



АНАЛІЗ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>122 Комп'ютерні науки 124 Системний аналіз</i>
Освітня програма	<i>28343 Системи і методи штучного інтелекту 5094 Системний аналіз і управління 28344 Інтелектуальні сервіс-орієнтовані розподілені обчислювання</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС/120 годин Лекції - 36 год, практи.(комп. практи.) - 18 год, СРС - 66 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік, МКР</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: Доцент, PhD, Гуськова Віра Геннадіївна, huskova.vira@ill.kpi.ua Практичні: старший викладач, PhD, Левенчук Людмила Борисівна, levenchuk.liudmyla@ill.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Аналіз часових рядів — це важлива аналітична дисципліна, яка охоплює методи виявлення закономірностей, прогнозування та моделювання послідовностей даних, що змінюються в часі. Часові ряди є основою для прийняття рішень у багатьох сферах: фінансах, економіці, метеорології, енергетиці, телекомунікаціях, охороні здоров'я, соціальних науках та інженерії. Ефективне моделювання часових рядів дозволяє не лише описувати динаміку явищ, а й будувати точні прогнози та сценарії розвитку подій.

Метою опанування дисципліни є формування у студентів глибокого розуміння концепцій, методів і алгоритмів аналізу часових рядів, а також здатності застосовувати їх для аналізу реальних даних і створення прогнозних моделей.

Предметом навчальної дисципліни є статистичні, стохастичні та машинні методи моделювання часових рядів, включаючи автокореляційний аналіз, ARIMA-моделі,

сезонні компоненти, тренди, згладжування, моделі з ковзним середнім, багатовимірні часові ряди, моделі на основі машинного навчання та гібридні підходи.

Після засвоєння дисципліни «Аналіз часових рядів» студенти мають продемонструвати такі компетентності та результати навчання:

Компетентності:

- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 3)
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 7)
- Здатність працювати в команді (ЗК 9)
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК 11)
- Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтовування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування (ФК 1)
- Здатність до виявлення статистичних закономірностей недетермінованих явищ, застосування методів обчислювального інтелекту, зокрема статистичної, нейромережевої та нечіткої обробки даних, методів машинного навчання та генетичного програмування тощо (ФК 2)
- Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач (ФК 4)
- Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів (ФК 7)
- Здатність до інтелектуального аналізу даних на основі методів обчислювального інтелекту включно з великими та погано структурованими даними, їхньої оперативної обробки та візуалізації результатів аналізу в процесі розв'язування прикладних задач (ФК 11)
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем, явищ і процесів (ФК 18)
- Здатність використовувати математичні методи для прийняття ефективних рішень під час розв'язання професійних задач в процесі проектування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (ІСППР) (ФК 21)

Результати навчання:

- Використовувати методи обчислювального інтелекту, машинного навчання, нейромережевої та нечіткої обробки даних, генетичного та еволюційного програмування для розв'язання задач розпізнавання, прогнозування, класифікації, ідентифікації об'єктів керування тощо. (ПР 4)
- Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах. (ПР 8)
- Проводити системний аналіз шляхів побудови систем обробки даних в комп'ютерних інформаційних технологіях з урахуванням можливостей технічної реалізації, аналіз характеристик систем обробки даних з урахуванням їх технічної реалізації, оцінку перспектив їх розвитку (ПР 18)

- Використовувати математичні методи для прийняття ефективних рішень під час розв'язання професійних задач в процесі проектування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (ІСППР), розуміти сучасні напрямки розвитку ШІ та нових засобах побудови систем штучного інтелекту та знаходити та розробляти новітні ефективні алгоритми, отримати навички інженера по знанням (когнітолога) в проектуванні і розробці баз знань інтелектуальних систем і технологій: здатність до розробки експертних систем (ПР 20)
- Розуміти різні типи інтелектуальних систем і технологій; ставити завдання побудови інтелектуальних систем для вирішення завдання вибору варіантів в проблемної області, що погано формалізується (ПР 24)

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Курс **«Аналіз часових рядів»** є однією з ключових навчальних дисциплін підготовки бакалаврів за спеціальностями **«Комп'ютерні науки»** та **«Системний аналіз»**. Ця дисципліна узагальнює знання, отримані в межах раніше опанованих курсів з математики, статистики, обробки даних, моделювання та основ штучного інтелекту.

Курс має систематизований характер і забезпечує глибоке засвоєння теоретичних засад та практичних методів аналізу, моделювання та прогнозування часових рядів. Зокрема, розглядаються статистичні моделі, автокореляційний аналіз, ARIMA-моделі, методи згладжування, сезонні коливання, методи машинного навчання для часових рядів та сучасні програмні інструменти аналізу.

Особлива увага приділяється практичному застосуванню методів у **фінансовому аналізі, економічному прогнозуванні, моніторингу технічних систем, екології, енергетиці, охороні здоров'я, соціальних дослідженнях та ін.**

Дисципліна тісно пов'язана з такими курсами, як **«Теорія прийняття рішень»**, **«Основи системного аналізу»**, **«Прикладна статистика»** а також рядом вибірових дисциплін з Ф-каталогу. Вона закладає фундамент для розуміння поведінки складних динамічних систем і побудови інтелектуальних рішень у сфері аналізу даних.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Методика побудови математичних моделей на основі статистичних та експериментальних даних

Тема 1.1. Підготовка статистичних та експериментальних даних до моделювання, прогнозування та підтримки прийняття рішень. Кореляційний аналіз даних та його використання для побудови моделей часових рядів.

