Университет ИТМО

**Лабораторная работа №1**

**по дисциплине «Моделирование»**

***Вариант 5/6***

Выполнили:

Припадчев Артём

Логунов Илья

Чурсин Никита

Санкт-Петербург

2014

**Цель работы** - исследование генераторов случайных величин, используемых в системе имитационного моделирования GPSS при построении имитационных моделей. Исследования проводятся для генераторов случайных величин со следующими законами распределений:

• равномерный;

• экспоненциальный;

• Эрланга k-го порядка.

В процессе исследований необходимо оценить качество генераторов случайных величин и выбрать из заданных генераторов наилучший.

**Ход работы**

1) Равномерное распределение.

Таблица 1. Результатыдля двух генераторов случайных величин при равномерном распределении.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **RN5** | | | | | | **RN6** | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| … - 500 | 0 | 0 | 2 | 6 | 7 | 19 | 0 | 0 | 1 | 5 | 9 | 23 |
| 500-2200 | 0 | 9 | 102 | 499 | 972 | 1942 | 1 | 7 | 99 | 483 | 989 | 1979 |
| 2200-3900 | 1 | 3 | 92 | 475 | 958 | 1898 | 2 | 14 | 104 | 475 | 952 | 1875 |
| 3900-5600 | 0 | 7 | 92 | 467 | 956 | 1937 | 0 | 7 | 90 | 508 | 1000 | 1978 |
| 5600-7300 | 2 | 9 | 86 | 494 | 958 | 1904 | 0 | 6 | 76 | 452 | 938 | 1946 |
| 7300-9000 | 1 | 8 | 86 | 472 | 934 | 1921 | 1 | 11 | 107 | 515 | 991 | 1925 |
| 9000-10700 | 0 | 10 | 87 | 480 | 989 | 1978 | 0 | 10 | 92 | 462 | 927 | 1887 |
| 10700-12400 | 1 | 7 | 85 | 469 | 994 | 2004 | 0 | 5 | 88 | 510 | 1001 | 2034 |
| 12400-14100 | 3 | 14 | 113 | 493 | 1016 | 1956 | 1 | 10 | 109 | 506 | 953 | 1892 |
| 14100-15800 | 1 | 10 | 118 | 473 | 943 | 1950 | 3 | 15 | 105 | 468 | 985 | 1988 |
| 15800-17500 | 1 | 23 | 137 | 672 | 959 | 1955 | 2 | 15 | 129 | 616 | 940 | 1950 |

Гистограмма 1. Плотность распределения теоретических и экспериментальных значений вероятностей попаданий в заданные интервалы для генератора RN5.

Гистограмма 2. Плотность распределения теоретических и экспериментальных значений вероятностей попаданий в заданные интервалы для генератора RN6.

*Гистограмма 3. Функция распределения равномерного распределения*

Таблица 2. *Сравнение значений* с полученными частотами попадания.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **RN5** | | | | | | **RN6** | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| 500-2200 | -1 | -0,1 | 0,02 | -0,002 | -0,028 | -0,029 | 0 | -0,3 | -0,01 | -0,034 | -0,011 | -0,0105 |
| 2200-3900 | 0 | -0,7 | -0,08 | -0,05 | -0,042 | -0,051 | 1 | 0,4 | 0,04 | -0,05 | -0,048 | -0,0625 |
| 3900-5600 | -1 | -0,3 | -0,08 | -0,066 | -0,044 | -0,0315 | -1 | -0,3 | -0,1 | 0,016 | 0 | -0,011 |
| 5600-7300 | 1 | -0,1 | -0,14 | -0,012 | -0,042 | -0,048 | -1 | -0,4 | -0,24 | -0,096 | -0,062 | -0,027 |
| 7300-9000 | 0 | -0,2 | -0,14 | -0,056 | -0,066 | -0,0395 | 0 | 0,1 | 0,07 | 0,03 | -0,009 | -0,0375 |
| 9000-10700 | -1 | 0 | -0,13 | -0,04 | -0,011 | -0,011 | -1 | 0 | -0,08 | -0,076 | -0,073 | -0,0565 |
| 10700-12400 | 0 | -0,3 | -0,15 | -0,062 | -0,006 | 0,002 | -1 | -0,5 | -0,12 | 0,02 | 0,001 | 0,017 |
| 12400-14100 | 2 | 0,4 | 0,13 | -0,014 | 0,016 | -0,022 | 0 | 0 | 0,09 | 0,012 | -0,047 | -0,054 |
| 14100-15800 | 0 | 0 | 0,18 | -0,054 | -0,057 | -0,025 | 2 | 0,5 | 0,05 | -0,064 | -0,015 | -0,006 |
| 15800-17500 | 0 | 1,3 | 0,37 | 0,344 | -0,041 | -0,0225 | 1 | 0,5 | 0,29 | 0,232 | -0,06 | -0,025 |

