

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ



Випадкові процеси

**робоча програма навчальної дисципліни**

Галузь знань *12 «Інформаційні технології»*  
Спеціальність *124 "Системний аналіз"*  
Освітній рівень *перший (бакалаврський)*  
Освітня програма *Управління складними системами*

Статус дисципліни *базова*  
Мова викладання, навчання та оцінювання *українська*

Завідувач кафедри  
економічної кібернетики

*Лідія ГУР'ЯНОВА*

Харків  
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри *економічної кібернетики*

Протокол № 1 від 25 серпня 2020 р.

Розробник:

Чернова Наталя Леонідівна, к.е.н., доц. кафедри економічної кібернетики

**Лист оновлення та перезатвердження  
робочої програми навчальної дисципліни**

Навчальний рік	Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри

## Анотація навчальної дисципліни

Програма вивчення базової навчальної дисципліни «Випадкові процеси» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів спеціальності 124 «Системний аналіз».

Предметом пізнання є інструментарій оцінки та аналізу випадкових явищ у динаміці їхнього розвитку.

Математичний апарат теорії випадкових процесів широко використовується при вивченні економічних систем різного масштабу і призначення. Це пов'язано з тим, що зазначені системи функціонують і розвиваються в умовах нестационарного зовнішнього середовища, під впливом різного роду випадкових факторів.

Програма навчальної дисципліни складається з двох змістових модулів:

1. Вступ до теорії випадкових процесів.
2. Використання теорії випадкових процесів у моделюванні економічних систем.

Мета навчальної дисципліни: Метою вивчення навчальної дисципліни є формування системи знань з інструментарію досліджень випадкових процесів.

### Характеристика навчальної дисципліни

Курс	2
Семестр	4
Кількість кредитів ECTS	4
Форма підсумкового контролю	залік

### Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Пререквізити	Постреквізити
Лінійна алгебра та аналітична геометрія, Математичний аналіз, Теорія ймовірностей і математична статистика	Методи оптимізації та дослідження операцій Моделювання систем Теорія прийняття рішень

### Компетентності та результати навчання за дисципліною

Компетентності	Результати навчання
1	2
КЗ 5. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми	РН-5. Організувати власну професійну діяльність, обрати оптимальні методи та способи розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем професійній діяльності, оцінювати їхню ефективність
КЗ 6. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел	РН-6. Використовувати результати самостійного пошуку, аналізу та синтезу інформації з різних джерел для ефективного рішення спеціалізованих задач професійної діяльності
КЗ 11. Здатність приймати обґрунтовані рішення	РН-11. Аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов, відповідати за прийняті рішення

1	2
КФ 4. Здатність виділяти основні чинники, які впливають на розвиток економічних, соціальних процесів, відокремлювати в них стохастичні та невизначені фактори, формулювати ці фактори у вигляді випадкових або нечітких величин, векторів, процесів та досліджувати залежності між ними	РН-19. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів; вміти визначати ймовірнісні розподіли стохастичних 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 фактори у вигляді випадкових величин, векторів, процесів

## Програма навчальної дисципліни

### Змістовий модуль 1. Вступ до теорії випадкових процесів

#### **Тема1. Основні поняття випадкових процесів та їх класифікація.**

##### *1.1. Поняття про випадкову функцію і випадковий процес.*

Поняття випадкової величини. Поняття випадкової функції, реалізації випадкової функції, перетину випадкової функції. Поняття випадкового процесу та випадкової послідовності. Приклади випадкових процесів.

##### *1.2. Закон розподілу випадкового процесу.*

Поняття про закон розподілу випадкової величини. Визначення випадкової функції як системи випадкових величин. N-мірний закон розподілу випадкової функції та випадкового процесу.

##### *1.3. Характеристики випадкового процесу.*

Математичне сподівання, дисперсія, середнє квадратичне відхилення випадкового процесу. Коваріаційна та кореляційна функції випадкового процесу та їх властивості. Елементарні операції над випадковими процесами.

##### *1.4. Лінійні перетворення випадкових процесів.*

Поняття про методи визначення характеристик перетворених випадкових процесів по характеристикам вихідних випадкових процесів. Поняття оператора випадкового процесу. Класифікація операторів. Властивості лінійних однорідних операторів. Приклади лінійних однорідних операторів. Приклади лінійних неоднорідних операторів. Методи визначення характеристик лінійно перетворених випадкових процесів по характеристикам початкових випадкових процесів.

