

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА  
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ  
Кафедра прикладної статистики**



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«Simulation of Stochastic Processes (Моделювання випадкових процесів)»**

**для студентів**

|                  |                                     |
|------------------|-------------------------------------|
| галузь знань     | <b>12 «Інформаційні технології»</b> |
| спеціальність    | <b>124 «Системний аналіз»</b>       |
| освітній рівень  | <b>бакалавр</b>                     |
| освітня програма | <b>«Системний аналіз»</b>           |
| вид дисципліни   | <b>за вибором</b>                   |

|   |                   |
|---|-------------------|
| Форма навчання                          | <b>денна</b>      |
| Навчальний рік                          | <b>2021/2022</b>  |
| Семестр                                 | <b>6</b>          |
| Кількість кредитів ECTS                 | <b>2</b>          |
| Мова викладання, навчання та оцінювання | <b>англійська</b> |
| Форма заключного контролю               | <b>іспит</b>      |

Викладачі: **к.ф.-м.н, доц. Розора І.В.**


Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» 20\_\_ р.

**КИЇВ – 2020**

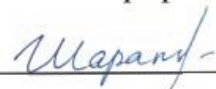
Розробник: Розора І.В. канд. фіз.-мат. н., доцент,  
доцент кафедри Прикладної Статистики

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Завідувач кафедри Прикладної Статистики

  
\_\_\_\_\_ (Лебедєв Є.О.)

Протокол № 1 від «27» серпня 2020 р.

Схвалено Гарантом освітньо-професійної програми першого рівня вищої освіти

«Системний аналіз»  М.М. Шарапов

«28» серпня 2020 року

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «28» серпня 2020 року № 1

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (Омельчук Л.Л.)  
(підпис)  (прізвище та ініціали)

«28» серпня 2020 року

**1 Мета дисципліни** – одержання студентами базових знань про випадкові процеси, методи комп'ютерного моделювання, вмінь працювати з побудованими моделями, навичок застосування отриманих знань до прикладних задач.

## **2 Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни**

*Знати:* основи дискретної математики, теорії ймовірностей та математичної статистики

*Вміти:* формалізувати умови задач та складати план розв'язку

*Володіти елементарними навичками:* розв'язувати типові задачі з теорії ймовірностей, математичної статистики та дискретної математики.

## **3 Анотація навчальної дисципліни**

Дисципліна «*Моделювання випадкових процесів*» є складовою частиною циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня „бакалавр”; вона включає вивчення базових випадкових процесів, а саме, однорідного та неоднорідного процесів Пуассона, складеного процесу Пуассона, гауссових процесів, вивчення різних методів моделювання для них. Обов'язковим також є засвоєння основних формул та методик їх застосування. Особлива увага приділяється застосуванню стохастичних моделей математики при вивченні методів для генерації випадкових величин та процесів. Студентам вводяться основні визначення, дається інтерпретація формул, а також використовується програмне середовище R для реалізації викладених методів та побудови траєкторій випадкових процесів. Дисципліна є дисципліною за вибором. Використовує поняття з «теорії ймовірностей», «математичного аналізу», «дискретної математики». Викладається у 6-му семестрі, обсяг 75 год. (2 кредити ECTS), з них лекції – 34 год., консультації – 1 год., самостійна робота – 40 год. Передбачено 2 змістових частини та іспит.

## **4 Завдання (навчальні цілі)**

Набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) відповідно до освітньої кваліфікації бакалавра з системного аналізу. Зокрема, розвивати:

- K18. Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.
- ФКСАС 1. Здатність проводити факторний аналіз на предмет виявлення як детермінованих так і стохастичних слабких та сильних чинників у процесах різної природи; здатність встановлювати зв'язки між виявленими факторами.

