# Учебно-исследовательская работа И1

# "Исследование генераторов случайных величин"

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

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. При этом необходимо:

* оценить минимальный объем выборки случайных величин, начиная с которого статистические свойства генератора соответствуют требуемым;
* оценить соответствие характеристик генераторов (математического ожидания, среднеквадратического отклонения, коэффициента вариации) заданным законам распределения;
* оценить соответствие полученных гистограмм распределения случайных величин заданным законам распределения (только для равномерного и экспоненциального);
* обосновать и выбрать из заданных генераторов наилучший.

Результаты проводимых исследований рекомендуется представлять в форме таблиц, приведенных ниже.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Исследование генераторов случайных величин с равномерным и экспоненциальным распределениями

1) Загрузить систему имитационного моделирования GPSS World

2) Загрузить из библиотеки GPSS-моделей (папка I1\ZAKON) файл rexp.gps

3) Ознакомиться с моделью формирования случайных величин, распределенных по равномерному и экспоненциальному законам, и разобраться с назначением всех блоков модели

4) Провести исследование заданных генераторов случайных величин и заполнить табл. 1 и 2, для чего необходимо:

* а) отредактировать оператор описания таблиц TABLE, установив в соответствии с заданным вариантом значение генератора RNJ, где J - номер генератора;
* б) проверить результаты редактирования, просмотрев текст программы на экране;
* в) выполнить трансляцию модели;
* г) с использованием пунктов меню «WINDOW»/«SIMULATION WINDOW»/ «TABLE WINDOW» перейти в окно таблиц для наблюдения за изменением гистограмм равномерно и экспоненциально распределенных случайных чисел;
* д) запустить программу командой «START», указав в качестве операнда А значение 10, что соответствует 10 вырабатываемым случайным величинам;
* е) списать в табл. 1 и 2 значения математического ожидания (Mean) и среднеквадратического отклонения (S.D.) из окна таблиц для равномерного и экспоненциального распределения соответствующих гистограмм;
* ж) открыть окно отчета «REPORT» и просмотреть результаты моделирования;
* з) сохранить на диске отчет или выписать в табл. 1 и 2 число случайных величин, попавших в заданные интервалы;
* к) продолжить моделирование и повторить пункты д)-з), последовательно задавая в команде «START» число вырабатываемых случайных величин: **90, 900, 4000, 5000, 10000,** что будет соответствовать общему количеству выработанных случайных величин: 10+**90**=100; 100+**900**=1000; 1000+**4000**=5000; 5000+**5000**=10000; 10000+**10000**=20000;
* л) сохранить на диске журнал моделирования JOURNAL;
* м) перейти к пункту а) для исследования следующего датчика случайных величин в соответствии с заданным вариантом;
* н) выполнять пункты а)-л) до тех пор, пока не будут исследованы все заданные датчики;
* о) выйти из системы имитационного моделирования GPSS World.

2. Исследование генераторов случайных величин с распределением Эрланга, сформированных методом композиций

1) Загрузить систему имитационного моделирования GPSS World

2) Загрузить из библиотеки GPSS-моделей (папка I1\ZAKON) файл erlang.gps

3) Ознакомиться с моделью формирования случайных величин, распределенных по закону Эрланга, и разобраться с назначением всех блоков модели

4) По аналогии с исследованиями генераторов случайных величин с равномерными и экспоненциальными распределениями провести исследование генераторов **с**лучайных величин с распределением Эрланга в соответствии с заданием и заполнить табл. 3.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Таблицы с результатами для двух генераторов случайных величин.
2. Гистограммы распределений с изображением на них теоретически рассчитанных значений вероятностей попаданий в заданные интервалы.
3. *Сравнение этих значений* с полученными частотами попадания в эти же интервалы.
4. Теоретически рассчитанные значения числовых характеристик: математические ожидания, среднеквадратические отклонения, коэффициенты вариации для всех исследуемых генераторов и законов распределений случайных величин.
5. Сравнение рассчитанных и полученных при моделировании значений характеристик по величине относительных отклонений, рассчитываемых по формуле: (m-p)/p, где m – полученное при моделировании значение характеристики, p - расчетное значение.
6. Выводы по работе, в которых необходимо выявить:

* размер выборки (число) случайных величин, начиная с которого параметры сохраняют приемлемую стабильность;
* какой из исследуемых генераторов обеспечивает лучшую последовательность случайных величин.

### РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ФОРМЫ ТАБЛИЦ ДЛЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таблица 1