Тема 1.2. Попередній аналіз даних: статистичні тести для виявлення ефектів: нестационарності, нелінійності, гетероскедастичності, екстремальних даних, сезонних ефектів. Процедура оцінювання структури і параметрів моделей часових рядів.

Тема 1.3. Методи оцінювання параметрів моделей. Адаптація методів оцінювання структури і параметрів математичних моделей до фактичних розподілів даних.

Тема 1.4. Критеріальна база для оцінювання якості даних та адекватності математичних моделей часових рядів.

Розділ 2. Застосування різницевих рівнянь

Тема 2.1. Типи різницевих рівнянь для опису часових рядів. Поняття розв'язку різницевого рівняння (АР, АРКС, АРІКС). Аналіз збіжності розв'язків та їх застосування.

Тема 2.2. Загальна методика знаходження однорідних розв'язків різницевих рівнянь та їх аналізу. Три випадки значень коренів характеристичного рівняння та їх використання.

Тема 2.3 Методика знаходження неоднорідних розв'язків різницевих рівнянь, аналіз збіжності повного розв'язку. Приклади знаходження повних розв'язків різницевих рівнянь.

Розділ 3. Оператори зсуву

Тема 3.1. Поняття оператора зсуву та його властивості.

Тема 3.2. Застосування оператора зсуву для формального представлення моделей та знаходження розв'язків різницевих рівнянь.

Тема 3.3. Поняття передавальної функції, роль операторів зсуву у формуванні передавальної функції.

Розділ 4. Прогнозування часових рядів

Тема 4.1. Поняття безумовних та умовних статистичних характеристик (умовне математичне сподівання та дисперсія) досліджуваних процесів та їх використання у прогнозуванні.

Тема 4.2. Означення прогнозу з точки зору теорії оцінювання. Побудова функцій прогнозування без розв'язків рівнянь. Статистичні властивості оцінок прогнозів, обчислених за допомогою лінійних моделей.

Тема 4.3. Побудова функцій прогнозування на основі розв'язків різницевих рівнянь. Середньо- та довгострокове прогнозування досліджуваних процесів.

Тема 4.4. Критеріальна база для аналізу якості оцінок прогнозів.

Тема 4.5. Комбінування оцінок прогнозів, обчислених за допомогою альтернативних методів. Оптимізаційне комбінування та його застосування в системах підтримки прийняття рішень.

Розділ 5. Гетероскедастичні процеси

Тема 5.1. Природа гетероскедастичності та її формальне означення. Обчислення умовної дисперсії та її застосування для побудови моделі динаміки дисперсії.

Тема 5.2. Методика аналізу гетероскедастичних процесів, прості моделі динаміки дисперсії та можливості їх практичного використання.

Тема 5.3. Методи оцінювання параметрів моделей динаміки умовної дисперсії.

Тема 5.4. Моделі динаміки дисперсії вищих порядків, їх побудова та застосування.

Тема 5.5. Приклади практичного застосування моделей динаміки умовної дисперсії.

Розділ 6. Коінтегровані процеси

Тема 6.1. Природа коінтеграції та її формальне означення. Особливості аналізу коінтегрованих процесів, мета коінтеграційного моделювання.

Тема 6.2. Послідовність аналізу коінтегрованих процесів, статистична основа коінтеграційного аналізу: тестування на інтегрованість та коінтегрованість часових рядів; чисельні статистики, застосування статистичної теорії коінтеграції для прогнозування.

Тема 6.3. Приклади практичного застосування моделей коінтегрованих процесів.

Розділ 7. Регресійний аналіз багатовимірних часових рядів

Тема 7.1. Багатовимірні процеси в економіці, фінансах та екології. Особливості аналізу багатовимірних процесів.

Тема 7.2. Кореляційний аналіз багатовимірних процесів. Підготовка даних до моделювання.

Тема 7.3. Оптимальна фільтрація багатовимірних процесів – мета і засоби оптимального оцінювання станів процесів.

Тема 7.4. Особливості побудови математичних моделей багатовимірних часових рядів. Критеріальна база для аналізу адекватності моделей багатовимірних процесів.

Тема 7.5. Методи прогнозування багатовимірних часових рядів; аналіз якості оцінок прогнозів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. **Онищенко О.М.** Аналіз часових рядів: Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2021. – 312 с.
2. **Лисенко О.Ю.** Основи економетрії та аналіз часових рядів: Підручник. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2020. – 285 с.
3. **Шевченко В.П.** Моделювання економічних процесів: часові ряди. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 248 с.
4. **Матеріали дистанційного курсу «Аналіз часових рядів»** на платформі «Сікорський» КПІ ім. Ігоря Сікорського (у доступі для студентів через електронний кампус).
5. **Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C.** Time Series Analysis: Forecasting and Control. – Wiley, 2015. – 496 p.
6. **Gooijer J.G.** Elements of nonlinear time series analysis and forecasting. – Berlin: Springer, 2017. – 620 p.

Допоміжна:

1. **Бідюк, П. І.** Аналіз часових рядів [Електронний ресурс] : навчальний посібник / П. І. Бідюк, В. Д. Романенко, О. Л. Тимощук ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 8,42 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010.
2. **Кузнєцова Н.В., Бідюк П.І.** Теорія і практика аналізу фінансових ризиків: системний підхід. – Київ: Ліра-К, 2020. – 400 с.
3. **Бідюк П.І., Тимощук О.Л., Коваленко А.Є., Коршевнюк Л.О.** СППР: проектування і реалізація. – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – 605 с
4. **Hyndman R.J., Athanasopoulos G.** Forecasting: Principles and Practice (3rd ed.). – OTexts, 2021. – [Доступ онлайн: <https://otexts.com/fpp3/>]
5. **Shumway R.H., Stoffer D.S.** Time Series Analysis and Its Applications: With R Examples. – Springer, 2017. – 562 p.