##### *1.5. Додавання випадкових процесів.*

Поняття про взаємну коваріаційну функцію випадкового процесу. Поняття про взаємну кореляційну функцію випадкового процесу. Визначення основних характеристик суми будь-якої кількості випадкових процесів по характеристикам вихідних випадкових процесів. Комплексні випадкові процеси.

##### *1.6. Канонічні розкладання випадкових процесів.*

Поняття про елементарний випадковий процес. Приклади елементарних випадкових процесів. Лінійні перетворення елементарних випадкових процесів. Основна ідея методу канонічного розкладання випадкових процесів. Загальний вигляд канонічного розкладання випадкового процесу. Правила знаходження характеристик випадкового процесу, представленого своїм канонічним розкладанням. Лінійні перетворення випадкових процесів, представлених своїм канонічним розкладанням.

## **Тема2. Деякі види випадкових процесів.**

### *2.1. Класифікація випадкових процесів.*

Авторегресійні процеси. Кумулятивні процеси. Розгалужені процеси. Мартингали. Рекурентні процеси. Випадкові блукання. Процес Пуассона. Марківські процеси. Стаціонарні процеси. Нормальні процеси.

### *2.2. Стаціонарні випадкові процеси.*

Поняття про стаціонарні та нестаціонарні випадкові процеси. Властивості основних характеристик стаціонарного випадкового процесу. Спектральне розкладання стаціонарного випадкового процесу. Ергодична властивість стаціонарного випадкового процесу.

### *2.3. Нормальні випадкові процеси.*

Визначення нормального випадкового процесу. Основні властивості нормального випадкового процесу.

## **Тема3. Методи фільтрації випадкових процесів**

### *3.1. Загальна постановка задачі фільтрації.*

Загальна постановка задачі оцінки випадкових сигналів. Основні властивості лінійних фільтрів. Задачі прогнозування, фільтрації та інтерполяції.

### *3.2. Оптимальна фільтрація Вінера-Колмогорова*

Основні співвідношення та особливості застосування алгоритму.

### *3.3. Фільтрація Калмана-Бьюссі*

Динамічні системи. Модель спостережень і станів. Метод нестаціонарної фільтрації Калмана-Бьюссі. Основні співвідношення та алгоритм методу

## **Змістовий модуль 2. Використання теорії випадкових процесів у моделюванні економічних систем**

## **Тема4. Марківські випадкові процеси з дискретними станами та дискретним часом**

### *4.1. Основні визначення теорії марківських випадкових процесів*

Визначення марківського процесу як процесу без післядії. Класифікація марківських випадкових процесів. Поняття марківського ланцюга

### *4.2. Ергодична властивість марківського ланцюга*

Поняття про ергодичний марківський ланцюг. Визначення циклічного та регулярного марківських ланцюгів. Ергодична теорема Маркова. Алгоритм визначення фінальних ймовірностей ергодичного марківського ланцюга.

### *4.3. Класифікація станів марківського ланцюга*

Визначення суттєвого та несуттєвого станів, досяжного стану, сполучених станів. Властивості симетричності, транзитивності та рефлексивності сполучених станів. Поняття замкнутої множини станів. Визначення періодичного стану. Визначення транзитивного стану. Поняття про класи еквівалентності на множині станів марківського процесу. Властивість приводимості (розкладності) марківського ланцюга.

### *4.4. Абсорбційні ланцюги Маркова*

Поняття абсорбційного стану та абсорбційного ланцюга. Загальний вигляд матриці перехідних ймовірностей абсорбційного марківського ланцюга. Визначення основної (фундаментальної) матриці абсорбційного марківського ланцюга. Ймовірнісна інтерпретація елементів основної (фундаментальної) матриці.

## **Тема 5: Марківські випадкові процеси з дискретними станами і неперервним часом**

### *5.1. Рівняння Колмогорова для ймовірностей станів.*

Визначення марківського випадкового процесу з дискретними станами та неперервним часом. Методи їх формалізованого опису. Граф станів. Визначення щільності ймовір-

ності переходу марківського випадкового процесу з дискретними станами та неперервним часом. Вивід рівнянь Колмогорова для ймовірностей станів. Загальне правило формування системи рівнянь Колмогорова для ймовірностей станів. Приклади формування системи рівнянь Колмогорова.