Характеристики генераторов случайных величин с равномерным распределением

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Хар-ки и интервалы | RN \_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | RN \_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| Мат.ож.=  =500 | 621 | 546.210 | 504.023 | 504.762 | 503.759 | 501.071 | 656.800 | 537.030 | 500,392 | 503,580 | 497,723 | 498,351 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| С.к.о.=  = 500/ | 184.153 | 265.511 | 292.291 | 288.623 | 291.260 | 289.486 | 235.387 | 270,446 | 293,057 | 289,247 | 290,095 | 288,813 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К-т вар.=  = 1/ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0-100 | 0 | 4 | 103 | 459 | 991 | 2001 | 1 | 7 | 105 | 508 | 1027 | 2019 |
| 100-200 | 0 | 8 | 104 | 539 | 1040 | 2020 | 0 | 9 | 97 | 468 | 1016 | 2016 |
| 200-300 | 1 | 14 | 100 | 503 | 984 | 2003 | 0 | 8 | 100 | 508 | 1025 | 2008 |
| 300-400 | 0 | 8 | 89 | 460 | 959 | 1941 | 0 | 7 | 116 | 515 | 1017 | 2036 |
| 400-500 | 0 | 5 | 100 | 489 | 964 | 2018 | 1 | 13 | 88 | 469 | 948 | 1989 |
| 500-600 | 4 | 16 | 102 | 511 | 967 | 1962 | 0 | 9 | 94 | 503 | 998 | 1960 |
| 600-700 | 1 | 11 | 82 | 531 | 1023 | 2042 | 2 | 13 | 86 | 491 | 958 | 1664 |
| 700-800 | 2 | 13 | 109 | 481 | 995 | 1939 | 4 | 14 | 106 | 522 | 1008 | 2039 |
| 800-900 | 2 | 12 | 113 | 520 | 1027 | 2067 | 2 | 11 | 101 | 505 | 995 | 1989 |
| 900-1000 | 0 | 9 | 98 | 507 | 1050 | 2001 | 0 | 9 | 107 | 511 | 1008 | 1970 |

Таблица 2

Характеристики генераторов случайных величин с экспоненциальным распределением

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Хар-ки и интервалы | RN \_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | RN \_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| Мат.ож.=  =500 | 339.881 | 467.969 | 506.172 | 499.145 | 492.690 | 493.640 | 719.795 | 622,848 | 510,533 | 499,032 | 503,812 | 499,115 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| С.к.о.=  = 500 | 361.581 | 50.105 | 487.608 | 505.027 | 497.682 | 495.500 | 641.884 | 565,295 | 504,630 | 494,678 | 501,081 | 498,732 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К-т вар.=  = 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0-100 | 2 | 23 | 166 | 900 | 1841 | 3662 | 0 | 14 | 179 | 891 | 1796 | 3645 |
| 100-200 | 3 | 18 | 157 | 741 | 1484 | 3004 | 4 | 13 | 154 | 763 | 1509 | 2913 |
| 200-300 | 1 | 13 | 122 | 631 | 1236 | 2413 | 0 | 11 | 103 | 590 | 1156 | 2358 |
| 300-400 | 1 | 7 | 95 | 511 | 1009 | 2047 | 1 | 10 | 105 | 479 | 966 | 1977 |
| 400-500 | 1 | 6 | 81 | 400 | 835 | 1663 | 0 | 3 | 82 | 420 | 833 | 1699 |
| 500-600 | 0 | 4 | 74 | 344 | 680 | 1326 | 0 | 9 | 67 | 368 | 713 | 1446 |
| 600-700 | 1 | 6 | 60 | 261 | 530 | 1062 | 0 | 5 | 61 | 279 | 545 | 1085 |
| 700-800 | 0 | 4 | 48 | 221 | 448 | 887 | 1 | 10 | 40 | 213 | 450 | 894 |
| 800-900 | 0 | 2 | 31 | 170 | 329 | 702 | 0 | 1 | 36 | 166 | 352 | 696 |
| 900-1000 | 0 | 5 | 31 | 150 | 298 | 595 | 1 | 2 | 29 | 141 | 287 | 574 |
| 1000-1100 | 0 | 2 | 21 | 105 | 229 | 470 | 0 | 3 | 23 | 127 | 252 | 477 |
| 1100-1200 | 0 | 0 | 17 | 106 | 206 | 410 | 0 | 1 | 22 | 108 | 212 | 402 |
| 1200-1300 | 1 | 3 | 22 | 94 | 184 | 340 | 1 | 6 | 20 | 96 | 190 | 351 |
| 1300-1400 | 0 | 0 | 11 | 53 | 102 | 243 | 0 | 1 | 11 | 68 | 129 | 273 |
| 1400-1500 | 0 | 1 | 10 | 57 | 104 | 203 | 1 | 1 | 12 | 56 | 114 | 210 |
| 1500-1600 | 0 | 2 | 11 | 45 | 90 | 181 | 0 | 2 | 11 | 42 | 98 | 197 |
| 1600-1700 | 0 | 1 | 7 | 29 | 63 | 140 | 0 | 1 | 9 | 38 | 76 | 140 |
| 1700-1800 | 0 | 0 | 5 | 38 | 57 | 105 | 0 | 0 | 5 | 30 | 69 | 122 |
| 1800-1900 | 0 | 0 | 2 | 25 | 50 | 111 | 1 | 4 | 8 | 23 | 43 | 95 |
| 1900-2000 | 0 | 3 | 29 | 119 | 225 | 436 | 0 | 3 | 23 | 102 | 210 | 422 |
| … |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 3

Характеристики генераторов случайных величин с распределением Эрланга

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Хар-ки и интервалы | | RN \_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | | RN \_\_\_\_\_\_\_\_ | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| k=\_\_ | Мат.ож=  = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| С.к.о.=  = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К-т вар.=  = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| k=\_\_ | Мат.ож=  = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| С.к.о.=  = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К-т вар.=  = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| k=\_\_ | Мат.ож=  = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| С.к.о.=  = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| К-т вар.=  = |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

ПРИМЕЧАНИЕ: в графы "Мат.ож.", "С.к.о.", "К-т вар." для каждого эксперимента заносятся два значения: значение соответствующей характеристики, полученное в результате моделирования, а ниже под этим значением - относительное отклонение полученного значения от расчетного значения указанной характеристики (см. пункт 5 раздела СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА).