

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теорії ймовірностей, статистики та актуарної математики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана
з навчальної роботи

Безущак Безущак О.О.
«25» вересня 2018 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
RANDOM PROCESSES WITH STATISTICAL
APPLICATIONS

для здобувачів освітньо-наукового рівня «доктор філософії»

галузь знань	11 «Математика та статистика»
спеціальність	112 «Статистика»
освітній рівень	третій (освітньо-науковий)
освітньо-наукова програма	«Статистика»
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2018/2019
Рік навчання	2
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	англійська/українська
Форма заключного контролю	екзамен

Викладачі: Ральченко Костянтин Володимирович, к.ф.-м.н.

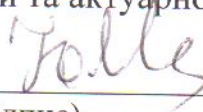
Пролонговано: на 20¹⁹/20²⁰ н.р. *Безущак (Безущак)* «18» вересня 2019 р.
на 20²³/20²⁴ н.р. *Безущак (Безущак)* «25» серпня 2020 р.

КИЇВ – 2018

Розробник: доцент кафедри теорії ймовірностей, статистики та актуарної математики **Ральченко Костянтин Володимирович, к.ф.-м.н.**

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри теорії ймовірностей,
статистики та актуарної математики



Мішура Ю.С.

(підпис)

Протокол № 18 від «22» серпня 2018 р.

Схвалено науково-методичною комісією механіко-математичного факультету

Протокол від «12» вересня 2018 року № 1

Голова науково-методичної комісії  професор, д.ф.-м.н. Курченко О.О.
(підпис)

1. Мета дисципліни Розвиток навичок розв'язання комплексних проблем в галузі статистики, використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій, здатності до абстрактного мислення, здатності до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, вміння генерувати нові ідеї, навичок роботи в міжнародному науковому просторі, навичок формулювання дослідницьких задач з статистики, розробляти наукові проекти та керувати ними, спілкуватися на професійні теми з неспеціалістами у галузі статистики, застосовувати теоретичні знання до розв'язання прикладних задач математичного захисту інформації, забезпечувати належну якість власної наукової та прикладної роботи.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. *Знати:* основні методи математичного аналізу, теорії міри, теорії ймовірностей, математичної статистики та теорії випадкових процесів.
2. *Вміти:* проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових ідей і підходів в галузі теорії ймовірностей, математичної статистики та теорії випадкових процесів, самостійно застосовувати методи теорії ймовірностей, математичної статистики та теорії випадкових процесів при розв'язанні нових задач.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Дисципліна «Random processes with statistical applications» належить до вибірових компонент освітньої програми, блоку дисциплін вільного вибору аспіранта. Вона забезпечує професійний розвиток, спрямована на формування концептуальних та методологічних знань у галузі математики і статистики, вміння критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові та комплексні ідеї, аналізувати наукові праці, формулювати методологічну базу власного наукового дослідження, здатність формулювати наукову проблему, робочі гіпотези досліджуваної проблеми. В рамках дисципліни вивчаються основні принципи та методи статистики випадкових процесів та їх моделювання.

4. Завдання (навчальні цілі): набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у математиці, відповідно науково-освітньої кваліфікації «Доктор філософії». Зокрема, розвивати: вміння аналізувати сучасні передові концептуальні та методологічні знання; здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей; здатність застосовувати теоретичні та практичні підходи математики; вміння розробляти наукові і інформаційно-освітні ресурси для розв'язання професійних задач, пов'язаних з розвитком та використанням математики і статистики; здатність застосовувати статистичні методи для моделей випадкових процесів. Набуття компетентностей:

1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1).
2. Навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-2).
3. Здатність проведення самостійних досліджень на сучасному рівні (ЗК-3).
4. Здатність до пошуку, оброблення на аналізу інформації з різних джерел (ЗК-4).
5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-5).
6. Здатність працювати в міжнародному науковому просторі (ЗК-6).
7. Здатність розробляти та управляти науковими проектами (ЗК-7).
8. Здатність до застосування теоретичних знань до розв'язання прикладних задач (ЗК-9).
9. Здатність оцінювати і забезпечувати належну якість власної наукової та прикладної роботи (ЗК-11)
10. Здатність формулювати наукову проблему, робочі гіпотези досліджуваної проблеми, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики (ФК-1).
11. Здатність до самостійного опрацювання та аналізу літературних джерел у галузі математичної та прикладної статистики (ФК-2).
12. Здатність формулювати математико-статистичні моделі явищ реального світу (ФК-3).

