования.

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