

Міністерство освіти і науки України  
Національний авіаційний університет  
Навчально-науковий інститут комп'ютерних інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Лабораторна робота №4  
з дисципліни «Імітаційне моделювання»  
на тему «Моделювання неперервних випадкових величин»

Виконав:  
студент ННІКІТ  
групи СП-325  
Клокун В. Д.  
Перевірила:  
Марченко Н. Б.

Київ 2019

## 1. МЕТА РОБОТИ

Ознайомитись з методом оберненої функції імітації неперервних випадкових величин; побудувати імітаційну модель отримання системи неперервних випадкових величин (СНВВ).

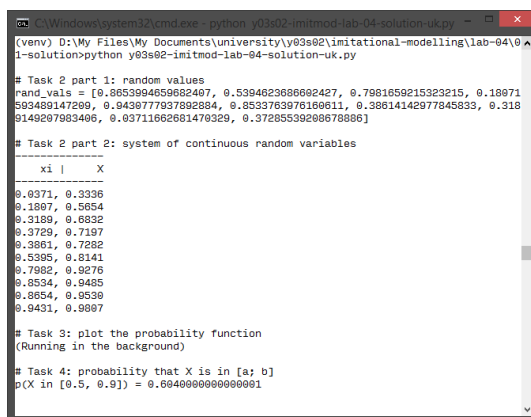
## 2. ХІД РОБОТИ

Для виконання роботи поставлені такі завдання:

1. Відповідно до варіанту завдання знайти функцію вигляду  $X = F^{-1}(\xi)$ , використовуючи метод оберненої функції.
2. Побудувати імітаційну модель отримання системи неперервних випадкових величин (СНВВ), що мають рівномірний розподіл на проміжку  $[0; 1]$  (використати генератор псевдовипадкових чисел).
3. На основі СНВВ в створеній програмі побудувати графік функції розподілу  $F(x)$  неперервної випадкової величини  $X$  за методом оберненої функції.
4. Знайти ймовірність того, що неперервна випадкова величина  $X$  прийме значення, яке належить інтервалу  $[a; b]$ .

ЗАВДАННЯ ЗА ВАРІАНТОМ Функція  $F(x) = x^3$ , границі інтервалу:  $a = 0,5$ ,  $b = 0,9$ .

Під час виконання роботи була розроблена імітаційна модель для виконання поставлених завдань і реалізована у вигляді відповідного програмного засобу (ліст. А.1). Реалізований програмний засіб був запущений на моделювання і надавав стабільний і очікуваний результат (рис. 1). В результаті програма будує графік функції ймовірностей (рис. 2).



```
(venv) D:\My Files\My Documents\university\y03s02\imitational-modelling\lab-04\01-solution>python y03s02-imitmod-lab-04-solution-uk.py

# Task 2 part 1: random values
rand_vals = [0.0653994859682487, 0.5394623686682427, 0.7981659215323215, 0.18971563489147299, 0.9436777937892884, 0.8533763976169611, 0.38514142977845833, 0.3189149297983496, 0.03711662661470329, 0.37285539208678886]

# Task 2 part 2: system of continuous random variables

    xi | X
-----
0.9371, 0.3336
0.1897, 0.5654
0.3189, 0.6832
0.3729, 0.7197
0.3861, 0.7282
0.5395, 0.8141
0.7982, 0.8276
0.8534, 0.9485
0.8654, 0.9539
0.9431, 0.9897

# Task 3: plot the probability function
(Running in the background)

# Task 4: probability that X is in [a; b]
p(X in [0.5, 0.9]) = 0.6940000000000001
```

Рис. 1: Результат роботи програми: вікно терміналу

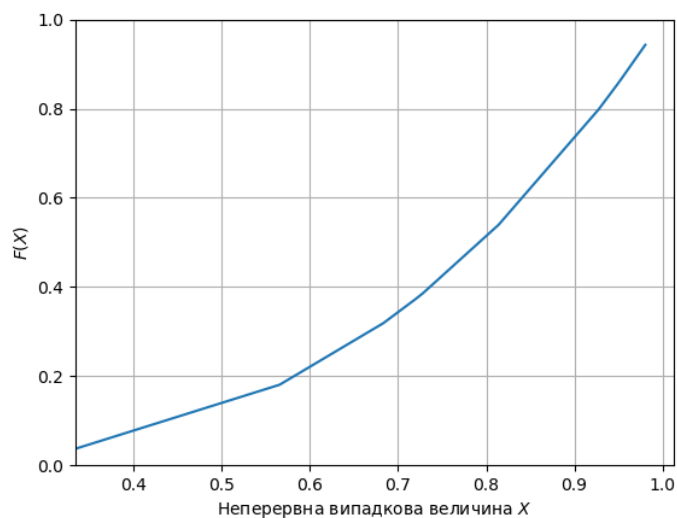


Рис. 2: Графік функції ймовірностей

### 3. ВИСНОВОК

Виконуючи дану лабораторну роботу, ми ознайомились з методом оберненої функції імітації неперервних випадкових величин; побудували імітаційну модель отримання системи неперервних випадкових величин (CHBV).