13. Здатність до вибору існуючих та створення нових методів та методик аналізу реальних статистичних даних відповідно до поставленої задачі (ФК-4).
14. Здатність до оцінки ефективності методів статистичного аналізу даних за допомогою аналітичного дослідження та імітаційного моделювання (ФК-5).
15. Здатність представляти та обґрунтовувати результати теоретичних та прикладних статистичних досліджень у формі, яка відповідає можливостям сприйняття аудиторії (ФК-6).
16. Здатність до алгоритмічної реалізації нових методів статистичного аналізу даних (ФК-7).
17. Здатність до використання сучасного програмного забезпечення для прикладного статистичного аналізу та для дослідження якості нових статистичних алгоритмів (ФК-8).
18. Знання специфічних особливостей процесів навчання статистичним методам та формування статистичного мислення (ФК-9).

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (РН) (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН 1.1	Знати метод Ейлера наближеного розв'язування стохастичних диференціальних рівнянь та теорему про точність наближень	<i>Лекція, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), екзамен, активна робота на лекції, усні відповіді</i>	5%
РН 1.2	Знати означення та основні властивості дробового броунівського руху та теореми про інтегральні зображення для нього			5%
РН 1.3	Знати методи оцінювання параметрів у лінійних моделях із дискретним та неперервним часом для випадків вінерівського та дробового броунівського шумів, теореми про конзистентність відповідних оцінок			5%
РН 1.4	Знати методи оцінювання індекса Хюрста в моделях із дробовим броунівським рухом			5%
РН 1.5	Знати методи оцінювання параметра зсуву в найпростішій моделі авторегресії та в однорідній дифузійній моделі			5%
РН 1.6	Знати загальну постановку задачі фільтрації та метод побудови оптимального фільтра			<i>Екзамен, активна робота на лекції, усні відповіді</i>
РН 2.1	Вміти моделювати траєкторії випадкових процесів, зокрема вінерівського процесу, дробового броунівського руху, розв'язків стохастичних диференціальних рівнянь	<i>Практичне заняття, самостійна робота</i>	<i>Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), екзамен, виконання завдань, винесених на самостійну роботу</i>	10%
РН 2.2	Вміти оцінювати параметри у регресійній моделі з дискретним часом, у лінійній моделі з дробовим броунівським рухом та дискретним часом, у лінійній моделі з вінерівським процесом та неперервним часом, у лінійній моделі з дробовим броунівським рухом та неперервним часом.			15%
РН 2.3	Вміти оцінювати індекс Хюрста дробового броунівського руху за допомогою квадратичних варіацій та за допомогою R/S-статистики.			10%
РН 2.4	Вміти оцінювати параметр зсуву в найпростішій			10%

	моделі авторегресії та в однорідній дифузійній моделі.			
PH 2.5	Вміти будувати оптимальний фільтр Калмана-Бьюсі.		Екзамен, виконання завдань, винесених на самостійну роботу	10%
PH3.1	Здатність працювати у міжнародному просторі, обґрунтовувати власний погляд на задачу та формулювати робочі гіпотези, спілкуватися з колегами з питань застосування методів та теорій математики, писати наукові роботи	Практичне заняття, самостійна робота	Виступ з доповіддю за темою наукового дослідження	5%
PH4.1	Демонстрація авторитетності, інноваційність, високий ступінь самостійності, академічна та професійна добросесність, послідовна відданість розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності.			5%
PH4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їх якість			5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Програмні результати навчання													
	PH 1.1	PH 1.2	PH 1.3	PH 1.4	PH 1.5	PH 1.6	PH 2.1	PH 2.2	PH 2.3	PH 2.4	PH 2.5	PH 3.1	PH 4.1	PH 4.2
<i>(з опису освітньої програми)</i>														
ПРН-3-1. Знати праці провідних зарубіжних вчених, наукові школи та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження як складову загально цивілізаційного процесу;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-3-2. Знати принципи фінансування науково-дослідної роботи та структуру кошторисів на її виконання, вміння підготувати запит на отримання фінансування, звіту	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-3-3. Моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-3-4. Визначати методологічні принципи та методи наукового дослідження галузі інформаційних технологій в залежності від об'єкту і предмету, використовуючи міждисциплінарні підходи.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-3-5. Використовувати сучасні інформаційні та комунікативні технології при спілкуванні, обміні інформацією, зборі, аналізі, обробці, інтерпретації джерел; здійснювати публікацію джерел;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

