

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



Проректор з навчально-методичної роботи

Каріна НЕМАШКАЛО

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
Мова викладання, навчання та оцінювання

обов'язкова
українська

Завідувач кафедри
економічної кібернетики
і системного аналізу

Лідія ГУР'ЯНОВА

Харків
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри економічної кібернетики і системного аналізу.

Протокол № 1 від 25 серпня 2022 р.

Розробники:

Полякова Ольга Юріївна, к.е.н., доц. кафедри економічної кібернетики і системного аналізу

Прокопович Світлана Валеріївна, к.е.н., доц. кафедри економічної кібернетики і системного аналізу

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 вивчення навчальної дисципліни є методологія та інструментарій побудови і розв'язування детермінованих і стохастичних оптимізаційних задач та задач дослідження операцій.

Мета навчальної дисципліни: Метою вивчення навчальної дисципліни «Випадкові процеси» є формування системи знань з методології та інструментарію побудови і використання оптимізаційних методів і моделей в реальних умовах.

Основним завданням вивчення дисципліни «Випадкові процеси» є оволодіння практичними навичками постановки задач, побудови оптимізаційних моделей, прийняття рішень у процесі планування діяльності в умовах обмеженості ресурсів за допомогою використання методів та алгоритмів лінійної і нелінійної оптимізації та дослідження операцій.

Характеристика навчальної дисципліни

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

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни:

Пререквізити	Постреквізити
Вища математика Програмування Дискретна математика	Моделювання фінансових процесів Моделювання систем Теорія прийняття рішень, Імітаційне моделювання Теорія ігор в управлінні складними системами

Компетентності та результати навчання за дисципліною:

Компетентності	Результати навчання
<p>КЗ 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу</p>	<p>РН 3. 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</p> <p>РН 6. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів</p> <p>РН 12. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об’єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу</p>
<p>КЗ 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях</p>	<p>РН 3. 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</p> <p>РН 6. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів</p> <p>РН 12. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об’єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу</p>
<p>КФ 3. Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів.</p>	<p>РН 3. 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</p>

<p>КФ 4. Здатність визначати основні чинники, які впливають на розвиток фізичних, економічних, соціальних процесів, виокремлювати в них стохастичні та невизначені показники, формулювати їх у вигляді випадкових або нечітких величин, векторів, процесів та досліджувати залежності між ними</p>	<p>РН 3. 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 РН 6. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів РН 15. Розуміти українську та іноземну мови на рівні, достатньому для обробки фахових інформаційно-літературних джерел, професійного усного і письмового спілкування, написання текстів за фаховою тематикою</p>
<p>Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми системного аналізу у професійній діяльності або в процесі навчання, що передбачають застосування теоретичних положень та методів системного аналізу та інформаційних технологій і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов</p>	<p>РН 3. 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 РН 6. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів РН 12. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу</p>

Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Випадкові функції та випадкові процеси

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.

Тема 2. 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.

Тема 3. 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 нестационарної фільтрації Калмана-Бьюссі. Основні співвідношення та алгоритм методу.

Змістовий модуль 2. Прикладні завдання аналізу випадкових процесів

Тема 4. 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 ймовірності 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

Методи навчання

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 (Тема 1, 2, 4), міні-лекції (Тема 6), робота в малих групах (Тема 3, 4, 5), презентації, 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.

Порядок оцінювання результатів навчання

ХНЕУ ім. С. Кузнеця використовує накопичувальну (100-бальну) систему оцінювання.

Система оцінювання сформованих компетентностей у студентів враховує види занять, які згідно з програмою навчальної дисципліни передбачають лекційні, лабораторні заняття, а також виконання самостійної роботи. Контрольні заходи включають:

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

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

Поточний контроль з даної навчальної дисципліни проводиться в таких формах:

- захист індивідуального розрахункового завдання;
- проведення поточного тестування;
- проведення модульного контролю .

Поточний контроль здійснюється протягом семестру під час проведення лекційних, лабораторних занять.

Порядок проведення поточного оцінювання знань студентів. Оцінювання знань студента під час лабораторних занять та виконання індивідуальних завдань проводиться за

накопичувальною 100-бальною системою за такими критеріями:

розуміння, ступінь засвоєння теорії та методології проблем, що розглядаються;

ступінь засвоєння фактичного матеріалу навчальної дисципліни;

ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з питань, що розглядаються;

вміння поєднувати теорію з практикою при розгляді виробничих ситуацій, розв'язанні задач, проведенні розрахунків у процесі виконання індивідуальних завдань та завдань, винесених на розгляд в аудиторії;

логіка, структура, стиль викладу матеріалу в письмових роботах і при виступах в аудиторії, вміння обґрунтовувати свою позицію, здійснювати узагальнення інформації та робити висновки;

арифметична правильність виконання індивідуального та комплексного розрахункового 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.

Проміжний тестовий контроль 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 округл[] – функція округлення за загальними правилами.

Критерії оцінювання позааудиторної самостійної роботи студентів. Загальними критеріями, за якими здійснюється оцінювання позааудиторної самостійної роботи студентів, є: глибина і міцність знань, рівень мислення, вміння систематизувати знання за окремими темами, вміння робити обґрунтовані висновки, володіння категорійним апаратом,

навички і прийоми виконання практичних завдань, вміння знаходити необхідну інформацію, здійснювати її систематизацію та обробку, самореалізація на практичних та лабораторних заняттях.