#### *5.2. Граничні ймовірності станів.*

Поняття про граничні (фінальні) ймовірності станів. Інтерпретація граничних ймовірностей станів. Правило визначення граничних ймовірностей станів.

#### *5.3. Процеси загибелі і розмноження.*

Поняття процесу загибелі і розмноження. Граф станів процесу загибелі і розмноження. Система рівнянь для граничних ймовірностей станів процесу загибелі і розмноження.

#### *5.4. Циклічні процеси.*

Поняття циклічного марківського процесу. Система рівнянь для граничних ймовірностей станів циклічного марківського процесу. Розгалужені процеси.

#### *5.5. Приблизне приведення не-марківських процесів до марківських.*

Необхідність приведення не-марківських процесів до марківських. Метод псевдостанів.

### **Тема 6. Приховані марківські процеси**

#### *6.1. Поняття прихованої марківської моделі*

Елементи прихованої марківської моделі. Схема формування прихованої марківської моделі. Основні проблеми, пов'язані з використанням прихованої марківської моделі.

#### *6.2. Рішення трьох основних проблем прихованої марківської моделі*

Визначення ймовірності появи певної послідовності спостережень для зазначеної моделі. Як знайти послідовність станів, яка найкращим чином відповідає наявній послідовності спостережень. Як підлаштувати параметри моделі так, щоб максимізувати ймовірність появи певної послідовності спостережень.

#### *6.3. Застосування теорії прихованих марківських моделей для моделювання систем різного призначення*

Приклади економічних процесів, що можуть бути представлені прихованою марківською моделлю. Прогнозування послідовності станів системи

### **Тема 7. Теорія масового обслуговування(ТМО)**

#### *7.1. Основні поняття ТМО.*

Що вивчає ТМО. Структура системи масового обслуговування. Поняття обслуговуючого апарату, джерела вимог, потоку вимог.

#### *7.2. Найпростіший потік вимог.*

Властивості стаціонарності, ординарності, відсутності післядії потоку вимог. Система функцій Пуассона для опису потоку вимог. Параметр потоку вимог та його економічна інтерпретація.

#### *7.3. Кількісний опис часу обслуговування.*

Поняття часу обслуговування. Параметр часу обслуговування та його економічна інтерпретація. Система функцій Пуассона для опису часу обслуговування.

#### *7.4. Класифікація систем масового обслуговування.*

Ознаки класифікації систем масового обслуговування.

#### *7.5. Якість функціонування систем масового обслуговування.*

Розрахункові формули для основних характеристик систем масового обслуговування різних типів.

Перелік лабораторних занять, а також питань та завдань до самостійної роботи наведено у таблиці «Рейтинг-план навчальної дисципліни».

### **Методи навчання та викладання**

У процесі викладання навчальної дисципліни для активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів передбачене застосування як активних, так і інтерактивних навчальних

технологій, серед яких: лекції проблемного характеру, міні-лекції, робота в малих групах, презентації, банки візуального супроводу (табл. 1 і 2).

Розділ форм та методів активізації процесу навчання за темами навчальної дисципліни наведено у табл. 1.

Таблиця 1

**Розподіл форм та методів активізації процесу навчання за темами навчальної дисципліни**

Тема	Практичне застосування навчальних технологій
Тема 1. Основні поняття випадкових процесів та їх класифікація	Лекція проблемного характеру з питання «Випадкові процеси у економіці», робота в малих групах, презентація результатів, банки візуального супроводу
Тема 2. Деякі види випадкових процесів	Міні-лекція з питання «Приклади випадкових процесів різних класів», банки візуального супроводу
Тема 3. Методи фільтрації випадкових процесів	Лекція проблемного характеру з питання «Історія виникнення та теорії фільтрації», робота в малих групах, презентація результатів, банки візуального супроводу
Тема 4. Марківські випадкові процеси з дискретними станами та дискретним часом	Міні-лекція з питання «Класифікація станів марківського ланцюга», банки візуального супроводу
Тема 5: Марківські випадкові процеси з дискретними станами і неперервним часом.	Міні-лекція з питання «Приблизне приведення немарківських процесів до марківських», банки візуального супроводу
Тема 6. Приховані марківські процеси	Лекція проблемного характеру з питання «Особливості використання теорії прихованих марківських процесів у дослідженні економічних явищ», робота в малих групах, презентація результатів, банки візуального супроводу
Тема 7. Теорія масового обслуговування	Міні-лекція з питання "Класифікація систем масового обслуговування", банки візуального супроводу