Інформаційні ресурси:

1. Курс «Time Series Forecasting» на Coursera:
<https://www.coursera.org/learn/time-series-forecasting>

2. Курс «Applied Time Series Analysis» на EdX:
<https://www.edx.org/course/applied-time-series-analysis>
3. Документація до модуля statsmodels (Python) – <https://www.statsmodels.org>
4. Теоретичні й практичні матеріали з ARIMA, GARCH, VAR – <https://otexts.com/fpp3/>
5. Kaggle – приклади проєктів із часовими рядами – <https://www.kaggle.com>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна «Аналіз часових рядів» охоплює 36 годин лекційних занять і 18 годин комп'ютерних практичних занять, а також передбачає виконання модульної контрольної роботи, яка складається з семи частин відповідно до основних тематичних розділів курсу. Практичні заняття спрямовані на закріплення теоретичних положень дисципліни та формування практичних навичок у студентів, необхідних для аналізу, моделювання та прогнозування часових рядів.

У межах занять студенти працюють індивідуально або в малих групах під керівництвом викладача над завданнями, що охоплюють повний цикл аналітичної роботи з часовими рядами. Це включає підготовку статистичних даних, виявлення ключових властивостей рядів, побудову моделей (ARIMA, SARIMA, GARCH, VAR), оцінювання параметрів, перевірку якості моделей, а також побудову коротко- та довгострокових прогнозів. У процесі навчання застосовуються сучасні середовища програмування й аналізу даних, зокрема Python із бібліотеками NumPy, pandas, statsmodels, scikit-learn або мова R.

Практична частина курсу супроводжується аналізом типових помилок, розглядом альтернативних підходів до обробки даних, обговоренням отриманих результатів і графічною інтерпретацією побудованих моделей. Особлива увага приділяється статистичному обґрунтуванню вибору моделі та оцінці достовірності прогнозів, що готує студентів до розв'язання реальних задач прогнозування в економіці, фінансах, соціальних дослідженнях та інженерних системах.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Тема 1.1. Підготовка статистичних та експериментальних даних до моделювання, прогнозування та підтримки прийняття рішень. Кореляційний аналіз даних та його використання для побудови моделей часових рядів. Тема 1.2. Попередній аналіз даних: статистичні тести для виявлення ефектів: нестационарності, нелінійності, гетероскедастичності, екстремальних даних, сезонних ефектів. Процедура оцінювання структури і параметрів моделей часових рядів.
2	Тема 1.3. Методи оцінювання параметрів моделей. Адаптація методів оцінювання структури і параметрів математичних моделей до фактичних розподілів даних. Тема 1.4. Критеріальна база для оцінювання якості даних та адекватності математичних моделей часових рядів.

3	Тема 2.1. Типи різницевих рівнянь для опису часових рядів. Поняття розв'язку різницевого рівняння (АР, АРКС, АРІКС). Аналіз збіжності розв'язків та їх застосування.
4	Тема 2.2. Загальна методика знаходження однорідних розв'язків різницевих рівнянь та їх аналізу. Три випадки значень коренів характеристичного рівняння та їх використання. Тема 2.3. Методика знаходження неоднорідних розв'язків різницевих рівнянь, аналіз збіжності повного розв'язку. Приклади знаходження повних розв'язків різницевих рівнянь.
5	Тема 3.1. Поняття оператора зсуву та його властивості. Тема 3.2. Застосування оператора зсуву для формального представлення моделей та знаходження розв'язків різницевих рівнянь.
6	Тема 3.3. Поняття передавальної функції, роль операторів зсуву у формуванні передавальної функції.
7	Тема 4.1. Поняття безумовних та умовних статистичних характеристик (умовне математичне сподівання та дисперсія) досліджуваних процесів та їх використання у прогнозуванні. Тема 4.2. Означення прогнозу з точки зору теорії оцінювання. Побудова функцій прогнозування без розв'язків рівнянь. Статистичні властивості оцінок прогнозів, обчислених за допомогою лінійних моделей.
8	Тема 4.3. Побудова функцій прогнозування на основі розв'язків різницевих рівнянь. Середньо- та довгострокове прогнозування досліджуваних процесів.
9	Тема 4.4. Критеріальна база для аналізу якості оцінок прогнозів. Тема 4.5. Комбінування оцінок прогнозів, обчислених за допомогою альтернативних методів. Оптимізаційне комбінування та його застосування в системах підтримки прийняття рішень.
10	Тема 5.1. Природа гетероскедастичності та її формальне означення. Обчислення умовної дисперсії та її застосування для побудови моделі динаміки дисперсії.
11	Тема 5.2. Методика аналізу гетероскедастичних процесів, прості моделі динаміки дисперсії та можливості їх практичного використання. Тема 5.3. Методи оцінювання параметрів моделей динаміки умовної дисперсії.
12	Тема 5.4. Моделі динаміки дисперсії вищих порядків, їх побудова та застосування. Тема 5.5. Приклади практичного застосування моделей динаміки умовної дисперсії.
13	Тема 6.1. Природа коінтеграції та її формальне означення. Особливості аналізу коінтегрованих процесів, мета коінтеграційного моделювання.
14	Тема 6.2. Послідовність аналізу коінтегрованих процесів, статистична основа коінтеграційного аналізу: тестування на інтегрованість та коінтегрованість часових рядів; чисельні статистики, застосування статистичної теорії коінтеграції для прогнозування. Тема 6.3. Приклади практичного застосування моделей коінтегрованих процесів.
15	Тема 7.1. Багатовимірні процеси в економіці, фінансах та екології. Особливості аналізу багатовимірних процесів. Тема 7.2. Кореляційний аналіз багатовимірних процесів. Підготовка даних до моделювання.
16	Тема 7.3. Оптимальна фільтрація багатовимірних процесів – мета і засоби оптимального оцінювання станів процесів.
17	Тема 7.4. Особливості побудови математичних моделей багатовимірних часових рядів. Критеріальна база для аналізу адекватності моделей багатовимірних процесів.

