

**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 надёжности программ по временным**  
**моделям обнаружения ошибок**

Студент гр. 7304

\_\_\_\_\_

Есиков О.И.

Преподаватель

\_\_\_\_\_

Ефремов М.А.

Санкт-Петербург

2021

### 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.

### Ход выполнения.

Был сгенерирован и отсортирован по возрастанию массив данных в соответствии с равномерным законом распределения. Было использовано 100% входных данных.

$i$	$X_i$	$i$	$X_i$	$i$	$X_i$
1	0,312	11	6,357	21	13,034
2	1,423	12	6,940	22	14,789
3	1,660	13	7,159	23	15,789
4	2,295	14	8,805	24	16,008
5	3,241	15	9,210	25	16,295
6	4,848	16	10,205	26	16,495
7	5,562	17	10,788	27	16,830
8	5,722	18	10,970	28	17,193
9	5,788	19	11,782	29	18,383
10	6,183	20	12,253	30	19,526

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 20,346$$

$$A > \frac{n+1}{2}$$

$20,346 > 15,5 \Rightarrow$  существует конечное решение

$$f(m) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{m-i}$$

$$g(m, A) = \frac{n}{m-A}$$

$m$	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f(m) - g(m, A) $
31	3,995	2,81592	1,17908
32	3,027	2,574287	0,452713
33	2,558	2,370846	0,187154
34	2,255	2,197205	0,057795
<b>35</b>	<b>2,035</b>	<b>2,047263</b>	<b>0,012263</b>
36	1,863	1,916478	0,053478

Минимум разности двух функций по модулю при  $m = 35 \Rightarrow B^{\wedge} = m - 1 = 34$

$$\check{K} = \frac{n}{(B^{\wedge} + 1) \cdot \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i \cdot X_i} = 0,00692$$

$$X^{\wedge} = \frac{1}{\check{K} \cdot (B^{\wedge} - n)}$$

$i$	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>
$X^{\wedge}_i$	36,127	48,169	72,253	144,507

Время до завершения тестирования  $= \sum_{i=31}^{34} X^{\wedge}_i = 301,056$  дней

Полное время тестирования  $= \sum_{i=1}^{30} X_i + \sum_{i=31}^{34} X^{\wedge}_i = 596,899$  дней

Был сгенерирован и отсортирован по возрастанию массив данных в соответствии с равномерным законом распределения. Было использовано 80% входных данных.

$i$	$X_i$	$i$	$X_i$	$i$	$X_i$
<b>1</b>	1,091	<b>9</b>	8,840	<b>17</b>	14,467
<b>2</b>	3,974	<b>10</b>	12,042	<b>18</b>	14,983
<b>3</b>	4,164	<b>11</b>	12,212	<b>19</b>	15,823
<b>4</b>	4,221	<b>12</b>	12,317	<b>20</b>	17,111
<b>5</b>	4,318	<b>13</b>	12,941	<b>21</b>	18,588
<b>6</b>	5,184	<b>14</b>	13,261	<b>22</b>	18,897
<b>7</b>	7,334	<b>15</b>	13,619	<b>23</b>	19,353
<b>8</b>	7,542	<b>16</b>	13,620	<b>24</b>	19,492

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 15,754$$

$15,754 > 12,5 \Rightarrow$  существует конечное решение

$m$	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f(m) - g(m, A) $
25	3,776	2,595648	1,180352
26	2,816	2,342321	0,473679
27	2,354	2,134045	0,219955
28	2,058	1,959784	0,098216
29	1,844	1,811834	0,032166
<b>30</b>	<b>1,678</b>	<b>1,684654</b>	<b>0,006654</b>
31	1,545	1,574158	0,029158

Минимум разности двух функций по модулю при  $m = 30 \Rightarrow B^{\wedge} = m - 1 = 29$

$$\check{K} = \frac{n}{(B^{\wedge} + 1) \cdot \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i \cdot X_i} = 0,006117$$

$i$	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>
$X^{\wedge}_i$	32,694	40,868	54,491	81,736	163,472

Время до завершения тестирования = 373,262 дней

Полное время тестирования = 648,656 дней

Был сгенерирован и отсортирован по возрастанию массив данных в соответствии с равномерным законом распределения. Было использовано 60% входных данных.