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 практичні завдання різного рівня складності відповідно до тем змістового модуля.

Підсумковий контроль проводиться у формі заліку.

Підсумкова оцінка з дисципліни складається як 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.

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.

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

Рейтинг-план навчальної дисципліни

Тема	Форми та види навчання	Форми оцінювання	Мак бал
Змістовий модуль 1. Випадкові функції та випадкові процеси			
ТЕМА 1	<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекції 1, 2 за питаннями: Вступ. Поняття про випадкову функцію і випадковий процес. Закон розподілу випадкового процесу. Характеристики	Активна робота	

	випадкового процесу. Лінійні перетворення випадкових процесів. Додавання випадкових процесів. Канонічні розкладання випадкових процесів.		
	Лабораторна робота 1. Основні прийоми роботи з Internet-програмним середовищем Colab (Python). Лабораторна робота 2. Моделювання випадкового процесу та визначення його характеристик	Захист ЛР	6
	<i>Самостійна робота</i>		
	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою. Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт		
ТЕМА 2	<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекції 3, 4 за питаннями: Класифікація випадкових процесів. Стаціонарні випадкові процеси. Нормальні випадкові процеси.	Еспрес-опитування	8
	Лабораторна робота 3. Моделювання процесу випадкового блукання.	Захист ЛР	6
	<i>Самостійна робота</i>		
	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою. Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт	Контрольна робота	10
ТЕМА 3	<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекції 5, 6 за питаннями: Загальна постановка задачі фільтрації. Оптимальна фільтрація Вінера-Колмогорова. Фільтрація Калмана-Бьюсси	Активна робота	
	Лабораторна робота 4. Фільтрація випадкового процесу	Захист ЛР	6
	<i>Самостійна робота</i>		

	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою. Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт	Контрольна робота	10
Змістовий модуль 2. Прикладні завдання аналізу випадкових процесів			
ТЕМА 4	<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекції 7, 8 за питаннями: Основні визначення теорії марківських випадкових процесів. Ергодична властивість марківського ланцюга. Класифікація станів марківського ланцюга. Абсорбційні ланцюги Маркова	Еспрес-опитування	8
	Лабораторна робота 5. Побудова марківського ланцюга та його аналіз	Захист ЛР	6
	<i>Самостійна робота</i>		
	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою. Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт		
ТЕМА 5	<i>Аудиторна робота</i>		
	Лекції 9, 10 за питаннями: Рівняння Колмогорова для імовірностей станів. Граничні імовірності станів. Процеси загибелі і розмноження. Циклічні процеси. Приблизне приведення не-марківських процесів до марківських		
	Лабораторна робота 6. Визначення характеристик марківського процесу з дискретними станами і неперервним часом	Захист ЛР	6
	<i>Самостійна робота</i>		
	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою. Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт	Контрольна робота	10
ТЕМА 6	<i>Аудиторна робота</i>		

	Лекції 11, 12 за питаннями: Поняття прихованої марківської моделі. Рішення трьох основних проблем прихованої марківської моделі. Застосування теорії прихованих марківських моделей для моделювання систем різного призначення	Еспрес-опитування	8
	Лабораторна робота 7. Розв'язання трьох проблем прихованих марківських процесів	Захист ЛР	6
	<i>Самостійна робота</i>		
	Вивчення лекційного матеріалу, пошук, підбір та вивчення літературних джерел за заданою тематикою. Виконання індивідуальних завдань з лабораторних робіт	Контрольна робота	10
Загальна кількість балів			100

Рекомендована література

Основна

1. Випадкові процеси: теорія, статистика, застосування : підручник / Ю. С. Мішура, К. В. Ральченко, Г. М. Шевченко. – 2-ге вид., випр. і допов. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2021. – 496 с.
2. Методи теорії випадкових процесів: навчальний посібник / Лоева, І. Д., Серга, Е. М. та Школьний, Є. П. - Одеса : ТЕС. – 2019. – 132 с.

Додаткова

3. Горват А.А., Молнар О.О., Мінкович В.В. Методи обробки експериментальних даних з використанням MS Excel: Навчальний посібник. Ужгород: Видавництво УжНУ "Говерла", 2019. – 160 с.
4. Теорія випадкових процесів: Задачі для самостійної роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О.В. Гармаш. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,771 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 44 с.
5. Теорія ймовірностей, теорія випадкових процесів та математична статистика (частина I) / І.А. Рудоміно-Дусятська, Л.М. Козубцова, О.Ю. Пояркова, Т.В. Соловійова, В.С. Сновида, Л.М. Цитрицька. – К.: ВІТІ, 2018. – 187 с.
6. Del Moral P. Stochastic processes. From applications to theory / P. Del Moral, S. Penev. — Boca Raton, FL : CRC Press, 2017.
7. Liquidity, Markets and Trading in Action. An Interdisciplinary Perspective.- Deniz

Ozenbas, Michael S. Pagano... in Classroom Companion: Business (2022).

8. Uncertainty in Engineering : Introduction to Methods and Applications / Louis J. M. Aslett, Frank P. A. Coolen... in SpringerBriefs in Statistics (2022)

Інформаційні ресурси в Інтернеті

9. Полякова О.Ю. Навчальна дисципліна «Випадкові процеси» [Електронний ресурс] / О. Ю. Полякова, С. В. Прокопович. – Режим доступу : <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=7223> .