18	Тема 7.5. Методи прогнозування багатовимірних часових рядів; аналіз якості оцінок прогнозів.
----	---

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Самостійна робота студентів з дисципліни «Аналіз часових рядів» супроводжує кожен етап комп'ютерного практикуму та спрямована на формування практичних навичок аналізу й моделювання часових рядів. Вона включає:

- підготовку до комп'ютерних занять шляхом вивчення теоретичних матеріалів;
- аналіз прикладів моделювання на основі реальних статистичних даних;
- самостійне виконання обчислень та побудову моделей;
- оформлення звітів за результатами виконаних завдань;
- підготовку до підсумкового модульного контролю.

Кожне практичне заняття супроводжується попереднім самостійним опрацюванням теоретичної бази та постпрактичним аналізом отриманих результатів.

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Опрацювання тем 1.1–1.2: підготовка даних, кореляційний аналіз перед першим заняттям	5
2	Оформлення звіту до практичного заняття №1	3
3	Опрацювання тем 1.3–2.1: статистичне оцінювання параметрів моделей, різницеві рівняння	5
4	Оформлення звіту до практичного заняття №2	3
5	Підготовка до заняття №3: аналіз однорідних/неоднорідних розв'язків рівнянь	3
6	Оформлення звіту до практичного заняття №3	3
7	Опрацювання тем 3.1–4.2: оператори зсуву, побудова прогнозів на основі моделей	5
8	Оформлення звіту до практичного заняття №4	3
9	Опрацювання тем 5.1–5.3: гетероскедастичні процеси, моделі динаміки дисперсії	3
10	Оформлення звіту до практичного заняття №5	3
11	Опрацювання тем 6.1–7.2: коінтеграція, аналіз багатовимірних процесів	5
12	Оформлення звіту до практичного заняття №6	3
13	Підготовка до фінального тесту та модульної контрольної роботи	10
14	Підготовка до заліку	12

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять. Пропуски лекційних і практичних занять не впливають безпосередньо на кількість набраних балів, оскільки підсумкова оцінка базується на результатах виконаних завдань і контрольних заходів. Водночас, активна участь у роботі на заняттях, демонстрація виконаних завдань, обговорення результатів, індивідуальні відповіді, а також захист лабораторних робіт оцінюються під час аудиторної взаємодії з викладачем.

Участь у практичних заняттях. Студент зобов'язаний готуватись до практичних занять, ознайомлюватися з матеріалами теми, попередньо вивчати приклади коду та документацію. Участь у заняттях передбачає презентацію результатів лабораторних робіт, аргументований захист рішень, а також обговорення технічних питань.

Пропущені контрольні заходи. Студенти, які з поважної причини (медичні довідки, академічна мобільність тощо) пропустили контрольну роботу або захист лабораторної, мають право відпрацювати ці заходи у визначений викладачем термін. Детальніше: <https://kpi.ua/files/n3277.pdf>

Процедура оскарження результатів. Студент має право подати обґрунтовану апеляцію на результати будь-якого контрольного заходу, якщо він не згоден з виставленою оцінкою. Звернення розглядаються відповідно до встановленої процедури в межах кафедри чи освітньої програми.

Календарний контроль. Проводиться двічі на семестр для моніторингу прогресу студентів у виконанні вимог дисципліни, своєчасного виявлення труднощів у засвоєнні матеріалу та коригування індивідуальних планів навчання.

Критерій	Перший календарний контроль	Другий календарний контроль
Термін календарного контролю	Тиждень 8	Тиждень 14
Умови отримання позитивної оцінки	Поточний рейтинг ≥ 20 балів	Поточний рейтинг ≥ 40 балів

Академічна доброчесність. Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Студенти зобов'язані дотримуватись академічної доброчесності під час виконання лабораторних, контрольних робіт, захисту індивідуальних завдань та підсумкової атестації. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки. Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Студенти зобов'язані дотримуватись взаємоповаги, коректності під час навчального процесу, зокрема при роботі в командах. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Інклюзивне навчання. Засвоєння знань та умінь з дисципліни є доступним для більшості здобувачів з особливими освітніми потребами. Особливі умови можуть бути погоджені індивідуально за необхідності.

Навчання іноземною мовою. В рамках виконання завдань студентам може бути рекомендовано використовувати англомовну технічну документацію, стандарти, документацію, онлайн-курси та навчальні матеріали.