*Таблица 3.* Теоретически рассчитанные значения числовых характеристик.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Равно-мерное | **10** | **100** | **1000** | **5000** | **10000** | **20000** | **10** | **100** | **1000** | **5000** | **10000** | **20000** |
| Мат.ож. | 10790 | 10774,95 | 9536,843 | 9298,212 | 9291,2 | 9268,832 | 10793,5 | 9817,875 | 9373,41 | 9230,533 | 9239,019 | 9234,442 |
| 9000 | 0,19889 | 0,19722 | 0,05965 | 0,03313 | 0,03236 | 0,02987 | 0,19928 | 0,09088 | 0,04149 | 0,02561 | 0,02656 | 0,02605 |
| С.к.о. | 4779,056 | 5005,125 | 5172,541 | 5101,073 | 5056,595 | 5047,984 | 6183,217 | 5289,404 | 5156,172 | 5040,491 | 5074,802 | 5059,434 |
| 4907,477288 | -0,02617 | 0,01990 | 0,05401 | 0,03945 | 0,03039 | 0,02863 | 0,25996 | 0,07783 | 0,05068 | 0,02710 | 0,03410 | 0,03096 |
| К-т вар. | 0,44292 | 0,46451 | 0,54237 | 0,54861 | 0,54423 | 0,54462 | 0,57286 | 0,53875 | 0,55008 | 0,54607 | 0,54928 | 0,54789 |
| 0,545275254 | -0,18772 | -0,14811 | -0,00532 | 0,00611 | -0,00191 | -0,00120 | 0,05060 | -0,01196 | 0,00882 | 0,00145 | 0,00734 | 0,00479 |

Таблица 4. Результатыдля двух генераторов случайных величин при экспоненциальном распределении.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **RN5** | | | | | | **RN6** | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| 500-2200 | 1 | 13 | 185 | 865 | 1748 | 3534 | 2 | 13 | 164 | 850 | 1730 | 3431 |
| 2200-3900 | 1 | 12 | 146 | 709 | 1431 | 2853 | 1 | 11 | 142 | 695 | 1420 | 2794 |
| 3900-5600 | 1 | 17 | 121 | 613 | 1208 | 2341 | 1 | 9 | 101 | 597 | 1205 | 2427 |
| 5600-7300 | 1 | 9 | 87 | 498 | 959 | 1923 | 3 | 13 | 113 | 478 | 945 | 1894 |
| 7300-9000 | 1 | 8 | 70 | 391 | 764 | 1581 | 1 | 12 | 108 | 415 | 821 | 1702 |
| 9000-10700 | 0 | 9 | 85 | 343 | 642 | 1307 | 0 | 8 | 64 | 314 | 642 | 1357 |
| 10700-12400 | 0 | 4 | 50 | 275 | 575 | 1172 | 0 | 3 | 49 | 260 | 527 | 1073 |
| 12400-14100 | 1 | 3 | 36 | 223 | 470 | 873 | 0 | 3 | 49 | 222 | 440 | 885 |
| 14100-15800 | 2 | 7 | 40 | 175 | 350 | 738 | 0 | 2 | 36 | 174 | 380 | 745 |
| 15800-17500 | 0 | 2 | 29 | 154 | 329 | 660 | 0 | 2 | 32 | 179 | 323 | 629 |
| 17500 - … | 2 | 16 | 151 | 754 | 1524 | 3018 | 2 | 24 | 142 | 816 | 1567 | 3063 |

Гистограмма 3. Плотность распределения теоретических и экспериментальных значений вероятностей попаданий в заданные интервалы для генератора RN5.