Основні відмінності активних та інтерактивних методів навчання від традиційних визначаються не тільки методикою і технікою викладання, але й високою ефективністю навчального процесу, який виявляється у: високій мотивації студентів; закріпленні теоретичних знань на практиці; підвищенні самосвідомості студентів; формуванні здатності приймати самостійні рішення; формуванні здатності до ухвалення колективних рішень; формуванні здатності до соціальної інтеграції; набуття навичок вирішення конфліктів; розвитку здатності до знаходження компромісів.

**Лекції проблемного характеру** – один із найважливіших елементів проблемного навчання студентів. Вони передбачають поряд із розглядом основного лекційного матеріалу встановлення та розгляд кола проблемних питань дискусійного характеру, які недостатньо розроблені в науці й мають актуальне значення для теорії та практики. Лекції проблемного характеру відрізняються поглибленою аргументацією матеріалу, що викладається. Вони сприяють формуванню у студентів самостійного творчого мислення, прищеплюють їм пізнавальні навички. Студенти стають учасниками наукового пошуку та вирішення проблемних ситуацій.

**Міні-лекції** передбачають викладення навчального матеріалу за короткий проміжок часу й характеризуються значною ємністю, складністю логічних побудов, образів, доказів та узагальнень. Вони проводяться, як правило, як частина заняття-дослідження. Міні-лекції відрізняються від повноформатних лекцій значно меншою тривалістю. Зазвичай міні-лекції тривають не більше 10 – 15 хвилин і використовуються для того, щоб стисло донести нову інформацію до всіх студентів. Міні-лекції часто застосовуються як частини цілісної теми, яку бажано викладати повноформатною лекцією, щоб не втомлювати аудиторію. Тоді інформація надається по черзі кількома окремими сегментами, між якими застосовуються інші форми й методи навчання.

**Робота в малих групах** дає змогу структурувати практичні заняття за формою і змістом, створює можливості для участі кожного студента в роботі за темою заняття, забезпечує формування особистісних якостей та досвіду соціального спілкування.

**Презентації** – виступи перед аудиторією, що використовуються для представлення певних досягнень, результатів роботи групи звіту про виконання індивідуальних завдань, проектних робіт. Презентації можуть бути як індивідуальними, наприклад виступ одного студента, так і колективними, тобто виступи двох та більше студентів.

**Банки візуального супроводу** сприяють активізації процесу навчання за темами навчальної дисципліни за допомогою наочності.

Таблиця 2

#### Використання методик активізації процесу навчання

Тема навчальної дисципліни	Практичне застосування методик	Методики активізації процесу навчання
Тема 1. Основні поняття випадкових процесів та їх класифікація.	<i>Завдання 1.</i> Приклади детермінованих та стохастичних процесів та явищ в соціально-економічних системах.	Робота в малих групах, мозкові атаки
Тема 2. Деякі види випадкових процесів	<i>Завдання 1.</i> Аналіз процесів випадкового блукання	Робота в малих групах
Тема 6. Приховані марківські процеси	<i>Завдання 1.</i> Рішення трьох основних проблем прихованої марківської моделі	Робота в малих групах, мозкові атаки
Тема 7. Теорія масового обслуговування	<i>Завдання 1.</i> Оцінка якості функціонування систем масового обслуговування	Робота в малих групах, мозкові атаки

#### Порядок оцінювання результатів навчання

Оцінювання результатів навчання здійснюється за накопичувальною (100-бальною) системою оцінювання. Оцінювання здійснюється за такими видами контролю:

поточний контроль, що здійснюється протягом семестру під час проведення лекційних та лабораторних занять і оцінюється сумою набраних балів (максимальна сума – 100 балів; мінімальна сума, що дозволяє студенту отримати залік – 60 балів);

підсумковий/семестровий контроль, що проводиться у формі семестрового заліку, відповідно до графіку навчального процесу.

Залік виставляється як загальна сума балів, набраних за результатами поточного контролю.