Призначення заохочувальних та штрафних балів. Відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання, сума всіх заохочувальних балів не може перевищувати 10% рейтингової шкали оцінювання. Заохочувальні бали можуть нараховуватись за участь у хакатонах, конкурсах, технічних конференціях, виконання додаткових індивідуальних завдань за погодженням із викладачем.

Заохочувальні бали

Критерій	Заохочувальні бали
Написання тез, наукових статей або виконання проєктної роботи у вигляді наукового дослідження з аналізу часових рядів для участі в конкурсах студентських наукових робіт	5
Участь у наукових хакатонах, всеукраїнських чи міжнародних конкурсах, конференціях, виставках або семінарах, пов'язаних із тематикою аналізу часових рядів або прогнозування	5

Підготування до семінарських занять та контрольних заходів здійснюється під час самостійної роботи студентів з можливістю консультування з викладачем у визначений час консультацій або за допомогою електронного листування (електронна пошта, месенджери, гуглкласрум).

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Семестровий контроль проводиться у вигляді заліку. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система та університетська шкала оцінювання.

Поточний контроль включає: виконання та захист лабораторних робіт, участь у практичних заняттях, індивідуальні завдання, самостійне виконання підготовчих робіт, заключний тест за матеріалами курсу.

Календарний контроль проводиться двічі на семестр з метою моніторингу виконання студентами вимог силабусу:

- Перший календарний контроль — на 8 тижні (поточний рейтинг ≥ 20 балів).
- Другий календарний контроль — на 14 тижні (поточний рейтинг ≥ 40 балів).

Семестровий контроль — залік.

Таблиця відображає систему оцінювання в дисципліні **“Аналіз Часових Рядів”**, що базується на контрольних заходах:

№	Контрольний захід	Дедлайн виконання	Мін. оцінка	Макс. оцінка
1	Лабораторна робота 1. Аналіз часових рядів з використанням рекурсивного методу найменших квадратів для оцінювання параметрів моделей AP, APKC, APIKC	19.09.2025	5	10
2	Лабораторна робота 2. Побудова та аналіз моделей множинної регресії і трендових (інтегрованих) процесів	10.10.2025	5	10
3	Лабораторна робота 3. Дослідження розв'язків різницевих рівнянь на основі статистичних даних	24.10.2025	10	15
4	Лабораторна робота 4. Побудова функцій прогнозування: без розв'язків рівнянь та на основі різницевих моделей	14.11.2025	10	15
5	Лабораторна робота 5. Дослідження гетероскедастичних процесів: моделювання умовної дисперсії, оцінювання дисперсійних прогнозів	28.11.2025	10	20
6	Лабораторна робота 6. Вивчення середовища комп'ютерного моделювання та прогнозування EViews. Побудова прогнозів для економічних часових рядів	12.12.2025	15	20
7	Заключний тест за матеріалами курсу	26.12.2025	5	10
Разом:			60	100

Зверніть увагу, що за несвоєчасне подання звіту лабораторної роботи, оцінка може бути знижена, але не більше ніж на 20% від загальної оцінки по роботі.

Оцінювання контрольних заходів

- **Лабораторні роботи** оцінюються за якістю реалізації завдань, повнотою функціональності, коректністю коду, оформленням звітів, дотриманням термінів виконання.
- **Заключний тест** містить теоретичні питання, тестові завдання та практичні завдання з курсу дисципліни.

Розгорнуті **критерії оцінювання** для контрольних заходів дисципліни «Аналіз Часових Рядів». Критерії враховують обсяг, складність і ваговий бал кожної роботи.

Назва заходу	Кількість балів	Критерії оцінювання
--------------	-----------------	---------------------

<i>Лабораторна робота 1. Аналіз часових рядів з використанням рекурсивного методу найменших квадратів для оцінювання параметрів моделей АР, АРКС, АРІКС</i>	10 балів	0–4 балів — результат відсутній або некоректний; код не працює, неправильні формули оцінювання. 5–6 балів — застосовано метод, але з помилками; оцінки не узгоджені з моделлю або є значні логічні похибки. 7–8 балів — коректна реалізація методу, базові графіки, результати без глибокого аналізу. 9–10 балів — повна реалізація методу, інтерпретація результатів, перевірка статистичних припущень, чистий код.
<i>Лабораторна робота 2. Побудова та аналіз моделей множинної регресії і трендових (інтегрованих) процесів</i>	10 балів	0–4 балів — моделі не побудовані або некоректні; відсутня перевірка гіпотез. 5–6 балів — реалізовано просту модель, часткова перевірка тренду, є помилки в інтерпретації. 7–8 балів — правильно побудовані регресії, визначено інтегрованість, базовий аналіз залишків. 9–10 балів — глибокий аналіз, застосовано перевірку нестационарності, оцінено адекватність моделей.
<i>Лабораторна робота 3. Дослідження розв'язків різницевих рівнянь на основі статистичних даних</i>	15 балів	0–9 балів — відсутні або неправильні формули; розв'язки не відповідають поставленим рівнянням. 10–11 балів — побудовано частковий розв'язок; відсутня перевірка збіжності. 12–13 балів — повний розв'язок, графічна візуалізація, базовий аналіз збіжності. 14–15 балів — реалізовано аналіз характеристичних рівнянь, надано обґрунтування типу розв'язку.
<i>Лабораторна робота 4. Побудова функцій</i>	15 балів	0–9 балів — прогнозна модель не створена або неправильно

