

Київський національний університет імені
Т.Шевченка

Звіт

До лабораторної роботи №1

ГЕНЕРУВАННЯ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ

Кирило Байбула Аленович
Група К-21
Факультету комп'ютерних наук
та кібернетики

Київ
2021

МЕТА

Написати програму, що реалізує десять генераторів псевдовипадкових чисел. Кожний генератор викликати за допомогою меню, яке реагує на ввід цілого числа: $1, \dots, 10$. Згенерувати послідовність псевдовипадкових чисел, яка має якнайдовший період (не менше 100).

Побудувати гістограму, яка ілюструє розподіл чисел на інтервалах $[0;1]$ (для нормального розподілу), $[-3;3]$ (для нормального розподілу), $[0; 100]$ – для решти розподілів. Гістограму подати у вигляді таблиці. Наприклад, для рівномірного розподілу вона виглядатиме приблизно так. Частота обчислюється як дріб, чисельником якого є кількість потраплянь випадкових чисел в певний інтервал, в знаменнику – повна кількість згенерованих чисел.

Інтервал	Частота
$[0.1;0.2]$	0.15
$[0.2;0.3]$	0.1
$[0.3;0.4]$	0.12
$[0.4;0.5]$	0.15
$[0.5;0.6]$	0.05
$[0.6;0.7]$	0.08
$[0.7;0.8]$	0.16
$[0.8;0.9]$	0.04
$[0.9;1.0]$	0.1

Генератори псевдовипадкових чисел, як правило, породжують ціле число X , яке лежить в інтервалі від 0 до деякого заздалегідь заданого числа m . Тому дійсні псевдовипадкові числа, рівномірно розподілені між 0 і 1, обчислюються за формулою

$$U = X/m$$

МЕТОДИ ГЕНЕРУВАННЯ

Методи генерування рівномірно розподілених чисел

Лінійний когуруентний

$$X_{n+1} = (aX_n + c) \mod m,$$

$$U_{n+1} = X_{n+1}/m, n \geq 0,$$

де m – модуль, $m > 0$, a – множник, $0 \leq a < m$, c – приріст, $0 \leq c < m$,
 X_0 – початкове значення, $0 \leq X_0 < m$.

Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для лінійного конгургентного методу при 10,000,000 псевдовипадково знегеровних чисел:

Інтервал	Частота
[0.0; 0.1]	0.10
[0.1; 0.2]	0.10
[0.2; 0.3]	0.10
[0.3; 0.4]	0.10
[0.4; 0.5]	0.10
[0.5; 0.6]	0.09
[0.6; 0.7]	0.10
[0.7; 0.8]	0.10
[0.8; 0.9]	0.10
[0.9; 1.0]	0.10

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:

[0.0; 0.1]	0.10	#####
[0.1; 0.2]	0.10	#####
[0.2; 0.3]	0.10	#####
[0.3; 0.4]	0.10	#####
[0.4; 0.5]	0.10	#####
[0.5; 0.6]	0.09	#####
[0.6; 0.7]	0.10	#####
[0.7; 0.8]	0.10	#####
[0.8; 0.9]	0.10	#####
[0.9; 1.0]	0.10	#####

Квадратичний конгруентний метод

$$X_{n+1} = (dX_n^2 + aX_n + c) \mod m,$$

$$U_{n+1} = X_{n+1}/m, n \geq 0,$$

Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для квадратичного конгруентного методу при 10,000,000 псевдовипадково знегеровних чисел:

Інтервал	Частота
[0.0; 0.1]	0.12
[0.1; 0.2]	0.09
[0.2; 0.3]	0.12
[0.3; 0.4]	0.08
[0.4; 0.5]	0.11
[0.5; 0.6]	0.16
[0.6; 0.7]	0.08
[0.7; 0.8]	0.11
[0.8; 0.9]	0.07
[0.9; 1.0]	0.06

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:

[0.0; 0.1]	0.12	#####
[0.1; 0.2]	0.09	#####
[0.2; 0.3]	0.12	#####
[0.3; 0.4]	0.08	#####
[0.4; 0.5]	0.11	#####
[0.5; 0.6]	0.16	#####
[0.6; 0.7]	0.08	#####
[0.7; 0.8]	0.11	#####
[0.8; 0.9]	0.07	#####
[0.9; 1.0]	0.06	#####