#### Порядок поточного оцінювання

Поточний контроль здійснюється протягом семестру під час проведення лекційних та лабораторних занять в таких формах:

активна робота на лекційних заняттях (сукупний бал за семестр – 6; максимальний бал за заняття дорівнює 0,5 – присутність на занятті, ведення конспекту);



активна участь у виконанні лабораторних завдань (сукупний бал за семестр – 6; максимальний бал за заняття дорівнює 0,5 – присутність на занятті, виконання поточних завдань);

поточне тестування (сукупний бал за семестр – 35; максимальний бал за один тест дорівнює 5 – передбачає правильні відповіді на усі запитання тесту);

модульний контроль (сукупний бал за семестр – 18; максимальний бал за кожну модульну контрольну дорівнює 9 – передбачає повністю виконане завдання).

**Поточне тестування** проводиться по закінченні вивчення кожної теми дисципліни. Проведення поточного тестування передбачає виявлення опанування студентом матеріалу лекційного модуля і та вміння застосовувати його для розв'язання практичної ситуації. При цьому тестове завдання може містити як запитання, що стосуються суто теоретичного матеріалу, так і запитання, спрямовані на розв'язання невеличкого практичного завдання.

Формат тестових завдань ділиться на:

завдання закритої форми із запропонованими відповідями, з яких вибирають одну правильну;

завдання відкритої форми з вільно конструйованими відповідями.

Тестове завдання містить від 15 до 30 запитань щодо перевірки знань основних категорій навчальної дисципліни залежно від теми.

Оцінка рівня відповідей студентів на тестові завдання розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = \text{округл} \left[ \frac{\text{кількість вірних відповідей}}{\text{кількість запитань}} \times \text{ваговий коефіцієнт} \right], \quad (1)$$

де  $\text{округл}[\ ]$  – функція округлення за загальними правилами.

**Модульний контроль** з даної навчальної дисципліни проводиться 2 рази за семестр у письмовій формі після того як розглянуто увесь теоретичний матеріал та виконані лабораторні завдання в межах кожного з двох модулів, та включає завдання різного рівня складності відповідно до тем змістового модуля.

### **Порядок оцінювання самостійної роботи**

Самостійна робота здобувача оцінюється шляхом перевірки домашніх завдань за кожною темою. Максимальна сукупна кількість балів за цей вид робіт становить 35. За кожне окреме завдання студент може отримати максимальний бал, що дорівнює 5.

Оцінювання домашніх завдань за темами проводиться за такими критеріями:

розуміння, ступінь засвоєння теорії проблем, що розглядаються;

ступінь засвоєння фактичного матеріалу навчальної дисципліни;

логіка, структура, стиль викладу матеріалу у відповідному звіті з виконання завдань за темами, вміння обґрунтовувати свою позицію, здійснювати узагальнення інформації та робити висновки;

арифметична правильність виконання завдання.

Максимально можливий бал за конкретним завданням ставиться за умови відповідності індивідуального завдання студента або його усної відповіді всім зазначеним критеріям. Відсутність тієї або іншої складової знижує кількість балів. При оцінюванні індивідуальних завдань увага також приділяється якості, самостійності та своєчасності здачі виконаних завдань викладачу, згідно з графіком навчального процесу. Якщо якась із вимог не буде виконана, то бали будуть знижені.

**Підсумкова оцінка з дисципліни** складається як накопичувана сума результатів поточного контролю.

Студент, який із поважних причин, підтверджених документально, не мав можливості брати участь у формах поточного контролю, тобто не склав змістовий модуль, має право на

його відпрацювання у двотижневий термін після повернення до навчання за розпорядженням декана факультету відповідно до встановленого терміну.

Студента слід **вважати атестованим**, якщо сума балів, одержаних за результатами підсумкової/семестрової перевірки успішності, дорівнює або перевищує 60.

Підсумкова оцінка з навчальної дисципліни розраховується з урахуванням балів, отриманих під час поточного контролю за накопичувальною системою. Сумарний результат у балах за семестр складає: «60 і більше балів – зараховано», «59 і менше балів – не зараховано» та заноситься у залікову «Відомість обліку успішності» навчальної дисципліни. У випадку отримання менше 60 балів студент обов'язково здає залік після закінчення екзаменаційної сесії у встановлений деканом факультету термін, але не пізніше двох тижнів після початку семестру. У випадку повторного отримання менше 60 балів декан факультету призначає комісію у складі трьох викладачів на чолі із завідувачем кафедри та визначає термін перескладання заліку, після чого приймається рішення відповідно до чинного законодавства: «зараховано» – студент продовжує навчання за графіком навчального процесу, а якщо «не зараховано», тоді декан факультету пропонує студенту повторне вивчення навчальної дисципліни протягом наступного навчального періоду самостійно.