прогнозування: без розв'язків рівнянь та на основі різницевих моделей		реалізована. 10–11 балів — побудовано один тип прогнозу, але без аналізу похибки або нестабільні результати. 12–13 балів — реалізовано умовне математичне сподівання, оцінено похибки прогнозу. 14–15 балів — порівняно різні підходи до прогнозування, аналіз точності, побудовано графіки оцінок.
Лабораторна робота 5. Дослідження гетероскедастичних процесів: моделювання умовної дисперсії, оцінювання дисперсійних прогнозів	20 балів	0–11 балів — відсутнє моделювання, неправильна оцінка умовної дисперсії. 12–13 балів — реалізовано просту модель дисперсії (GARCH/ARCH), але без оцінки точності. 14–15 балів — правильно реалізовано моделі, інтерпретація основних характеристик. 16–17 балів — реалізовано кілька моделей, оцінено якість прогнозів. 18–20 балів — виявлено змінну волатильність, якісна побудова моделей, включено приклад для фінансових даних.
Лабораторна робота 6. Вивчення середовища комп'ютерного моделювання та прогнозування EViews. Побудова прогнозів для економічних часових рядів	20 балів	0–11 балів — середовище не освоєно, прогноз не збудовано або помилковий. 12–13 балів — імпортовано дані, проведено базову оцінку параметрів. 14–15 балів — застосовано інструменти EViews для побудови ARIMA або регресійних моделей. 16–17 балів — побудовано прогноз з обґрунтованим вибором моделі, додано інтервали довіри. 18–20 балів — комплексний аналіз результатів, експорт звітів/графіків, оформлення у вигляді кейс-стаді.
Заключний тест за	10 балів	0–4 балів — недостатній рівень знань

матеріалами курсу		(менше 50% правильних відповідей). 5–6 балів — засвоєно базові поняття: структура рядів, типи моделей, критерії. 7–8 балів — твердий рівень: правильні відповіді з кореляції, прогнозів, різницевого рівнянь. 9–10 балів — відмінне засвоєння: орієнтація у методах, логічні зв'язки, інтерпретація графіків.
-------------------	--	--

* Оцінювання здійснюється на основі об'єктивних критеріїв. Студент має право на зворотній зв'язок та апеляцію згідно з політикою університету.

Для отримання заліку «автоматом» необхідно:

- набрати не менше 60 балів за семестр;
- успішно захистити всі лабораторні роботи;
- скласти заключний тест;
- виконати індивідуальні завдання, якщо вони були задані.

Студенти, які не набрали необхідного мінімуму або бажають підвищити оцінку, мають можливість скласти додаткову залікову контрольну роботу у вигляді письмового тестування або виконання комплексного практичного завдання з розробки невеликого проєкту.

Шкала переведення рейтингових балів в оцінки:

Кількість балів	Оцінка
100–95	Відмінно
94–85	Дуже добре
84–75	Добре
74–65	Задовільно
64–60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, що виносяться на семестровий контроль, наведено у Додатку А.

Методи та форми навчання включають не лише традиційні університетські лекції та лабораторні заняття, але й командну роботу, обговорення кейсів, презентації результатів проєктів, активні дискусії. В курсі широко використовуються стратегії активного навчання, зокрема:

- **Проектно-орієнтоване навчання:** студенти створюють аналітичні моделі часових рядів на основі реальних або змодельованих даних, формулюють завдання, будують математичні моделі, реалізують алгоритми прогнозування й оцінювання у вигляді програмних або аналітичних звітів.

- **Дослідницький підхід:** особлива увага приділяється вивченню властивостей часових рядів, тестуванню гіпотез, аналізу ефективності різних моделей прогнозування, а також апробації математичних і статистичних методів на практичних прикладах з економіки, фінансів, соціальних систем тощо.

- **Кейс-методи:** розбираються приклади побудови моделей AR, ARIMA, GARCH, VAR, коінтегрованих процесів тощо, на базі реальних статистичних даних. Студенти аналізують задачі прикладного прогнозування і обґрунтовують вибір методів.

- **Візуалізація результатів:** результати обробки та моделювання часових рядів подаються у вигляді графіків, діаграм, аналітичних панелей; використовуються презентації з поясненням статистичних висновків і моделей.

- **Інформаційно-комунікаційні технології:** у навчальному процесі активно використовуються спеціалізовані середовища (наприклад, Python, R, EViews), редактори коду, інструменти для обробки даних, візуалізації, а також системи керування версіями (Git) для групової роботи та відстеження змін.

Комунікація з викладачем здійснюється через **інформаційну систему "Електронний кампус"**, платформу дистанційного навчання **"Гугл класрум"**, а також за допомогою електронної пошти, Telegram або веб-ресурсу викладача.

Матеріально-технічне забезпечення дисципліни

Для ефективного вивчення дисципліни **«Аналіз часових рядів»** необхідне таке матеріально-технічне забезпечення:

- **Комп'ютери або ноутбуки** з доступом до Інтернету для роботи з програмними середовищами, обробки даних та візуалізації результатів аналізу;
Середовище для математичного моделювання і статистичних обчислень, зокрема (безкоштовні або з відкритим доступом):
 - EViews (ліцензована або ознайомча версія);
 - Python з бібліотеками pandas, numpy, statsmodels, matplotlib, scikit-learn;
 - R з пакунками forecast, tseries, ggplot2, urca;
- **Текстові редактори або середовища розробки коду:** Jupyter Notebook, VS Code, RStudio (безкоштовні або з відкритим доступом);
- **Графічні інструменти для візуалізації** часових рядів (безкоштовні або з відкритим доступом): Excel, Google Sheets, Plotly;
- **Системи контролю версій:** Git, GitHub або GitLab (безкоштовні для освітніх цілей);
- **Платформи дистанційного навчання:** Google Classroom, Microsoft Teams, «Електронний кампус КПІ» для доступу до навчальних матеріалів, тестів та звітності.

