Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет

информационных технологий, механики и оптики

Кафедра информатики и прикладной математики

**Лабораторная работа №1**

**Дисциплина «Моделирование»**

**Вариант 175/909**

**(k Эрланга = 2, 4, 5)**

**Выполнил:**

Съестов Дмитрий Вячеславович

Группа P3317

**Преподаватель:**

Муравьёва-Витковская Людмила Александровна

Санкт-Петербург

2018

Цель работыИсследование генераторов псевдослучайных величин, используемых в системе имитационного моделирования GPSS World при построении имитационных моделей. Исследования проводятся для генераторов псевдослучайных величин со следующими законами распределений:

• равномерный;  
• экспоненциальный;  
• нормированный Эрланга k-го порядка

Содержание заданияВ процессе исследований необходимо оценить качество генераторов псевдослучайных величин и выбрать из заданных генераторов наилучший.  
При этом следует:

• 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.

**Ход работы**

1) Равномерное распределение (0…1000)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Хар-ки иинтервалы | **RN175** | | | | | | **RN909** | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| 0-100 | 2 | 11 | 71 | 452 | 960 | 1983 | 1 | 9 | 105 | 511 | 1009 | 2038 |
| 100-200 | 1 | 13 | 94 | 519 | 997 | 1990 | 2 | 14 | 104 | 504 | 999 | 1977 |
| 200-300 | 0 | 10 | 99 | 538 | 1020 | 2035 | 1 | 12 | 127 | 541 | 1045 | 2014 |
| 300-400 | 2 | 14 | 114 | 526 | 992 | 2025 | 2 | 8 | 94 | 448 | 953 | 1923 |
| 400-500 | 2 | 3 | 86 | 487 | 1000 | 1945 | 0 | 11 | 126 | 509 | 1026 | 2083 |
| 500-600 | 0 | 6 | 104 | 500 | 984 | 2013 | 0 | 11 | 118 | 501 | 1003 | 2024 |
| 600-700 | 1 | 7 | 110 | 538 | 1039 | 2034 | 2 | 12 | 105 | 480 | 989 | 1984 |
| 700-800 | 1 | 9 | 110 | 502 | 970 | 1984 | 2 | 12 | 115 | 509 | 1004 | 1982 |
| 800-900 | 1 | 14 | 106 | 529 | 1043 | 2024 | 0 | 4 | 113 | 497 | 979 | 1976 |
| 900-1000 | 0 | 13 | 106 | 519 | 995 | 1967 | 0 | 9 | 103 | 500 | 993 | 1999 |
| М = 500 | 412 | 514 | 523 | 505 | 502 | 500 | 510 | 504 | 501 | 498 | 498 | 499 |
| -0.176 | 0.028 | 0.046 | 0.01 | 0.04 | 0 | 0.02 | 0.008 | 0.002 | -0.004 | -0.004 | -0.002 |
| σ = 289 | 285 | 308 | 283 | 287 | 288 | 288 | 282 | 287 | 285 | 291 | 289 | 289 |
| -0.014 | 0.066 | -0.021 | -0.007 | -0.003 | -0.003 | -0.024 | -0.007 | -0.014 | 0.007 | 0 | 0 |
| V = σ/M = 0.58 | 0.69 | 0.6 | 0.54 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.55 | 0.57 | 0.57 | 0.58 | 0.58 | 0.58 |
| 0.19 | 0.034 | -0.069 | -0.017 | -0.017 | 0 | -0.052 | -0.017 | -0.017 | 0 | 0 | 0 |