$i$	$X_i$	$i$	$X_i$	$i$	$X_i$
<b>1</b>	0,216	<b>7</b>	5,688	<b>13</b>	13,229
<b>2</b>	1,415	<b>8</b>	8,717	<b>14</b>	13,757
<b>3</b>	2,769	<b>9</b>	8,762	<b>15</b>	15,272
<b>4</b>	3,178	<b>10</b>	9,727	<b>16</b>	15,326
<b>5</b>	5,207	<b>11</b>	10,068	<b>17</b>	15,485
<b>6</b>	5,391	<b>12</b>	12,705	<b>18</b>	19,941

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 12,540$$

12,540 > 9,5 => существует конечное решение

<i>m</i>	<i>f(m)</i>	<i>g(m, A)</i>	<i>/f(m) - g(m, A) /</i>
19	3,495	2,78649	0,70851
20	2,548	2,412953	0,135047
<b>21</b>	<b>2,098</b>	<b>2,127725</b>	<b>0,029725</b>
22	1,812	1,902801	0,090801

Минимум разности двух функций по модулю при  $m = 21 \Rightarrow B^{\wedge} = m - 1 = 20$

$$\check{K} = \frac{n}{(B^{\wedge} + 1) \cdot \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i \cdot X_i} = 0,012752$$

<i>i</i>	<b>19</b>	<b>20</b>
$X_i^{\wedge}$	39,209	78,419

Время до завершения тестирования = 117,628 дней

Полное время тестирования = 284,483 дней

Был сгенерирован и отсортирован по возрастанию массив данных в соответствии с экспоненциальным законом распределения. Было использовано 100% входных данных.

<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>
<b>1</b>	0,167	<b>11</b>	3,449	<b>21</b>	19,939
<b>2</b>	0,230	<b>12</b>	3,820	<b>22</b>	20,340
<b>3</b>	0,270	<b>13</b>	4,499	<b>23</b>	21,018
<b>4</b>	0,566	<b>14</b>	5,645	<b>24</b>	21,755
<b>5</b>	0,871	<b>15</b>	7,065	<b>25</b>	22,548
<b>6</b>	0,879	<b>16</b>	9,102	<b>26</b>	23,041
<b>7</b>	0,955	<b>17</b>	13,665	<b>27</b>	23,697
<b>8</b>	2,293	<b>18</b>	13,700	<b>28</b>	30,907
<b>9</b>	2,606	<b>19</b>	14,223	<b>29</b>	38,003
<b>10</b>	3,141	<b>20</b>	19,550	<b>30</b>	45,814

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 23,337$$

$23,337 > 15,5 \Rightarrow$  существует конечное решение

<i>m</i>	<i>f(m)</i>	<i>g(m, A)</i>	<i> f(m) - g(m, A) </i>
<b>31</b>	<b>3,995</b>	<b>3,91505</b>	<b>0,07995</b>
32	3,027	3,463109	0,436109

Минимум разности двух функций по модулю при  $m = 31 \Rightarrow B^{\wedge} = m - 1 = 30$

$B = n \Rightarrow$  найдены все ошибки – тестирование завершено.

Полное время тестирования = 373,758 дней

Был сгенерирован и отсортирован по возрастанию массив данных в соответствии с экспоненциальным законом распределения. Было использовано 80% входных данных.

<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>
<b>1</b>	0,167	<b>11</b>	3,449	<b>21</b>	19,939
<b>2</b>	0,230	<b>12</b>	3,820	<b>22</b>	20,340
<b>3</b>	0,270	<b>13</b>	4,499	<b>23</b>	21,018
<b>4</b>	0,566	<b>14</b>	5,645	<b>24</b>	21,755
<b>5</b>	0,871	<b>15</b>	7,065	<b>25</b>	22,548
<b>6</b>	0,879	<b>16</b>	9,102	<b>26</b>	23,041
<b>7</b>	0,955	<b>17</b>	13,665	<b>27</b>	23,697
<b>8</b>	2,293	<b>18</b>	13,700	<b>28</b>	30,907

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 18,192$$

$18,192 > 12,5 \Rightarrow$  существует конечное решение

<i>m</i>	<i>f(m)</i>	<i>g(m, A)</i>	<i> f(m) - g(m, A) </i>
<b>25</b>	<b>3,776</b>	<b>3,525325</b>	<b>0,250675</b>
26	2,816	3,073817	0,257817

Минимум разности двух функций по модулю при  $m = 25 \Rightarrow B^{\wedge} = m - 1 = 24$

$B = n \Rightarrow$  найдены все ошибки – тестирование завершено.

Полное время тестирования = 271,815 дней

Был сгенерирован и отсортирован по возрастанию массив данных в соответствии с экспоненциальным законом распределения. Было использовано 60% входных данных.

$i$	$X_i$	$i$	$X_i$	$i$	$X_i$
<b>1</b>	0,292	<b>7</b>	2,553	<b>13</b>	11,740
<b>2</b>	0,992	<b>8</b>	2,739	<b>14</b>	17,298
<b>3</b>	1,408	<b>9</b>	4,651	<b>15</b>	17,838
<b>4</b>	2,379	<b>10</b>	5,035	<b>16</b>	21,555
<b>5</b>	2,391	<b>11</b>	6,948	<b>17</b>	22,012
<b>6</b>	2,504	<b>12</b>	10,975	<b>18</b>	50,659

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 14,548$$

$14,548 > 9,5 \Rightarrow$  существует конечное решение

$m$	$f(m)$	$g(m, A)$	$ f(m) - g(m, A) $
<b>19</b>	<b>3,495</b>	<b>4,043317</b>	<b>0,548317</b>
20	2,548	3,301667	0,753667

Минимум разности двух функций по модулю при  $m = 19 \Rightarrow B^{\wedge} = m - 1 = 18$

$B = n \Rightarrow$  найдены все ошибки – тестирование завершено.

Полное время тестирования = 183,969 дней

Был сгенерирован и отсортирован по возрастанию массив данных в соответствии с релеевским законом распределения. Было использовано 100% входных данных.

$i$	$X_i$	$i$	$X_i$	$i$	$X_i$
<b>1</b>	1,451	<b>11</b>	7,733	<b>21</b>	13,453
<b>2</b>	2,653	<b>12</b>	8,786	<b>22</b>	13,947

<b>3</b>	2,913	<b>13</b>	9,088	<b>23</b>	14,678
<b>4</b>	4,102	<b>14</b>	9,279	<b>24</b>	14,828
<b>5</b>	4,427	<b>15</b>	9,729	<b>25</b>	16,043
<b>6</b>	5,244	<b>16</b>	9,758	<b>26</b>	16,806
<b>7</b>	5,273	<b>17</b>	10,128	<b>27</b>	16,889
<b>8</b>	6,356	<b>18</b>	10,503	<b>28</b>	17,973
<b>9</b>	6,547	<b>19</b>	12,565	<b>29</b>	19,506
<b>10</b>	7,369	<b>20</b>	12,836	<b>30</b>	22,110

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 19,849$$

$19,849 > 15,5 \Rightarrow$  существует конечное решение

<i>m</i>	<i>f(m)</i>	<i>g(m, A)</i>	<i> f(m) - g(m, A) </i>
31	3,995	2,690378	1,304622
32	3,027	2,468963	0,558037
33	2,558	2,281221	0,276779
34	2,255	2,120014	0,134986
35	2,035	1,980087	0,054913
<b>36</b>	<b>1,863</b>	<b>1,857487</b>	<b>0,005513</b>
37	1,725	1,749184	0,024184

Минимум разности двух функций по модулю при  $m = 36 \Rightarrow B^{\wedge} = m - 1 = 35$

$$\check{K} = \frac{n}{(B^{\wedge} + 1) \cdot \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i \cdot X_i} = 0,005935$$

<i>i</i>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>35</b>
<i>X<sup>^</sup><sub>i</sub></i>	33,699	42,123	56,164	84,246	168,493

Время до завершения тестирования = 384,726 дней

Полное время тестирования = 697,699 дней

Был сгенерирован и отсортирован по возрастанию массив данных в соответствии с релеевским законом распределения. Было использовано 80% входных данных.