## **5 Результати навчання за дисципліною**

| Результат навчання (РН)<br>(1 – знати; 2 – вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність) |   | Форми викладання та навчання | Методи оцінювання                                 | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|--|---|------------------------------|---|--|
| Код  | Результат навчання  |                              |   |  |
| 1  | Знати і розуміти основні методи моделювання випадкових процесів                       | Лекції, самостійна робота    | Поточне оцінювання (ПО), іспит, контрольні роботи | 40   |
| 2  | Вміти обчислювати чи оцінювати основні числові показники для випадкових процесів.     |                              |   |  |
| 4.1  | Виявляти здатність до самонавчання та продовження професійного розвитку               | Самостійна робота            | ПО, іспит, контрольні роботи                      | 50   |
| 4.2  | Уміти організувати власну діяльність та одержувати результат у рамках обмеженого часу | Самостійна робота            | ПО  | 10   |
| 3  | Демонструвати навички взаємодії з іншими людьми, уміння працювати в командах          | Самостійна робота            | ПО  |  |

## 6 Співвідношення результатів навчання дисципліни з програмними результатами навчання

| Результати навчання дисципліни   | Р<br>Н<br>1 | Р<br>Н<br>2 | Р<br>Н<br>3 | Р<br>Н<br>4.<br>1 | Р<br>Н<br>4.<br>2 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|
| Програмні результати навчання  |             |             |             |                   |                   |
| <i>(з опису освітньої програми)</i>  |             |             |             |                   |                   |
| ПР03. Вміти визначати ймовірнісні розподіли стохастичних показників та факторів, що впливають на характеристики досліджуваних процесів, досліджувати властивості та знаходити характеристики багатовимірних випадкових векторів та використовувати їх для розв'язання прикладних задач, формалізувати стохастичні показники та фактори у вигляді випадкових величин, векторів, процесів. | +           | +           |             |                   |                   |
| ПР15. Розуміти українську та іноземну мови на рівні, достатньому для обробки фахових інформаційно-літературних джерел, професійного усного і письмового спілкування, написання текстів за фаховою тематикою.   |             |             | +           | +                 | +                 |
| ПРСАС 3. Знати алгоритми і коректно застосовувати на практиці методи прогнозування   | +           | +           |             |                   |                   |

## 7 Схема формування оцінки

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Контрольні роботи (РН.1, РН.2, РН4.1): 30 балів/15 балів
2. Поточне оцінювання (РН.1, РН.2, РН4.1, РН4.2, РН.3): 30 балів/15 балів

#### - підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 40;
- результати навчання, які оцінюються: РН.1, РН.2, РН.4.1;
- форма проведення: письмова робота
- види завдань: два теоретичні питання (40%), дві задачі (60%).

Студент допускається до іспиту, якщо в семестрі набрав не менше ніж 36 балів. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит має бути не менше 24 балів.

### Запитання до контрольної роботи I

1. Псевдовипадкові числа.
2. Метод Монте-Карло.
3. Оцінювання інтегралів з використанням випадкових чисел.
4. Метод оберненого перетворення.
5. Генерування пуассонівських випадкових величин.
6. Генерування біноміальних випадкових величин.
7. Методи прийняття та відхилення. Метод відхилення.
8. Моделювання геометричного розподілу.
9. Метод оберненого перетворення для неперервних випадкових величин.
10. Метод полярних координат для генерування нормальної випадкової величини.
11. Генерування показникового розподілу.
12. Вибіркове середнє. Його властивості.

13. Вибіркова дисперсія, властивості.
14. Інтервальні оцінки для математичного сподівання.
15. Бутстреп метод.
16. Зменшення дисперсії за умови оцінки очікуваного числа відновлень за час  $t$ .
17. Стратифікована вибірка.
18. Однорідний процес Пуассона.
19. Ймовірнісні характеристики часових величин в процесі Пуассона.
20. Неоднорідний процес Пуассона.
21. Функція інтенсивності для неоднорідного процесу Пуассона.