Гистограмма 4. Плотность распределения теоретических и экспериментальных значений вероятностей попаданий в заданные интервалы для генератора RN6.

Таблица 5. *Сравнение значений* с полученными частотами попадания.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **RN5** | | | | | | **RN6** | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| 500 | 0,1 | 0,13 | 0,185 | 0,173 | 0,1748 | 0,1767 | 0,2 | 0,13 | 0,164 | 0,17 | 0,173 | 0,17155 |
| 2200 | 0,1 | 0,12 | 0,146 | 0,1418 | 0,1431 | 0,14265 | 0,1 | 0,11 | 0,142 | 0,139 | 0,142 | 0,1397 |
| 3900 | 0,1 | 0,17 | 0,121 | 0,1226 | 0,1208 | 0,11705 | 0,1 | 0,09 | 0,101 | 0,1194 | 0,1205 | 0,12135 |
| 5600 | 0,1 | 0,09 | 0,087 | 0,0996 | 0,0959 | 0,09615 | 0,3 | 0,13 | 0,113 | 0,0956 | 0,0945 | 0,0947 |
| 7300 | 0,1 | 0,08 | 0,07 | 0,0782 | 0,0764 | 0,07905 | 0,1 | 0,12 | 0,108 | 0,083 | 0,0821 | 0,0851 |
| 9000 | 0 | 0,09 | 0,085 | 0,0686 | 0,0642 | 0,06535 | 0 | 0,08 | 0,064 | 0,0628 | 0,0642 | 0,06785 |
| 10700 | 0 | 0,04 | 0,05 | 0,055 | 0,0575 | 0,0586 | 0 | 0,03 | 0,049 | 0,052 | 0,0527 | 0,05365 |
| 12400 | 0,1 | 0,03 | 0,036 | 0,0446 | 0,047 | 0,04365 | 0 | 0,03 | 0,049 | 0,0444 | 0,044 | 0,04425 |
| 14100 | 0,2 | 0,07 | 0,04 | 0,035 | 0,035 | 0,0369 | 0 | 0,02 | 0,036 | 0,0348 | 0,038 | 0,03725 |
| 15800 | 0 | 0,02 | 0,029 | 0,0308 | 0,0329 | 0,033 | 0 | 0,02 | 0,032 | 0,0358 | 0,0323 | 0,03145 |
| 17500 | 0,2 | 0,16 | 0,151 | 0,1508 | 0,1524 | 0,1509 | 0,2 | 0,24 | 0,142 | 0,1632 | 0,1567 | 0,15315 |

*Таблица 6.* Теоретически рассчитанные значения числовых характеристик.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Экспонен-циальное | **10** | **100** | **1000** | **5000** | **10000** | **20000** | **10** | **100** | **1000** | **5000** | **10000** | **20000** |
| Мат.ож. | 12114,258 | 9773,527 | 9386,356 | 9458,605 | 9542,896 | 9492,656 | 6595,859 | 11064,333 | 9579,534 | 9788,472 | 9665,382 | 9555,346 |
| 9000 | 0,34603 | 0,08595 | 0,04293 | 0,05096 | 0,06032 | 0,05474 | -0,26713 | 0,22937 | 0,06439 | 0,08761 | 0,07393 | 0,06171 |
| С.к.о. | 10586,181 | 8437,905 | 9227,029 | 9050,368 | 9181,326 | 9037,954 | 5052,292 | 9584,083 | 9376,302 | 9362,56 | 9355,821 | 9104,278 |
| 9000 | 0,17624 | -0,06245 | 0,02523 | 0,00560 | 0,02015 | 0,00422 | -0,43863 | 0,06490 | 0,04181 | 0,04028 | 0,03954 | 0,01159 |
| К-т вар. | 0,87386 | 0,86334 | 0,98303 | 0,95684 | 0,96211 | 0,95210 | 0,76598 | 0,86621 | 0,97878 | 0,95649 | 0,96797 | 0,95279 |
| 1 | -0,12614 | -0,13666 | -0,01697 | -0,04316 | -0,03789 | -0,04790 | -0,23402 | -0,13379 | -0,02122 | -0,04351 | -0,03203 | -0,04721 |