ПРН-3-6. Знати, розуміти і застосовувати математичні концепції, методи системного аналізу і математичного моделювання.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
ПРН-У-1. Аналізувати сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі науково-дослідницької та/або професійної діяльності і на межі предметних галузей знань	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
ПРН-У-2. Критичний аналіз, оцінка і синтез нових та складних ідей	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
ПРН-У-5. Аналізувати наукові праці в галузі інформаційних технологій, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
ПРН-У-6. Кваліфіковано відображати результати наукових досліджень у наукових статтях, опублікованих як у фахових вітчизняних виданнях, так і у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз													+	+	+	
ПРН-У-7. Знати, розуміти і самостійно застосовувати методи аналізу предметної області, виявлення математичних потреб і збір даних для проектування;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ПРН-У-8. Оцінювати, класифікувати і обґрунтовувати вибір методів формування вимог до математики, формулювати вимоги;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ПРН-У-9. Аналізувати, оцінювати і вибирати сучасні інструментальні та обчислювальні засоби, технології, алгоритмічні і програмні рішення для конкретної задачі в галузі математики;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ПРН-У-10. Формулювати, експериментально підтверджувати, обґрунтовувати і застосовувати на практиці нові конкурентоздатні ідеї, методи, технології розв'язку професійних, науково-технічних задач, в тому числі нестандартних;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ПРН-У-11. Розробляти наукові і інформаційно-освітні ресурси для розв'язання професійних задач, пов'язаних з розвитком та використанням математики;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ПРН-У-12. Розуміти сутність інформації, проводити критичну оцінку кількості і змісту інформації	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ПРН-У-14. Прогнозувати розвиток математики														+	+	+

ПРН-У-15. Розуміти, аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для рішення професійних наукових задач інформаційно-довідникові та науково-технічні ресурси і джерела знань з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-У-18. Формулювати наукову проблему з огляду на ціннісні орієнтири сучасного суспільства та стан її наукової розробки.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-У-19. Здійснювати процедуру встановлення інформаційної цінності джерел шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-У-20. Ініціювання наукових проєктів в галузі комп'ютерних наук та інформаційних систем, лідерство та повна автономність під час їх реалізації													+	+	+
ПРН-У-23. Оформляти результати досліджень у вигляді статей і доповідей на наукових конференціях.													+	+	+
ПРН-У-29. Працювати зі студентською аудиторією в галузі статистики, вміти організувати їх навчальний процес													+		

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання здобувачів освітньо-наукового ступеня:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН1.6 – 5 балів/3 бали;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4, РН2.5 – 20 балів/12 балів;
3. Контрольна робота 1: РН1.1, РН1.2, РН2.1 – 10 балів/6 балів;
4. Контрольна робота 2: РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН2.2, РН2.3, РН2.4 – 10 балів/6 балів;
6. Виступ з доповіддю за темою наукового дослідження: РН3.1, РН4.1, РН4.2, – 15 балів/9 балів;

- підсумкове оцінювання: екзамен.

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН1.4, РН1.5, РН1.6, РН2.1, РН2.2, РН2.3, РН2.4, РН2.5;
- форма проведення і види завдань: письмова робота.

7.2. Організація оцінювання:

Обов'язковим є виконання завдань, винесених на самостійну роботу, та модульних контрольних робіт за графіком робочої програми.

У частину 1 входять теми 1–2, у частину 2 – теми 3–6 у частину 3 – теми 7–8. Обов'язковим для екзамену є виконання усіх контрольних робіт та доповідь за темою наукового дослідження до

вказаної викладачем дати, перед початком екзаменаційної сесії, згідно навчального плану. Переписування чи перескладання тем не практикується.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. *Контрольна робота: до 5 тижня навчального періоду.*
2. *Контрольна робота: до 13 тижня навчального періоду.*
3. *Доповідь за темою наукового дослідження: до 10 тижня навчального періоду.*

У випадку відсутності з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольні роботи здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу”.

7.3. Шкала відповідності оцінок

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

При визначені оцінки визначальною є робота в семестрі. Після завершення розгляду тем проводяться письмові контрольні роботи та теоретичне опитування.