2) Экспоненциальное распределение (М = 500)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Хар-ки иинтервалы | **RN175** | | | | | | **RN909** | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| 0-200 | 2 | 39 | 355 | 1686 | 3316 | 6575 | 4 | 34 | 336 | 1674 | 3292 | 6584 |
| 200-400 | 3 | 20 | 226 | 1089 | 2202 | 4394 | 0 | 18 | 217 | 1080 | 2203 | 4448 |
| 400-600 | 2 | 11 | 153 | 749 | 1490 | 3002 | 3 | 14 | 142 | 685 | 1443 | 2917 |
| 600-800 | 0 | 10 | 97 | 521 | 1015 | 2020 | 2 | 11 | 119 | 539 | 1040 | 2000 |
| 800-1000 | 1 | 8 | 61 | 342 | 654 | 1351 | 1 | 12 | 64 | 336 | 650 | 1325 |
| 1000-1200 | 0 | 4 | 43 | 224 | 458 | 853 | 0 | 2 | 33 | 210 | 437 | 859 |
| 1200-1400 | 0 | 3 | 14 | 107 | 250 | 552 | 0 | 3 | 29 | 152 | 306 | 598 |
| 1400-1600 | 0 | 0 | 14 | 78 | 185 | 398 | 0 | 0 | 19 | 108 | 206 | 420 |
| 1600-1800 | 1 | 2 | 9 | 68 | 139 | 287 | 0 | 0 | 8 | 66 | 134 | 289 |
| 1800-… | 1 | 3 | 28 | 136 | 291 | 568 | 0 | 6 | 33 | 150 | 289 | 560 |
| M = 500 | 782 | 481 | 463 | 487 | 497 | 500 | 418 | 524 | 494 | 508 | 506 | 504 |
| 0.564 | -0.038 | -0.074 | -0.024 | -0.006 | 0 | -0.164 | 0.048 | -0.012 | 0.016 | 0.012 | 0.008 |
| σ = 500 | 924 | 534 | 486 | 491 | 498 | 500 | 313 | 530 | 492 | 516 | 511 | 509 |
| 0.848 | 0.068 | -0.028 | -0.018 | -0.004 | 0 | -0.374 | 0.06 | -0.016 | 0.032 | 0.022 | 0.018 |
| V = σ/M = 1 | 1.18 | 1.11 | 1.05 | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 0.75 | 1.01 | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.01 |
| 0.18 | 0.11 | 0.05 | 0.01 | 0 | 0 | -0.25 | 0.01 | 0 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |

3) Распределение Эрланга (k=2, θ=250)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Хар-ки иинтервалы | **RN175** | | | | | | **RN909** | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| 0-200 | 1 | 22 | 209 | 976 | 1893 | 3783 | 3 | 16 | 163 | 892 | 1871 | 3738 |
| 200-400 | 1 | 27 | 296 | 1426 | 2902 | 5699 | 1 | 34 | 289 | 1415 | 2795 | 5589 |
| 400-600 | 5 | 29 | 206 | 1072 | 2143 | 4392 | 3 | 24 | 239 | 1147 | 2260 | 4437 |
| 600-800 | 1 | 9 | 120 | 702 | 1366 | 2752 | 1 | 14 | 139 | 687 | 1405 | 2767 |
| 800-1000 | 0 | 7 | 71 | 382 | 780 | 1593 | 1 | 4 | 78 | 415 | 774 | 1592 |
| 1000-1200 | 1 | 4 | 51 | 206 | 446 | 863 | 0 | 4 | 50 | 220 | 434 | 925 |
| 1200-1400 | 0 | 0 | 23 | 116 | 235 | 451 | 1 | 3 | 19 | 100 | 205 | 423 |
| 1400-1600 | 1 | 2 | 13 | 64 | 121 | 232 | 0 | 0 | 7 | 48 | 114 | 247 |
| 1600-1800 | 0 | 0 | 6 | 37 | 65 | 120 | 0 | 0 | 9 | 40 | 70 | 142 |
| 1800-… | 0 | 0 | 5 | 19 | 49 | 115 | 0 | 1 | 7 | 36 | 72 | 140 |
| M = 500 | 635 | 451 | 485 | 493 | 496 | 497 | 489 | 476 | 507 | 503 | 500 | 504 |
| 0.27 | -0.098 | -0.03 | -0.014 | -0.008 | -0.006 | -0.022 | -0.048 | 0.014 | 0.006 | 0 | 0.008 |
| σ = 354 | 415 | 308 | 351 | 345 | 348 | 349 | 361 | 332 | 353 | 351 | 353 | 356 |
| 0.172 | -0.13 | -0.008 | -0.025 | -0.017 | -0.014 | 0.02 | -0.062 | -0.003 | -0.008 | -0.003 | 0.006 |
| V = σ/M = 0.71 | 0.65 | 0.68 | 0.72 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.74 | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.71 | 0.71 |
| -0.085 | -0.042 | 0.014 | -0.014 | -0.014 | -0.014 | 0.042 | -0.014 | -0.014 | -0.014 | 00.27 | 0 |