Використовується **безкоштовне або з відкритим кодом програмне забезпечення**, або інструменти, до яких студенти мають **офіційний академічний доступ** у межах інституційної політики.

Факультативне навчання.

Для поглиблення знань з Аналізу часових рядів студентам можуть рекомендуватися наступні онлайн-курси:

1. **Time Series Analysis with Python** (DataCamp) – Охоплює базові техніки аналізу часових рядів із використанням бібліотек pandas та statsmodels.
<https://www.datacamp.com/courses/time-series-analysis-with-python>
2. **Practical Time Series Analysis** (Coursera, offered by The State University of New York) – Курс знайомить з методами моделювання, прогнозування та оцінювання часових рядів.
<https://www.coursera.org/learn/practical-time-series-analysis>
3. **Forecasting Using R** (DataCamp) – Присвячений побудові моделей ARIMA, ETS і коінтегрованих моделей у середовищі R.
<https://www.datacamp.com/courses/forecasting-using-r>
4. **Time Series Forecasting** (Kaggle Micro-Course) – Короткий курс, що охоплює основи побудови прогнозів, зосереджуючись на практиці з реальними даними.
<https://www.kaggle.com/learn/time-series>
5. **EViews tutorials** (Official EViews YouTube channel) – Відеоуроки з використання середовища EViews для аналізу економічних часових рядів.
<https://www.youtube.com/@EViewsSupport>

Визнання результатів неформальної освіти.

За бажанням студента результати проходження сертифікованих онлайн-курсів можуть бути враховані у системі оцінювання згідно з Положенням про порядок визнання результатів навчання, набутих студентами КПІ ім. Ігоря Сікорського у неформальній/неформальній освіті:

<https://osvita.kpi.ua/node/179>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено:

доцент кафедри штучного інтелекту,

PhD, Гуськова Віра Геннадіївна

старший викладач каф ММСА,

PhD, Левенчук Людмила Борисівна

Ухвалено кафедрою штучного інтелекту (протокол №14 від 24.06.2025)

Погоджено Методичною комісією НН ІПСА (протокол №7 від 25.06.2025)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

Додаток А

Розділ 1. Методика побудови математичних моделей

Тема 1.1

1. Які етапи включає підготовка даних до моделювання?
2. Що таке автокореляція і як вона впливає на моделювання?
3. Як інтерпретувати коефіцієнти кореляції у часових рядах?
4. Які є типи статистичних даних?
5. Які джерела похибки можуть вплинути на точність аналізу часових рядів?

Тема 1.2

1. Як виявити нестационарність у часовому ряді?
2. Які тести використовують для визначення гетероскедастичності?
3. Що таке сезонність і як її виявити?
4. У чому відмінність між лінійністю і нелінійністю процесу?
5. Як обрати структуру моделі часових рядів?

Тема 1.3

1. Які методи використовують для оцінювання параметрів?
2. У чому суть методу найменших квадратів?
3. Як адаптувати метод оцінювання до нестандартного розподілу?
4. Що таке байєсівське оцінювання і коли воно доцільне?
5. Як впливає обсяг вибірки на точність оцінювання?

Тема 1.4

1. Які критерії застосовують для оцінки якості моделі?
2. Як визначити адекватність моделі?
3. Що таке інформаційний критерій Акаїке (AIC)?
4. Як використовується BIC для порівняння моделей?
5. У яких випадках модель вважається переобученою?

Розділ 2. Різницеві рівняння

Тема 2.1

1. Чим різняться моделі AR, ARX, ARIX?
2. Які характеристики мають стаціонарні процеси?
3. Що означає збіжність розв'язку рівняння?
4. Як використовуються різницеві рівняння в прогнозуванні?
5. Який вигляд має однорідне різницеве рівняння першого порядку?

Тема 2.2

1. Як знаходити корені характеристичного рівняння?
2. Які три випадки коренів характеристичного рівняння?
3. У чому полягає економічна інтерпретація коренів?
4. Які обмеження існують для стійких розв'язків?
5. Як перевірити стабільність моделі?

Тема 2.3

1. У чому різниця між однорідним і неоднорідним рівнянням?
2. Як знайти частковий розв'язок неоднорідного рівняння?
3. Що таке загальний розв'язок?
4. Як оцінити збіжність повного розв'язку?
5. Наведіть приклад використання моделі ARX у фінансах.

Розділ 3. Оператори зсуву

Тема 3.1

1. Що таке оператор зсуву?
2. Які властивості має оператор зсуву?
3. Як оператор зсуву використовується для лагів?

4. Як оператор впливає на структуру моделі?
5. У чому переваги алгебраїчного представлення через оператори?

Тема 3.2

1. Як записати модель $AR(1)$ через оператор зсуву?
2. Що означає вираз $(1 - \phi L)X_t = \epsilon_t$?
3. Які перетворення спрощує операторна форма?
4. Як спростити знаходження розв'язку через оператори?
5. Наведіть приклад моделі з операторами для $ARIMA(1,1,0)$.

Тема 3.3

1. Що таке передавальна функція?
2. Як побудувати передавальну функцію за операторним рівнянням?
3. Яке значення має Z-перетворення в аналізі часових рядів?
4. Як передавальна функція визначає реакцію системи?
5. У яких випадках передавальні функції незамінні?

Розділ 4. Прогнозування

Тема 4.1

1. Що таке умовне математичне сподівання?
2. Як використовується умовна дисперсія у прогнозуванні?
3. У чому різниця між умовним і безумовним прогнозом?
4. Як знайти довірчий інтервал прогнозу?
5. Як впливають лагові значення на прогноз?

Тема 4.2

1. Що таке точковий прогноз у теорії оцінювання?
2. Як будуються функції прогнозу без рівнянь?
3. Які основні статистичні властивості мають лінійні прогнози?
4. Як оцінити середню помилку прогнозу (MAPE)?
5. У чому переваги оцінювання без моделювання?

Тема 4.3

1. Як будується прогноз через розв'язки рівнянь?
2. У чому полягає перевага диференціювання?
3. Як виконується довгострокове прогнозування?
4. Які чинники впливають на точність прогнозу?
5. Наведіть приклад коротко- та середньострокового прогнозу.

Тема 4.4

1. Які критерії використовують для оцінки прогнозів?
2. Що таке MAE, RMSE, MAPE?
3. Як проводиться крос-валідація для часових рядів?
4. Як виявити поганий прогноз?
5. У чому полягає обґрунтованість моделі прогнозування?

Тема 4.5

1. Як комбінуються різні прогнози?
2. Які є методи зваженого комбінування прогнозів?
3. У чому полягає ідея оптимального об'єднання оцінок?
4. Як обрати ваги для комбінованого прогнозу?
5. Коли комбінований прогноз точніший?

Розділ 5. Гетероскедастичні процеси

Тема 5.1

1. Що таке гетероскедастичність?
2. Як обчислюється умовна дисперсія?
3. У яких випадках з'являється гетероскедастичність?
4. Як її врахувати при побудові моделі?

5. Чому важливо моделювати змінну дисперсію?

Тема 5.2

1. Які існують прості моделі динаміки дисперсії?
2. Як працює модель ARCH?
3. У чому різниця між ARCH і GARCH?
4. Як оцінюється ефективність моделей дисперсії?
5. Наведіть приклад застосування в економіці.

Тема 5.3

1. Які методи оцінювання параметрів моделей умовної дисперсії?
2. Як впливає обсяг вибірки на оцінки?
3. Що таке умовна гетероскедастичність?
4. Як перевірити модель GARCH на адекватність?
5. Як інтерпретуються параметри моделі?

Тема 5.4

1. Як будується GARCH(p,q) модель?
2. Що означають індекси p та q?
3. У чому суть моделі EGARCH?
4. Які моделі краще враховують асиметрію?
5. Які типи шоків передбачають моделі високих порядків?

Тема 5.5

1. Як перевірити якість моделі дисперсії?
2. У яких сферах застосовують ці моделі?
3. Як прогнозується волатильність?
4. Як валідувати оцінки дисперсійного прогнозу?
5. Наведіть приклад з ринку облігацій або валют.

Розділ 6. Коінтегровані процеси

Тема 6.1

1. Що таке коінтеграція?
2. У чому полягає відмінність інтегрованості й коінтегрованості?
3. Як коінтеграція пов'язана з рівноважними процесами?
4. Чому важливо враховувати коінтеграцію?
5. Наведіть приклад коінтегрованих економічних змінних.

Тема 6.2

1. Як проводиться тест на інтегрованість?
2. Які тести використовуються для коінтеграції?
3. Що таке тест Джоансена?
4. Як визначити кількість коінтеграційних векторів?
5. Як коінтеграція впливає на побудову VAR-моделей?

Тема 6.3

1. Як застосовуються моделі коінтеграції в прогнозуванні?
2. Які приклади коінтегрованих систем в економіці?
3. Як врахувати довгострокові зв'язки між змінними?
4. У чому переваги моделей VECM?
5. Чим обґрунтовується необхідність тестів на коінтеграцію?

Розділ 7. Регресійний аналіз багатовимірних рядів

Тема 7.1

1. Які особливості багатовимірних часових рядів?
2. Де застосовуються такі ряди у практиці?
3. У чому складність їх моделювання?
4. Які типи залежностей аналізуються?
5. Як виявити взаємозв'язки між змінними?

Тема 7.2

1. Як підготувати дані до багатовимірного аналізу?
2. Що таке матриця кореляцій?
3. Як зменшити розмірність даних?
4. У чому різниця між кореляцією та причинністю?
5. Як враховується мультиколінеарність?

Тема 7.3

1. Що таке оптимальна фільтрація?
2. Які методи використовуються для оцінювання стану процесу?
3. У чому полягає алгоритм Калмана?
4. Як проводиться рекурсивне оновлення?
5. Як обрати модель для фільтрації?

Тема 7.4

1. Які підходи існують до побудови моделей MTS (multivariate time series)?
2. Як оцінити адекватність багатовимірної моделі?
3. Як визначити лагову структуру?
4. У чому складність ідентифікації таких моделей?
5. Як перевірити коректність прогнозів?

Тема 7.5

1. Які методи використовуються для прогнозування багатовимірних рядів?
2. Як аналізувати точність прогнозу?
3. У чому особливість спільного прогнозу змінних?
4. Як порівняти моделі MVAR та VAR?
5. Що таке векторна авторегресія?