<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>
<b>1</b>	0,691	<b>9</b>	5,382	<b>17</b>	10,590
<b>2</b>	1,217	<b>10</b>	5,961	<b>18</b>	11,343
<b>3</b>	1,468	<b>11</b>	7,287	<b>19</b>	14,535
<b>4</b>	3,376	<b>12</b>	8,311	<b>20</b>	15,632
<b>5</b>	3,663	<b>13</b>	8,485	<b>21</b>	16,042
<b>6</b>	3,683	<b>14</b>	9,182	<b>22</b>	16,986
<b>7</b>	5,246	<b>15</b>	9,563	<b>23</b>	17,815
<b>8</b>	5,353	<b>16</b>	10,235	<b>24</b>	21,553

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 16,787$$

$16,787 > 12,5 \Rightarrow$  существует конечное решение

<i>m</i>	<i>f(m)</i>	<i>g(m, A)</i>	<i> f(m) - g(m, A) </i>
25	3,776	2,922049	0,853951
26	2,816	2,604897	0,211103
<b>27</b>	<b>2,354</b>	<b>2,34985</b>	<b>0,00415</b>
28	2,058	2,140293	0,082293

Минимум разности двух функций по модулю при  $m = 27 \Rightarrow B^{\wedge} = m - 1 = 26$

$$\check{K} = \frac{n}{(B^{\wedge} + 1) \cdot \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i \cdot X_i} = 0,011001$$

<i>i</i>	<b>25</b>	<b>26</b>
<i>X<sup>^</sup><sub>i</sub></i>	45,450	90,899

Время до завершения тестирования = 136,349 дней

Полное время тестирования = 349,948 дней

Был сгенерирован и отсортирован по возрастанию массив данных в соответствии с релеевским законом распределения. Было использовано 60% входных данных.

<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>	<i>i</i>	<i>X<sub>i</sub></i>
<b>1</b>	1,722	<b>7</b>	5,688	<b>13</b>	13,229
<b>2</b>	3,255	<b>8</b>	8,717	<b>14</b>	13,757
<b>3</b>	3,960	<b>9</b>	8,762	<b>15</b>	15,272
<b>4</b>	5,098	<b>10</b>	9,727	<b>16</b>	15,326
<b>5</b>	5,961	<b>11</b>	10,068	<b>17</b>	15,485
<b>6</b>	7,391	<b>12</b>	12,705	<b>18</b>	19,941

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

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 12,183$$

$12,183 > 9,5 \Rightarrow$  существует конечное решение

<i>m</i>	<i>f(m)</i>	<i>g(m, A)</i>	<i> f(m) - g(m, A) </i>
19	3,495	2,640557	0,854443
20	2,548	2,302749	0,245251
<b>21</b>	<b>2,098</b>	<b>2,04157</b>	<b>0,05643</b>
22	1,812	1,833602	0,021602

Минимум разности двух функций по модулю при  $m = 21 \Rightarrow B^{\wedge} = m - 1 = 20$

$$\check{K} = \frac{n}{(B^{\wedge} + 1) \cdot \sum_{i=1}^n X_i - \sum_{i=1}^n i \cdot X_i} = 0,010965$$

<i>i</i>	<b>19</b>	<b>20</b>
<i>X<sup>^</sup><sub>i</sub></i>	45,599	91,199

Время до завершения тестирования = 136,798 дней

Полное время тестирования = 322,987 дней

Полученные в результате работы результаты представлены в итоговых таблицах 1 и 2.

<b>Закон распределения</b>	<b>100% данных (n = 30)</b>	<b>80 % данных (n = 24)</b>	<b>60 % данных (n = 18)</b>
<i>Равномерный</i>	34	29	20
<i>Экспоненциальный</i>	30	24	18
<i>Релеевский</i>	35	26	20

Таблица 1 – Оценка первоначального числа ошибок

<b>Закон распределения</b>	<b>100% данных (n = 30)</b>	<b>80 % данных (n = 24)</b>	<b>60 % данных (n = 18)</b>
<i>Равномерный</i>	596,899 дней	648,656 дней	284,483 дней
<i>Экспоненциальный</i>	373,758 дней	271,815 дней	183,969 дней
<i>Релеевский</i>	697,699 дней	349,948 дней	322,987 дней

Таблица 2 – Оценка полного времени проведения тестирования

### **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. 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.