1. Распределение Эрланга (k=4, θ=250)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Хар-ки иинтервалы | **RN175** | | | | | | **RN909** | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| 0-200 | 0 | 2 | 10 | 45 | 81 | 169 | 0 | 0 | 9 | 48 | 94 | 160 |
| 200-400 | 2 | 8 | 55 | 338 | 716 | 1384 | 0 | 6 | 61 | 331 | 688 | 1372 |
| 400-600 | 1 | 13 | 138 | 701 | 1400 | 2769 | 3 | 12 | 121 | 668 | 1367 | 2746 |
| 600-800 | 0 | 19 | 170 | 908 | 1784 | 3616 | 1 | 25 | 200 | 913 | 1787 | 3547 |
| 800-1000 | 2 | 9 | 183 | 840 | 1665 | 3378 | 3 | 16 | 161 | 856 | 1715 | 3429 |
| 1000-1200 | 3 | 17 | 136 | 715 | 1422 | 2840 | 0 | 15 | 152 | 724 | 1440 | 2832 |
| 1200-1400 | 0 | 14 | 109 | 495 | 1025 | 2056 | 2 | 13 | 115 | 527 | 1061 | 2117 |
| 1400-1600 | 1 | 9 | 76 | 348 | 706 | 1380 | 1 | 5 | 65 | 371 | 694 | 1421 |
| 1600-1800 | 1 | 3 | 51 | 246 | 475 | 971 | 0 | 4 | 49 | 223 | 453 | 942 |
| 1800-… | 0 | 6 | 72 | 364 | 726 | 1437 | 0 | 4 | 67 | 339 | 701 | 1434 |
| M = 1000 | 964 | 985 | 1013 | 1001 | 1002 | 1001 | 905 | 962 | 1007 | 1001 | 1000 | 1005 |
| -0.036 | -0.015 | 0.013 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | -0.095 | -0.038 | 0.007 | 0.001 | 0 | 0.005 |
| σ = 500 | 484 | 483 | 484 | 498 | 500 | 497 | 392 | 422 | 485 | 494 | 496 | 500 |
| -0.032 | -0.034 | -0.032 | -0.004 | 0 | -0.006 | -0.216 | -0.156 | -0.03 | -0.012 | -0.008 | 0 |
| V = σ/M = 0.5 | 0.5 | 0.49 | 0.48 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.43 | 0.44 | 0.48 | 0.49 | 0.5 | 0.5 |
| 0 | -0.02 | -0.04 | 0 | 0 | 0 | -0.14 | -0.12 | -0.04 | -0.02 | 0 | 0 |

1. Распределение Эрланга (k=5, θ=250)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Хар-ки иинтервалы | **RN175** | | | | | | **RN909** | | | | | |
| 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 | 10 | 100 | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| 0-200 | 0 | 0 | 1 | 4 | 14 | 30 | 0 | 0 | 1 | 9 | 19 | 32 |
| 200-400 | 0 | 3 | 22 | 123 | 227 | 456 | 0 | 3 | 22 | 107 | 213 | 423 |
| 400-600 | 2 | 8 | 56 | 330 | 698 | 1382 | 1 | 4 | 60 | 349 | 735 | 1435 |
| 600-800 | 1 | 12 | 121 | 623 | 1253 | 2421 | 2 | 13 | 107 | 574 | 1170 | 2358 |
| 800-1000 | 0 | 16 | 142 | 779 | 1545 | 3132 | 1 | 20 | 178 | 789 | 1534 | 3054 |
| 1000-1200 | 2 | 12 | 166 | 755 | 1504 | 3053 | 3 | 13 | 139 | 776 | 1538 | 3092 |
| 1200-1400 | 2 | 13 | 142 | 657 | 1336 | 2698 | 0 | 16 | 156 | 701 | 1411 | 2773 |
| 1400-1600 | 1 | 15 | 102 | 558 | 1097 | 2174 | 1 | 11 | 105 | 542 | 1094 | 2151 |
| 1600-1800 | 0 | 9 | 79 | 354 | 737 | 1512 | 1 | 6 | 75 | 395 | 763 | 1556 |
| 1800-… | 2 | 12 | 169 | 817 | 1607 | 3142 | 1 | 14 | 157 | 758 | 1523 | 3126 |
| M = 1250 | 1184 | 1216 | 1276 | 1254 | 1254 | 1251 | 1135 | 1233 | 1259 | 1250 | 1248 | 1253 |
| -0.053 | -0.027 | 0.021 | 0.003 | 0.003 | 0.001 | -0.092 | -0.014 | 0.007 | 0 | -0.002 | 0.002 |
| σ = 559 | 536 | 531 | 558 | 560 | 561 | 556 | 436 | 509 | 547 | 553 | 552 | 556 |
| -0.041 | -0.05 | -0.002 | 0.002 | 0.004 | -0.005 | -0.22 | -0.089 | -0.021 | -0.011 | -0.013 | -0.005 |
| V = σ/M = 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.45 | 0.45 | 0.44 | 0.38 | 0.41 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.44 |
| 0 | -0.022 | -0.022 | 0 | 0 | -0.022 | -0.156 | -0.089 | -0.044 | -0.022 | -0.022 | -0.022 |

**Вывод:** исходя из гистограмм, генератор R175 немного точнее, чем R909.

Гистограммы начинают соответствовать теоретическим значениям при выборке в 10000 величин.