**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 |  | Сергеев И.Д. |
| Преподаватель |  | Ефремов М.А. |

Санкт-Петербург

2021

**Цель работы.**

Изучение параметров надежности программ по временным моделям обнаружения ошибок, в частности с использованием модели Джелински-Моранды.

**Постановка задачи.**

Необходимо 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:
   1. равномерным законом распределения в интервале [0,20]; при этом средний интервал между ошибками будет mравн = 10, СКО sравн = 20/(2\*sqrt(3)) = 5.8.
   2. экспоненциальным законом распределения W(y) = b\*exp(-b\*y), y >= 0, c параметром b = 0.1 и соответственно mэксп =sэксп = 1/b = 10.
   3. 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).
2. Каждый из 3-х массивов {Xi} интервалов времени между соседними ошибками упорядочить по возрастанию.
3. 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). Для каждого значения n следует генерировать и сортировать новые массивы.
4. 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.
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 выполнения.**

1. Равномерное распределение, n = 30:

Отсортированные сгенерированные значения в Таблице 1:

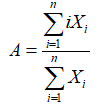
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | N | i | N | i | N |
| 1 | 0.410 | 11 | 6.741 | 21 | 13.801 |
| 2 | 0.853 | 12 | 7.331 | 22 | 13.958 |
| 3 | 1.389 | 13 | 7.506 | 23 | 14.114 |
| 4 | 1.563 | 14 | 7.736 | 24 | 15.805 |
| 5 | 2.051 | 15 | 8.636 | 25 | 16.601 |
| 6 | 2.711 | 16 | 9.656 | 26 | 17.432 |
| 7 | 3.319 | 17 | 10.369 | 27 | 17.741 |
| 8 | 5.664 | 18 | 10.757 | 28 | 17.881 |
| 9 | 6.335 | 19 | 11.525 | 29 | 17.958 |
| 10 | 6.695 | 20 | 12.079 | 30 | 19.371 |

Таблица 1: Сгенерированные значения (равномерное распределение, n = 30)

Проверка существования макисмума :



Воспользуемся следующей формулой для вычисления A:



А = 20.532 > 15.5 = (n + 1) / 2.

m ≥ n + 1, формулы для вычисления f и g:



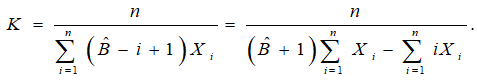
Вычисление m, f и g представлено на Таблице 2:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **m** | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| **f** | 3.995 | 3.027 | 2.558 | 2.255 | 2.035 |
| **g** | 2.851 | 2.582 | 2.395 | 2.211 | 2.062 |
| **|f – g|** | 1.144 | 0.435 | 0.143 | 0.061 | 0.023 |

Таблица 2: Вычисление m, f и g (равномерное распределение, n = 30)

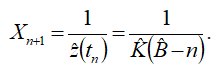
m = 34, значит  = m – 1 = 33.

Вычисление K будет происходить по формуле:



K = 0.007868.

Оценка значений средних времен Xj будет произведено по формуле:



Средние времена до обнаружения k = 3 следующих ошибок (n = 30,  = 33) представлено в Таблице 3:

|  |  |
| --- | --- |
| j | Xj |
| 31 | 39.566 |
| 32 | 56.249 |
| 33 | 133.097 |

Таблцица 3: Средние времена до обнаружения k = 3 следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 245.234

Полное время: 542.455

1. Равномерное распределение, n = 24:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 4:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | N | i | N | i | N |
| 1 | 1.365 | 9 | 7.735 | 17 | 11.258 |
| 2 | 1.795 | 10 | 7.880 | 18 | 11.453 |
| 3 | 3.746 | 11 | 8.814 | 19 | 13.193 |
| 4 | 4.101 | 12 | 9.125 | 20 | 14.083 |
| 5 | 4.690 | 13 | 9.640 | 21 | 14.686 |
| 6 | 6.090 | 14 | 9.899 | 22 | 17.029 |
| 7 | 6.666 | 15 | 10.338 | 23 | 17.561 |
| 8 | 6.780 | 16 | 10.840 | 24 | 19.688 |

Таблица 4: Сгенерированные значения (равномерное распределение, n = 24)

Проверка существования макисмума :

А = 14.14 > 12.5 = (n + 1) / 2.

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 5:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **m** | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| **f** | 3.576 | 2.505 | 2.143 | 2.169 | 1.821 | 1.742 |
| **g** | 2.743 | 2.492 | 2.215 | 2.098 | 1.878 | 1.710 |
| **|f – g|** | 1.233 | 0.543 | 0.177 | 0.051 | 0.026 | 0.032 |

Таблица 5: Вычисление m, f и g (равномерное распределение, n = 24)

m = 29, значит  = m – 1 = 28.