Числа Фібоначчі

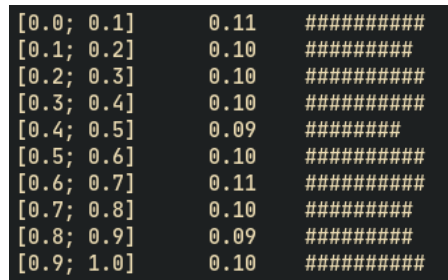
$$X_{n+1} = (X_n + X_{n-1}) \mod m, n \geq 0$$

$$U_{n+1} = X_{n+1}/m, n \geq 0,$$

Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для Чисел Фібоначчі при 10,000,000 псевдовипадково знегеровних чисел:

Інтервал	Частота
[0.0; 0.1]	0.11
[0.1; 0.2]	0.10
[0.2; 0.3]	0.10
[0.3; 0.4]	0.10
[0.4; 0.5]	0.09
[0.5; 0.6]	0.10
[0.6; 0.7]	0.11
[0.7; 0.8]	0.10
[0.8; 0.9]	0.09
[0.9; 1.0]	0.10

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:



[0.0; 0.1]	0.11	#####
[0.1; 0.2]	0.10	#####
[0.2; 0.3]	0.10	#####
[0.3; 0.4]	0.10	#####
[0.4; 0.5]	0.09	#####
[0.5; 0.6]	0.10	#####
[0.6; 0.7]	0.11	#####
[0.7; 0.8]	0.10	#####
[0.8; 0.9]	0.09	#####
[0.9; 1.0]	0.10	#####

Обернена конгруентна послідовність

$$X_{n+1} = (aX_n^{-1} + c) \mod m, n \geq 0$$

$$U_{n+1} = X_{n+1}/m, n \geq 0,$$

Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для Оберненого методу при 10,000,000 псевдовипадково знегеровних чисел:

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:

Інтервал	Частота
[0.0; 0.1]	0.10
[0.1; 0.2]	0.10
[0.2; 0.3]	0.10
[0.3; 0.4]	0.10
[0.4; 0.5]	0.10
[0.5; 0.6]	0.10
[0.6; 0.7]	0.10
[0.7; 0.8]	0.10
[0.8; 0.9]	0.10
[0.9; 1.0]	0.10

[0.0; 0.1]	0.10	#####
[0.1; 0.2]	0.10	#####
[0.2; 0.3]	0.10	#####
[0.3; 0.4]	0.10	#####
[0.4; 0.5]	0.10	#####
[0.5; 0.6]	0.10	#####
[0.6; 0.7]	0.10	#####
[0.7; 0.8]	0.10	#####
[0.8; 0.9]	0.10	#####
[0.9; 1.0]	0.10	#####

Метод об'єднання

$$Z_n = (X_n - Y_n) \mod m, n \geq 0$$

$$0 \leq X_n < m, 0 \leq Y_n < m' \leq m$$

$$U_{n+1} = Z_{n+1}/m, n \geq 0,$$

Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для Методу об'єднання при 10,000,000 псевдовипадково знегерованих чисел:

Інтервал	Частота
[0.0; 0.1]	0.10
[0.1; 0.2]	0.10
[0.2; 0.3]	0.10
[0.3; 0.4]	0.10
[0.4; 0.5]	0.10
[0.5; 0.6]	0.10
[0.6; 0.7]	0.10
[0.7; 0.8]	0.10
[0.8; 0.9]	0.10
[0.9; 1.0]	0.10

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:

[0.0; 0.1]	0.10	#####
[0.1; 0.2]	0.10	#####
[0.2; 0.3]	0.10	#####
[0.3; 0.4]	0.10	#####
[0.4; 0.5]	0.10	#####
[0.5; 0.6]	0.10	#####
[0.6; 0.7]	0.10	#####
[0.7; 0.8]	0.10	#####
[0.8; 0.9]	0.10	#####
[0.9; 1.0]	0.10	#####

Методи нормального розподілу

Метод об'єднання

$$X_n = m + (sum - 6)\sigma,$$

де m – медіана, σ – дисперсія, sum – сума дванадцяти випадкових чисел, рівномірно розподілених на інтервалі $[a, b]$. Якщо $[a, b] = [0; 1]$, то $m = 0$, а $\sigma = 1$. Правило 3-сігма стверджує, на проміжку $[m-3\sigma, m+3\sigma]$ міститься 99,7% всіх випадкових чисел, що мають розподіл $N(m, \sigma^2)$. Отже для побудови гістограми розподілу $N(0,1)$ достатньо обмежитись інтервалом $[-3; 3]$. Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для Правил Трьох сігма при 10,000,000 псевдовипадково знегеровних чисел:

Інтервал	Частота
[-3.0; -2.4]	0.01
[-2.4; -1.8]	0.03
[-1.8; -1.2]	0.07
[-1.2; -0.6]	0.16
[-0.6; +0.0]	0.23
[+0.0; +0.6]	0.22
[+0.6; +1.2]	0.18
[+1.2; +1.8]	0.08
[+1.8; +2.4]	0.02
[+2.4; +3.0]	0.01

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:

[-3.0; -2.4]	0.01	.
[-2.4; -1.8]	0.03	##
[-1.8; -1.2]	0.07	#####
[-1.2; -0.6]	0.16	#####
[-0.6; +0.0]	0.23	#####
[+0.0; +0.6]	0.22	#####
[+0.6; +1.2]	0.18	#####
[+1.2; +1.8]	0.08	#####
[+1.8; +2.4]	0.02	##
[+2.4; +3.0]	0.01	#

Метод полярних координат

Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для Методу полярних координат при 10, 000, 000 псевдовипадково знегеровних чисел:

Інтервал	Частота
[-3.0; -2.4]	0.01
[-2.4; -1.8]	0.03
[-1.8; -1.2]	0.07
[-1.2; -0.6]	0.17
[-0.6; +0.0]	0.24
[+0.0; +0.6]	0.23
[+0.6; +1.2]	0.14
[+1.2; +1.8]	0.08
[+1.8; +2.4]	0.03
[+2.4; +3.0]	0.01

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:

[-3.0; -2.4]	0.01	.
[-2.4; -1.8]	0.03	##
[-1.8; -1.2]	0.07	#####
[-1.2; -0.6]	0.17	#####
[-0.6; +0.0]	0.24	#####
[+0.0; +0.6]	0.23	#####
[+0.6; +1.2]	0.14	#####
[+1.2; +1.8]	0.08	#####
[+1.8; +2.4]	0.03	##
[+2.4; +3.0]	0.01	.

Метод співвідношень

Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для Методу полярних координат при 10, 000, 000 псевдовипадково знегеровних чисел:

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:

Інтервал	Частота
[-3.0; -2.4]	0.01
[-2.4; -1.8]	0.03
[-1.8; -1.2]	0.07
[-1.2; -0.6]	0.18
[-0.6; +0.0]	0.21
[+0.0; +0.6]	0.22
[+0.6; +1.2]	0.18
[+1.2; +1.8]	0.06
[+1.8; +2.4]	0.02
[+2.4; +3.0]	0.01

[-3.0; -2.4]	0.01	#
[-2.4; -1.8]	0.03	##
[-1.8; -1.2]	0.07	#####
[-1.2; -0.6]	0.18	#####
[-0.6; +0.0]	0.21	#####
[+0.0; +0.6]	0.22	#####
[+0.6; +1.2]	0.18	#####
[+1.2; +1.8]	0.06	#####
[+1.8; +2.4]	0.02	##
[+2.4; +3.0]	0.01	#

Методи генерування інших розподілів

Метод логарифму для генерування показового розподілу

Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для Методу логарифму для генерування показового розподілу при 10,000,000 псевдовипадково знегеровних чисел:

Інтервал	Частота
[0; 10]	0.27
[10; 20]	0.21
[20; 30]	0.15
[30; 40]	0.10
[40; 50]	0.07
[50; 60]	0.05
[60; 70]	0.04
[70; 80]	0.03
[80; 90]	0.03
[90; 100]	0.02

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:

```
[ 0; 10]      0.27 #####
[10; 20]      0.21 #####
[20; 30]      0.15 #####
[30; 40]      0.10 #####
[40; 50]      0.07 #####
[50; 60]      0.05 #####
[60; 70]      0.04 ###
[70; 80]      0.03 ##
[80; 90]      0.03 ##
[90; 100]     0.02 #
```

Метод Аренса для генерування гамма-розподілу порядку

Таблиця інтервалів та частот попадання чисел для Методу логарифму для генерування показового розподілу при 10,000,000 псевдовипадково знегеровних чисел:

Інтервал	Частота
[0; 10]	0.03
[10; 20]	0.08
[20; 30]	0.26
[30; 40]	0.31
[40; 50]	0.11
[50; 60]	0.04
[60; 70]	0.02
[70; 80]	0.01
[80; 90]	0.01
[90; 100]	0.01

Фотографія гістограмми програми у стандартний потік виводу:

```
[ 0; 10]      0.03 ###
[10; 20]      0.08 #####
[20; 30]      0.26 #####
[30; 40]      0.31 #####
[40; 50]      0.11 #####
[50; 60]      0.04 ###
[60; 70]      0.02 ##
[70; 80]      0.01 #
[80; 90]      0.01 .
[90; 100]     0.01 .
```