#### А. ПОВНИЙ ПОЧАТКОВИЙ КОД ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

---

Лістинг А.1: Повний початковий код програмної реалізації

---

```

1  #!/usr/bin/env python3
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3  import math
4  import random
5  import matplotlib.pyplot as plt
6  import multiprocessing as mp
7
8
9  def split_list_of_points(lofp):
10     """
11     Розділяє список точок у вигляді [(x1, y1), (x2, y2), (x3, y3), ...]
12     у два кортежі: x = (x1, x2, x3, ...), y = (y1, y2, y3, ...)
13     """
14     x, y = zip(*lofp)
15     return x, y

```

```

16
17
18 def calc_x_in_ab_prob(f, a, b):
19     r"""
20     Обчислює ймовірність того, що значення зі списку 'X' попадають в
21     ↪ інтервал
22     [a, b]
23     :param f: початкова, не обернена функція, за якою обчислюється
24     ↪ ймовірність
25     попадання в інтервал
26     :type func:
27     :param a: нижня границя інтервалу (включно)
28     :type float:
29     :param b: верхня границя інтервалу (включно)
30     :type float:
31     :returns: ймовірність того, що значення попадають в інтервал  $[a, b]$ 
32     :rtype float:
33     """
34     # Знаходимо менше і більше значення, щоб уникнути зворотних інтервалів
35     lesser_val, greater_val = sorted([a, b])
36     return f(greater_val) - f(lesser_val)
37
38 def plot_prob_func(X, xi, xlabel=r'$X$', ylabel=r'$\xi$'):
39     r""" Будує графік функції ймовірностей
40
41     :param X: значення  $X$  – ймовірності
42     :type X: list
43     :param xi: значення  $\xi$  – значення, отримані з генератора
44     псевдовипадкових чисел
45     :type xi: list
46     :param xlabel: підпис для осі абсцис
47     :type str:
48     :param ylabel: підпис для осі ординат
49     :type str:
50     """
51     fig = plt.figure(1)
52
53     ax = fig.add_subplot(111)
54     ax.plot(X, xi)
55     ax.set_xlabel(xlabel)
56     ax.set_ylabel(ylabel)
57     # На осі OX знаходяться значення випадкової змінної, тому для
58     ↪ наочності
59     # обмежуватимемо лише мінімальним значенням
60     ax.set_xlim(min(X), None)

```

```

60     # На осі OY знаходяться значення ймовірності, тому для наочності
        ↪ завжди
61     # обмежуватимемо інтервалом [0.0, 1.0]
62     ax.set_ylim(0.0, 1.0)
63     plt.grid()
64     plt.show()
65     return
66
67
68 def run_lab(parent_func, inverted_func, a, b, rand_count=50):
69     """
70     Запускає завдання лабораторної роботи на виконання
71
72     :param parent_func: початкова функція, задана в завданні на роботу
73     :type func:
74     :param inverted_func: обернена функція, обчислена власноруч
75     :type func:
76     :param a: нижня границя інтервалу (включно)
77     :type float:
78     :param b: верхня границя інтервалу (включно)
79     :type float:
80     :param rand_count: кількість випадкових значень, які мають бути
        ↪ згенеровані
81     для системи неперервних випадкових величин
82     :type int:
83     """
84     # Завдання 2: створити RAND_COUNT випадкових значень, рівномірно
85     # розподілених на інтервалі [0.0, 1.0]
86     print('\\n# Task 2 part 1: random values')
87
88     rand_vals = [random.random() for _ in range(rand_count)]
89
90     print('rand_vals = {}'.format(rand_vals))
91
92     # Створити систему неперервних випадкових змінних, такого вигляду
93     # (<випадкова змінна>, <значення оберненої функції для випадкової
        ↪ змінної>)
94     print('\\n# Task 2 part 2: system of continuous random variables')
95     system_crv = sorted([(val, inverted_func(val)) for val in rand_vals])
96
97     # Вивести заголовок для системи неперервних випадкових змінних
98     print('{:>14}'.format(''))
99     print('{:>6} |{:>6}'.format('xi', 'X'))
100    print('{:>14}'.format(''))
101
102    # Print xi, X values in the system
103    # Вивести значення $\\xi$, $X$ із CHBB
104    for xi, X in system_crv:

```

```

105         print('{:.4f}, {:.4f}'.format(xi, X))
106
107     xi, X = split_list_of_points(system_crv)
108
109     # Завдання 3: побудувати графік функції ймовірностей
110     print('\n# Task 3: plot the probability function'
111           '\n(Running in the background)')
112
113     # Create a process for plotting the function
114     # Створюємо процес для побудови графіку функції
115     p = mp.Process(
116         target=plot_prob_func,
117         args=(X, xi,
118              r'Неперервна випадкова величина  $X$ ',
119              r' $F(X)$ '))
120
121     p.start() # Запускаємо створений процес фоном
122
123     # Завдання 4: визначити ймовірність, що величини з  $X$  попадають в
124     ↪ інтервал
125     #  $[a, b]$ 
126     print('\n# Task 4: probability that  $X$  is in  $[a; b]$ ')
127     p = calc_x_in_ab_prob(parent_func, a, b)
128     print('p( $X$  in  $[\{\}, \{\}]$ ) =  $\{\}$ '.format(a, b, p))
129
130     def main():
131         # Оголошуємо параметри, дані у завданні варіанта
132         def parent_func(x): return x**3
133         a, b = 0.5, 0.9
134
135         # Завдання 1: визначити обернену функцію
136         #
137         #  $\sqrt[3]{x} = x^{1/3}$ 
138         #  $\sqrt[3]{x^{1/3}} = x$ 
139         #  $x = \sqrt[3]{x^{1/3}}$ 
140         def inv_func(x): return x**(1/3)
141
142         # Запустити моделювання із заданими у варіанті параметрами та 100
143         # випадковими величинами
144         run_lab(parent_func, inv_func, a, b, rand_count=10)
145
146
147     if __name__ == '__main__':
148         main()
149

```

---