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Практичні	Самостійна робота
Частина 1. „Основні означення, поняття та моделі. Методи моделювання випадкових процесів”				
1	<p>Тема 1. Вступ, основні поняття стохастичного аналізу. інтеграл Іто, формула Іто, стохастичні диференціальні рівняння. Наближене розв’язування стохастичних диференціальних рівнянь, метод Ейлера, оцінка точності наближень.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Аналіз літератури щодо стохастичного аналізу, стохастичних диференціальних рівнянь та їх застосувань. Реалізувати алгоритм наближеного розв’язування стохастичного диференціального рівняння.</p>	2		8
2	<p>Тема 2. Дробовий броунівський рух, основні властивості, інтегральні зображення, моделювання.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Аналіз літератури щодо дробового броунівського руху. Реалізувати алгоритми моделювання дробового броунівського руху.</p>	1	2	16
<i>Контрольна робота 1</i>		1		
Частина 2. „Оцінювання параметрів випадкових процесів”				
3	<p>Тема 3. Оцінювання параметрів у регресійних моделях із дискретним часом. Метод найменших квадратів. Оцінювання параметра зсуву у випадках відомого та невідомого початкового значення, оцінювання параметра дифузії.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Вивчити та реалізувати методи оцінювання параметрів зсуву, дифузії та початкового значення у регресійній моделі з дискретним часом.</p>	2		12
4	<p>Тема 4. Оцінювання параметрів у лінійній моделі з дробовим броунівським рухом та дискретним часом. Оцінювання індексу Хюрста за допомогою квадратичних варіацій та за допомогою R/S-статистики.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Вивчити та реалізувати методи оцінювання параметрів у лінійних моделях із дробовим броунівським рухом та дискретним часом.</p>	2		12
5	<p>Тема 5. Оцінювання параметрів у лінійних моделях із неперервним часом для випадків вінерівського та дробового броунівського шумів.</p> <p><i>Самостійна робота:</i> Вивчити та реалізувати методи оцінювання параметрів у лінійній моделі з вінерівським</p>	2		12

	процесом та неперервним часом та в аналогічній моделі з дробовим броунівським рухом.			
6	Тема 6. Оцінювання параметра зсуву в моделі авторегресії. Оцінювання параметра зсуву в однорідній дифузійній моделі. <i>Самостійна робота:</i> Вивчити та реалізувати методи оцінювання параметра зсуву в найпростішій моделі авторегресії та в однорідній дифузійній моделі.	2	2	12
Частина 3. „Задача фільтрації. Фільтр Калмана – Б’юсі”				
7	Тема 7. Задача фільтрації для в моделі з дискретним часом. Загальна постановка задачі фільтрації. Оптимальний фільтр. <i>Самостійна робота:</i> Вивчити та реалізувати рекурентний алгоритм побудови фільтра Калмана для моделі з дискретним часом.	2		12
8	Тема 8. Зображення оптимального фільтра через інтеграл по спостережуваному процесу. Інтегральне рівняння Вінера – Хопфа. Оптимальний фільтр як розв’язок стохастичного диференціального рівняння, рівняння Ріккати для середньоквадратичної похибки. <i>Самостійна робота:</i> Реалізувати метод побудови оптимального фільтра для моделі з неперервним часом з використанням рівняння Ріккати для похибки.	2		12
<i>Контрольна робота 2</i>		2		
ВСЬОГО		18	4	96

Загальний обсяг 120 годин, в тому числі:

Лекцій – **18 годин**,

Практичних занять – **4 години**

Консультації - **2 години**.

Самостійна робота – **96 години**.

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Випадкові процеси: теорія, статистика, застосування / Мішура Ю.С., Ральченко К.В., Сахно Л.М., Шевченко Г.М. К. : ВПЦ «Київський університет», 2018.
2. Mishura Y., Shevchenko G. Theory and statistical applications of stochastic processes. London : ISTE Ltd., 2017.

Додаткові:

1. Булинский А.В., Ширяев А.Н. Теория случайных процессов. М. : Физматлит, 2005.
2. Кузнецов Д. Ф. Численное моделирование стохастических дифференциальных уравнений и стохастических интегралов. СПб. : Наука, 1999.
3. Липцер Р. Ш., Ширяев А.Н. Статистика случайных процессов. М. : Наука, 1974.
4. Kloeden P. E., Platen E. Numerical solution of stochastic differential equations. Berlin : Springer-Verlag, 1992.

5. Kutoyants Y. A. Statistical inference for ergodic diffusion processes. London : Springer-Verlag, 2004.
6. Mishura Y. S. Stochastic calculus for fractional Brownian motion and related processes. Berlin : Springer-Verlag, 2008.