Виставлення підсумкової оцінки здійснюється за шкалою, що наведена в таблиці "Шкала оцінювання: національна та ЄКТС".

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D		
60 – 63	E	задовільно	не зараховано
35 – 59	FX	незадовільно	
1 – 34	F		

У випадку отримання менше 60 балів студент обов'язково здає залік після закінчення екзаменаційної сесії у встановлений деканом факультету термін, але не пізніше двох тижнів після початку семестру. У випадку повторного отримання менше 60 балів декан факультету призначає комісію у складі трьох викладачів на чолі із завідувачем кафедри та визначає термін перескладання заліку, після чого приймається рішення відповідно до чинного законодавства: «зараховано» – студент продовжує навчання за графіком навчального процесу, а якщо «не зараховано», тоді декан факультету пропонує студенту повторне вивчення навчальної дисципліни протягом наступного навчального періоду самостійно.

Форми оцінювання та розподіл балів наведено у таблиці "Рейтинг-план навчальної дисципліни".

**Рейтинг-план навчальної дисципліни.**

<b>Тема</b>	<b>Форми та види навчання</b>		<b>Форми оцінювання</b>	<b>Мак бал</b>
<b>Змістовий модуль 1. Вступ до теорії випадкових процесів</b>				
<b>Тема 1</b>	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція «Основні поняття випадкових процесів та їх класифікація»	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лабораторне заняття	Визначення основних характеристик випадкового процесу	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
	Лекція	Лекція «Основні поняття випадкових процесів та їх класифікація»	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лабораторне заняття	Визначення основних характеристик випадкового процесу	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
			Контрольна робота	<b>5</b>
	<i>Самостійна робота</i>			
Підготовка до занять	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення задач щодо визначення основних характеристик випадкового процесу	Перевірка ДЗ та звітів з лабораторних робіт	<b>5</b>	
<b>Тема 2</b>	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція " Деякі види випадкових процесів "	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лабораторне заняття	Класифікація випадкових процесів	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
	Лекція	Лекція " Деякі види випадкових процесів "	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лабораторне заняття	Стаціонарні випадкові процеси	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
			Контрольна робота	<b>5</b>
	<i>Самостійна робота</i>			
Підготовка до занять	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення задач щодо визначення типу випадкового процесу та його основних властивостей	Перевірка ДЗ та звітів з лабораторних робіт	<b>5</b>	
<b>Тема 3</b>	<i>Аудиторна робота</i>			
	Лекція	Лекція «Методи фільтрації випадкових процесів»	Робота на лекції	<b>0,5</b>

	Лабораторне заняття	Скалярний фільтр Калмана	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
			Контрольна робота	<b>5</b>
<b><i>Самостійна робота</i></b>				
	Підготовка до занять	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення задач щодо прогнозування лінійних процесів за допомогою фільтрів	Перевірка ДЗ та звітів з лабораторних робіт	<b>5</b>
<b>Змістовий модуль 2. Використання теорії випадкових процесів у моделюванні економічних систем</b>				
<b>Тема 4</b>	<b><i>Аудиторна робота</i></b>			
	Лекція	Лекція «Марківські випадкові процеси з дискретними станами та дискретним часом»	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лабораторне заняття	Абсорбційні ланцюги Маркова	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
	Лекція	Лекція «Марківські випадкові процеси з дискретними станами та дискретним часом»	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лабораторне заняття	Ергодична властивість марківського ланцюга	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
			Контрольна робота	<b>5</b>
	<b><i>Самостійна робота</i></b>			
Підготовка до занять	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення задач щодо оцінки станів марківського ланцюга	Перевірка ДЗ та звітів з лабораторних робіт	<b>5</b>	
<b>Тема 5</b>	<b><i>Аудиторна робота</i></b>			
	Лекція	Лекція «Марківські випадкові процеси з дискретними станами і неперервним часом»	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лабораторне заняття	Визначення характеристик марківського процесу з дискретними станами і неперервним часом	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
			Контрольна робота	<b>5</b>
			Модульна КР	<b>9</b>
	<b><i>Самостійна робота</i></b>			
Підготовка до занять	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення задач щодо оцінки ймовірностей станів неперервного випадкового процесу	Перевірка ДЗ та звітів з лабораторних робіт	<b>5</b>	
<b>Тема 6</b>	<b><i>Аудиторна робота</i></b>			
	Лекція	Лекція " Приховані марківські процеси "	Робота на лекції	<b>0,5</b>