K = 0.004051.

Средние времена до обнаружения k = 4 следующих ошибок (n = 24,  = 28) представлено в Таблице 6:

|  |  |
| --- | --- |
| j | Xj |
| 25 | 33.282 |
| 26 | 43.635 |
| 27 | 64.342 |
| 28 | 113.117 |

Таблцица 6: Средние времена до обнаружения k = 4 следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 271.062

Полное время: 486.717

1. Равномерное распределение, n = 18:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 7:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | N | i | N | i | N |
| 1 | 0.216 | 7 | 8.286 | 13 | 17.385 |
| 2 | 1.796 | 8 | 8.972 | 14 | 17.418 |
| 3 | 2.927 | 9 | 9.694 | 15 | 17.625 |
| 4 | 3.115 | 10 | 11.276 | 16 | 17.821 |
| 5 | 6.306 | 11 | 14.266 | 17 | 18.207 |
| 6 | 7.225 | 12 | 16.668 | 18 | 19.252 |

Таблица 7: Сгенерированные значения (равномерное распределение, n = 18)

Проверка существования макисмума :

А = 11.35 > 9.5 = (n + 1) / 2.

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 8:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **m** | 19 | 20 | 21 | 22 |
| **f** | 3.695 | 2.760 | 2.078 | 1.856 |
| **g** | 2.912 | 2.577 | 2.093 | 1.837 |
| **|f – g|** | 0.763 | 0.305 | 0.025 | 0.043 |

Таблица 8: Вычисление m, f и g (равномерное распределение, n = 18)

m = 21, значит  = m – 1 = 20.

K = 0.013213.

Средние времена до обнаружения k = 2 следующих ошибок (n = 18,  = 20) представлено в Таблице 9:

|  |  |
| --- | --- |
| j | Xj |
| 19 | 49.096 |
| 20 | 97.961 |

Таблцица 9: Средние времена до обнаружения k = 2 следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 145.845

Полное время: 345.994

1. Экспоненциальное распределение, n = 30:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 10:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | N | i | N | i | N |
| 1 | 0.039 | 11 | 6.382 | 21 | 17.235 |
| 2 | 0.890 | 12 | 6.528 | 22 | 17.990 |
| 3 | 1.287 | 13 | 6.042 | 23 | 18.991 |
| 4 | 1.372 | 14 | 6.949 | 24 | 20.542 |
| 5 | 1.534 | 15 | 7.122 | 25 | 21.337 |
| 6 | 1.544 | 16 | 7.249 | 26 | 21.734 |
| 7 | 1.929 | 17 | 9.385 | 27 | 22.010 |
| 8 | 2.933 | 18 | 9.388 | 28 | 23.221 |
| 9 | 3.518 | 19 | 13.876 | 29 | 28.086 |
| 10 | 4.103 | 20 | 16.467 | 30 | 32.727 |

Таблица 10: Сгенерированные значения (экспоненциальное распределение, n = 30)

Проверка существования макисмума :

А = 23.58 > 15.5 = (n + 1) / 2.

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 11:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **m** | 31 | 32 | 33 |
| **f** | 3.917 | 3.049 | 2.570 |
| **g** | 3.494 | 3.124 | 2.842 |
| **|f – g|** | 0.545 | 0.097 | 0.284 |

Таблица 11: Вычисление m, f и g (экспоненциальное распределение, n = 30)

m = 32, значит  = m – 1 = 31.

K = 0.00947.

Средние времена до обнаружения k = 1 следующих ошибок (n = 30,  = 31) представлено в Таблице 12:

|  |  |
| --- | --- |
| j | Xj |
| 31 | 108.974 |

Таблцица 12: Средние времена до обнаружения k = 1 следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 108.974

Полное время: 441.694

1. Экспоненциальное распределение, n = 24:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 13:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | N | i | N | i | N |
| 1 | 0.416 | 9 | 3.765 | 17 | 6.835 |
| 2 | 0.903 | 10 | 3.869 | 18 | 8.779 |
| 3 | 2.326 | 11 | 4.367 | 19 | 12.840 |
| 4 | 2.500 | 12 | 4.411 | 20 | 12.957 |
| 5 | 2.925 | 13 | 5.051 | 21 | 14.309 |
| 6 | 3.101 | 14 | 5.829 | 22 | 14.518 |
| 7 | 3.265 | 15 | 6.382 | 23 | 15.147 |
| 8 | 3.421 | 16 | 6.823 | 24 | 23.706 |

Таблица 13: Сгенерированные значения (экспоненциальное распределение, n = 24)

Проверка существования макисмума :

А = 17.47 > 12.5 = (n + 1) / 2.