3) Распределение Эрланга (5 и 6 порядка)

*Таблица 7.* Теоретически рассчитанные значения числовых характеристик.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Эрланг** | **RN 5** | | | | | | **RN 6** | | | | | |
|  | **10** | **100** | **1000** | **5000** | **10000** | **20000** | **10** | **100** | **1000** | **5000** | **10000** | **20000** |
| Мат.ож. | 8934,226 | 8587,055 | 9135,966 | 9042,505 | 9054,59 | 9020,075 | 9514,9 | 9026,622 | 9196,695 | 9061,822 | 9062,606 | 9053,259 |
| 9000 | -0,00731 | -0,04588 | 0,01511 | 0,00472 | 0,00607 | 0,00223 | 0,05721 | 0,00296 | 0,02186 | 0,00687 | 0,00696 | 0,00592 |
| С.к.о. | 4129,686 | 4348,372 | 4222,929 | 4068,817 | 4081,291 | 4028,318 | 3977,18 | 3782,527 | 4232,856 | 4037,336 | 4032,57 | 4049,632 |
| 4024,92 | 0,02603 | 0,08036 | 0,04920 | 0,01091 | 0,01400 | 0,00084 | -0,01186 | -0,06022 | 0,05166 | 0,00308 | 0,00190 | 0,00614 |
| К-т вар. | 0,46223 | 0,50639 | 0,46223 | 0,44997 | 0,45074 | 0,44659 | 0,41799 | 0,41904 | 0,46026 | 0,44553 | 0,44497 | 0,44731 |
| 0,447 | 0,03358 | 0,13232 | 0,03358 | 0,00615 | 0,00789 | -0,00138 | -0,06533 | -0,06300 | 0,02917 | -0,00376 | -0,00502 | 0,00022 |
| Мат.ож. | 9612,829 | 9185,657 | 8949,826 | 8945,917 | 8980,312 | 8998,041 | 11613,766 | 9132,447 | 9134,07 | 8954,382 | 9006,473 | 8995,84 |
| 9000 | 0,06809 | 0,02063 | -0,00557 | -0,00601 | -0,00219 | -0,00022 | 0,29042 | 0,01472 | 0,01490 | -0,00507 | 0,00072 | -0,00046 |
| С.к.о. | 2732,807 | 4150,757 | 4154,801 | 4082,975 | 4040,845 | 4045,731 | 3762,548 | 4132,763 | 4146,065 | 4028,797 | 4067,408 | 4037,054 |
| 3674,23 | -0,25622 | 0,12969 | 0,13079 | 0,11125 | 0,09978 | 0,10111 | 0,02404 | 0,12480 | 0,12842 | 0,09650 | 0,10701 | 0,09875 |
| К-т вар. | 0,28429 | 0,45187 | 0,46423 | 0,45641 | 0,44997 | 0,44962 | 0,32397 | 0,45254 | 0,45391 | 0,44992 | 0,45161 | 0,44877 |
| 0,408 | -0,30364 | 0,10686 | 0,13713 | 0,11796 | 0,10219 | 0,10135 | -0,20643 | 0,10848 | 0,11185 | 0,10209 | 0,10621 | 0,09926 |

4) Выводы по работе

Точность генераторов псевдослучайных чисел RN5 и RN6 очень близка, но RN5 в целом немного точнее.