### Запитання до контрольної роботи II

1. Генерування процесу Пуассона.
2. Генерування неоднорідного процесу Пуассона.
3. Визначення гауссівських процесів та їх властивості.
4. Коваріаційна функція для випадкових процесів.
5. Стаціонарні випадкові процеси та коваріаційна функція для них.
6. Процес, що може бути представленими у вигляді ряду.
7. Визначення та властивості вінерівського процесу.
8. Коефіцієнти зносу та дифузії для вінерівського процесу. Коваріаційна функція для нього.
9. Алгоритми моделювання однорідного процесу Пуассона.
10. Алгоритми моделювання неоднорідного процесу Пуассона.
11. Розклад в ряд Фур'є гауссових випадкових процесів та застосування його до побудови моделі випадкового процесу.
12. Представлення Карунена-Лоева для випадкових процесів.
13. Субгауссова випадкова величина.
14. Субгауссовий стандарт.
15. Приклади субгауссових випадкових величин.
16. Властивості моментів для субгауссових величин.
17. Простір субнауссових випадкових величин.
18. Теорема про банаховість простору субгауссових випадкових величин.
19. Субгауссові випадкові процеси.
20. Строго субгауссові випадкові процеси.
21. Оцінки розподілів норм строго субгауссових випадкових процесів у просторі  $L_p(T)$ .
22. Оцінки розподілів норм строго субгауссових випадкових процесів у просторі  $C(T)$ .
23. Теорема Карунена.
24. Модель Карунена-Лоева для субгауссових випадкових процесів.
22. Точність та надійність моделей субгауссових стаціонарних випадкових процесів з дискретним спектром у просторі неперервних функцій  $C[0, T]$ .

## 7.2 Організація оцінювання

Терміни проведення оцінювання

Контрольна робота № 1 – до 7 тижня, Контрольна робота № 2 – до 13 тижня.

## 7.3 Шкала відповідності оцінок

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| <b>Відмінно</b> / Excellent      | 90-100 |
| <b>Добре</b> / Good              | 75-89  |
| <b>Задовільно</b> / Satisfactory | 60-74  |
| <b>Незадовільно</b> / Fail       | 0-59   |

## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

| № лекції             | Назва лекції  | Кількість годин |           |                |
|----------------------|---|-----------------|-----------|----------------|
|                      |   | Лекції          | Практичні | Самост. робота |
| <b>Частина перша</b> |   |                 |           |                |
| 1,2                  | Псевдовипадкові числа   | 4               |           | 4              |
| 3,4                  | Генерування дискретних випадкових величин                             | 4               |           | 4              |
| 5,6                  | Генерування неперервних випадкових величин                            | 4               |           | 4              |
| 7                    | Статистичний аналіз змодельованих даних                               | 2               |           | 4              |
| 8                    | Процеси Пуассона  | 1               |           | 4              |
|                      | Контрольна робота 1   | 1               |           |                |
| <b>Частина друга</b> |   |                 |           |                |
| 9                    | Гауссівські процеси   | 2               |           | 2              |
| 10                   | Процеси Вінера  | 2               |           | 2              |
| 11                   | Моделювання процесів Пуассона   | 2               |           | 2              |
| 12                   | Моделювання гауссових випадкових процесів                             | 2               |           | 4              |
| 13, 14               | Простір субгауссових випадкових величин                               | 4               |           | 4              |
| 15                   | Субгауссові та строго субгауссові випадкові процеси.                  | 2               |           | 2              |
| 16                   | Основні принципи побудови апроксимаційних моделей випадкових процесів | 2               |           | 2              |
| 17                   | Точність і надійність моделей субгауссових випадкових полів           | 1               |           | 2              |
|                      | Контрольна робота 2   | 1               |           |                |
| <b>ВСЬОГО</b>        |   | 34              |           | 40             |

Загальний обсяг **75 год.<sup>1</sup>**, в тому числі:

Лекцій – **34 год.**

Самостійна робота - **40 год.**

Консультації – **1 год.**

## 9. Рекомендовані джерела

1. Козаченко Ю.В., Пашко А.О., Розора І.В. Моделювання випадкових процесів та полів: Монографія.- К.: ВПЦ «Задруга», 2007, 230с.
2. Михайлов Г.А., Войтишек А.В. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло.- М.: ИЦ «Академия», 2006, 368с.
3. Ross, Sheldon M. Simulation.-2nd ed. Academic Press, 1997.
4. Булдыгин В.В., Козаченко Ю.В. Метрические характеристики случайных величин и процессов. – Киев.- ТВиМС, 1998.

<sup>1</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

5. Довгай Б.В., Козаченко Ю.В., Сливка-Тилищак Г.І. Крайові задачі математичної фізики з випадковими факторами: Монографія. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2008. – 173 с.
6. Гихман И.И., Скороход А.В., Ядренко М.Й. Теория вероятностей и математическая статистика.- К.: Вища Школа,1979.
7. Ядренко М.Й. Спектральная теория случайных полей.- К.: Вища Школа , 1980, 270с.