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 14:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **m** | 25 | 26 | 27 |
| **f** | 3.776 | 2.816 | 2.354 |
| **g** | 3.187 | 2.814 | 2.518 |
| **|f – g|** | 0.589 | 0.002 | 0.164 |

Таблица 14: Вычисление m, f и g (экспоненциальное распределение, n = 24)

m = 26, значит  = m – 1 = 25.

K = 0.016705.

Средние времена до обнаружения k = 1 следующих ошибок (n = 24,  = 25) представлено в Таблице 15:

|  |  |
| --- | --- |
| j | Xj |
| 25 | 59.862 |

Таблцица 15: Средние времена до обнаружения k = 1 следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 59.862

Полное время: 228.307

1. Экспоненциальное распределение, n = 18:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 16:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | N | i | N | i | N |
| 1 | 0.215 | 7 | 5.732 | 13 | 14.334 |
| 2 | 1.213 | 8 | 5.990 | 14 | 15.081 |
| 3 | 2.139 | 9 | 6.578 | 15 | 19.681 |
| 4 | 2.720 | 10 | 7.602 | 16 | 25.227 |
| 5 | 4.240 | 11 | 10.882 | 17 | 33.823 |
| 6 | 5.495 | 12 | 12.866 | 18 | 36.513 |

Таблица 16: Сгенерированные значения (экспоненциальное распределение, n = 18)

Проверка существования макисмума :

А = 13.79 > 9.5 = (n + 1) / 2.

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 17:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **m** | 19 | 20 |
| **f** | 3.495 | 2.548 |
| **g** | 3.455 | 2.899 |
| **|f – g|** | 0.040 | 0.351 |

Таблица 17: Вычисление m, f и g (экспоненциальное распределение, n = 18)

m = 19, значит  = m – 1 = 18.

 = n, значит время до полного завершения тестирования: 0.

Полное время: 210.331

1. Релеевское распределение, n = 30:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 18:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | N | i | N | i | N |
| 1 | 1.084 | 11 | 7.445 | 21 | 11.311 |
| 2 | 4.601 | 12 | 7.642 | 22 | 11.533 |
| 3 | 5.308 | 13 | 7.896 | 23 | 11.882 |
| 4 | 5.643 | 14 | 8.190 | 24 | 12.237 |
| 5 | 5.887 | 15 | 8.277 | 25 | 12.451 |
| 6 | 6.071 | 16 | 8.322 | 26 | 16.552 |
| 7 | 6.136 | 17 | 8.399 | 27 | 19.217 |
| 8 | 6.424 | 18 | 9.238 | 28 | 20.111 |
| 9 | 6.623 | 19 | 9.421 | 29 | 20.118 |
| 10 | 7.296 | 20 | 9.489 | 30 | 20.187 |

Таблица 18: Сгенерированные значения (релеевское распределение, n = 30)

Проверка существования макисмума :

А = 19.45 > 15.5 = (n + 1) / 2.

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 19:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **m** | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| **f** | 3.995 | 3.027 | 2.558 | 2.255 | 2.035 | 1.863 | 1.725 | 1.609 | 1.510 |
| **g** | 2.597 | 2.390 | 2.214 | 2.062 | 1.929 | 1.813 | 1.709 | 1.617 | 1.535 |
| **|f – g|** | 1.398 | 0.637 | 0.344 | 0.193 | 0.106 | 0.050 | 0.016 | 0.008 | 0.025 |

Таблица 19: Вычисление m, f и g (релеевское распределение, n = 30)

m = 38, значит  = m – 1 = 37.

K = 0.005484.

Средние времена до обнаружения k = 7 следующих ошибок (n = 30,  = 37) представлено в Таблице 20:

|  |  |
| --- | --- |
| j | Xj |
| 31 | 26.050 |
| 32 | 30.391 |
| 33 | 36.470 |
| 34 | 45.587 |
| 35 | 60.783 |
| 36 | 91.174 |
| 37 | 182.349 |

Таблцица 20: Средние времена до обнаружения k = 7 следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 472.804

Полное время: 769.985

1. Релеевское распределение, n = 24:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 21:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | N | i | N | i | N |
| 1 | 2.271 | 9 | 8.173 | 17 | 12.646 |
| 2 | 4.458 | 10 | 8.334 | 18 | 13.558 |
| 3 | 6.584 | 11 | 8.447 | 19 | 14.504 |
| 4 | 6.623 | 12 | 9.227 | 20 | 14.766 |
| 5 | 7.069 | 13 | 9.557 | 21 | 15.804 |
| 6 | 7.149 | 14 | 10.381 | 22 | 16.491 |
| 7 | 7.157 | 15 | 10.555 | 23 | 19.778 |
| 8 | 7.579 | 16 | 12.591 | 24 | 21.545 |

Таблица 21: Сгенерированные значения (релеевское распределение, n = 24)

Проверка существования макисмума :

А = 15.41 > 12.5 = (n + 1) / 2.