	Лабораторне заняття	Рішення трьох основних проблем прихованої марківської моделі	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
	Лекція	Лекція " Приховані марківські процеси "	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лабораторне заняття	Рішення трьох основних проблем прихованої марківської моделі	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
			Контрольна робота	<b>5</b>
<b>Самостійна робота</b>				
	Підготовка до занять	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення задач щодо прогнозування прихованих станів випадкового процесу	Перевірка ДЗ та звітів з лабораторних робіт	<b>5</b>
<b>Аудиторна робота</b>				
	Лекція	Лекція " Теорія масового обслуговування "	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лабораторне заняття	Рішення задач теорії масового обслуговування	Робота на лекції	<b>0,5</b>
	Лекція	Лекція " Теорія масового обслуговування "	Активна участь у виконанні практичних завдань	<b>0,5</b>
			Модульна КР	<b>9</b>
	Лабораторне заняття	Рішення задач теорії масового обслуговування	Активна участь у виконанні лабораторних завдань	<b>0,5</b>
			Контрольна робота	<b>5</b>
<b>Самостійна робота</b>				
	Підготовка до занять	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення задач щодо оцінки якості функціонування систем масового обслуговування	Перевірка ДЗ та звітів з лабораторних робіт	<b>5</b>
<b>Разом</b>				<b>100</b>

### Рекомендована література

#### Основна

1. Андреев В.Н., Иоффе А.Я. Эти замечательные цепи. – М.: Знание, 1987. – 176с.
2. Вентцель А.Д. Курс теории случайных процессов. М.: Наука, - 1975.- 320с.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Высшая школа, 2000. – 383с
4. Волков И.К., Зуев С.М., Цветкова Г.М. Случайные процессы. – М.: МГТУ, - 1999.- 448с.

5. Дослідження операцій: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.030502 «Економічна кібернетика» всіх форм навчання / Т. С. Клебанова, О. Ю. Полякова, Н. Л. Чернова, Л. О. Чаговець, О. В. Панасенко. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2013. – 192 с

6. Леондес К. Т. Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах. – М.: «Мир», 1980. – 407с.

7. Фомин В.Н. Рекуррентное оценивание и адаптивная фильтрация. – М.: Наука, 1984. – 288с.

#### Додаткова

8. Балакришнан А. Теория фильтрации Калмана. – М.: Мир, 1988. – 168с.

9. Валтер Я. Стохастические модели в экономике. – М.: Статистика, 1976. – 231с.

10. Гихман И.И., Скороход А.В. Введение в теорию случайных процессов. – М.: Наука, 1977. – 568 с.

11. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей. – М.: Наука, 1988. – 448 с.

12. Дынкин Е.Б., Юшкевич А.А. Управляемые марковские процессы и их приложения. – М.: Наука, 1975. 334с.

13. Колмогоров А.Н., Журбенко И.Г., Прохоров А.В. Введение в теорию вероятностей. – М.: Физматлит, 1995. – 176 с.

14. Коршунов Ю. М. Математические основы кибернетики. – М.: Энергия, 1972. – 376 с.

15. Портенко Н.И., Скороход А.В., Шуренков В.М. – Марковские процессы. – М.: ВИНТИ, 1989. – 248 с.

16. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления. – М.: Гос-е изд-во технико-теоретической лит-ры, 1957. – 659 с.

17. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. – М.: Наука, 1968. – 464с.

18. Стратонович Р.Л. Условные марковские процессы и их применение к теории оптимального управления. – М.: МГУ, 1965. – 318 с.

19. Тихонов В.И., Миронов М.А. Марковские процессы. – М.: Сов. Радио, 1977. – 408 с.

20. Тутубалин В. Н. Теория вероятностей и случайных процессов. – М.: МГУ, 1992. – 400 с.

#### Інформаційні ресурси

21. Чернова Н.Л. Навчальна дисципліна «Випадкові процеси» [Електронний ресурс] / Н. Л. Чернова. – Режим доступу : <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=7223>