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 22:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **m** | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| **f** | 3.776 | 2.816 | 2.354 | 1.844 | 2.058 | 1.678 | 1.545 | 1.434 |
| **g** | 2.503 | 2.266 | 2.071 | 1.906 | 1.766 | 1.645 | 1.539 | 1.447 |
| **|f – g|** | 1.273 | 0.550 | 0.283 | 0.152 | 0.078 | 0.033 | 0.006 | 0.013 |

Таблица 22: Вычисление m, f и g (релеевское распределение, n = 24)

m = 31, значит  = m – 1 = 30.

K = 0.00603.

Средние времена до обнаружения k = 6 следующих ошибок (n = 24,  = 30) представлено в Таблице 23:

|  |  |
| --- | --- |
| j | Xj |
| 25 | 27.64 |
| 26 | 33.167 |
| 27 | 41.459 |
| 28 | 55.279 |
| 29 | 82.919 |
| 30 | 165.837 |

Таблцица 23: Средние времена до обнаружения k = 6 следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 406.301

Полное время: 663.790

1. Релеевское распределение, n = 18:

Отсортированные сгенерированные значения представлена на Таблице 24:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | N | i | N | i | N |
| 1 | 1.605 | 7 | 6.935 | 13 | 11.137 |
| 2 | 5.516 | 8 | 7.711 | 14 | 11.273 |
| 3 | 6.363 | 9 | 9.963 | 15 | 12.460 |
| 4 | 6.728 | 10 | 9.963 | 16 | 13.745 |
| 5 | 6.834 | 11 | 10.373 | 17 | 21.425 |
| 6 | 6.877 | 12 | 11.017 | 18 | 24.917 |

Таблица 24: Сгенерированные значения (релеевское распределение, n = 18)

Проверка существования макисмума :

А = 11.91 > 9.5 = (n + 1) / 2.

Вычисление m, f и g представлено на Таблице 25:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **m** | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| **f** | 3.495 | 2.548 | 2.098 | 1.812 | 1.607 | 1.451 |
| **g** | 2.539 | 2.225 | 1.980 | 1.784 | 1.623 | 1.489 |
| **|f – g|** | 0.956 | 0.323 | 0.118 | 0.028 | 0.016 | 0.038 |

Таблица 25: Вычисление m, f и g (релеевское распределение, n = 18)

m = 23, значит  = m – 1 = 22.

K = 0.008783

Средние времена до обнаружения k = 4 следующих ошибок (n = 18,  = 22) представлено в Таблице 26:

|  |  |
| --- | --- |
| j | Xj |
| 19 | 28.464 |
| 20 | 37.952 |
| 21 | 56.928 |
| 22 | 113.856 |

Таблцица 26: Средние времена до обнаружения k = 4 следующих ошибок

Время до полного завершения тестирования: 212.553

Полное время: 424.064

1. Итоги исследования:

Оценка первоначального количества ошибок представлена в Таблице 27:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Распределение** | **n = 30** | **n = 24** | **n = 18** |
| **Равномерное** | 32 | 28 | 20 |
| **Экспоненциальное** | 30 | 24 | 18 |
| **Релеевское** | 36 | 28 | 21 |

Таблица 27: Оценка первоначального количества ошибок

Оценка полного времени проведения тестирования представлена в Таблице 28:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Распределение** | **n = 30** | **n = 24** | **n = 18** |
| **Равномерное** | 542.455 | 486.717 | 345.994 |
| **Экспоненциальное** | 441.694 | 228.529 | 210.331 |
| **Релеевское** | 769.985 | 663.790 | 424.064 |

Таблица 28: Оценка полного времени проведения тестирования

**Выводы.**

В ходе выполнения лабораторной работы было выполнено исследование показателей надежности программ, характеризуемых моделью обнаружения ошибок Джелински-Моранды для 3 законов распределения времен обнаружения отказов и различного числа данных. При всех возможных n релеевское распределение имеет худшие показатели, после него по времени идёт равномерное распределение. Экспоненциальный закон распределения оказался лучшим по всем характеристикам при всех возможных n, подтверждая предположение, что «время до следующего отказа программы распределено экспоненциально».