

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра програмної інженерії



Методичні вказівки для самостійної роботи

з дисципліни

«Ідентифікація складних систем і об'єктів»

СЕН ID: 6687

для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти ОНП
«Інженерія програмного забезпечення»

УДК 004.4(075.8)
ББК 32.973.202я73
Б83

Укладач:

В.М. Бревус, PhD

Рецензент:

В.В. Яцишин, к.т.н., доцент

завідувач кафедри систем штучного інтелекту та аналізу даних ТНТУ ім. І. Пулюя

Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри програмної інженерії.

Протокол № 16 від 29.05.2025.

Розглянуто й затверджено на засіданні методичної комісії факультету комп'ютерно-інформаційних систем та програмної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Протокол № 5 від 05.06.2025.

Б83 Методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни «Ідентифікація складних систем і об'єктів» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти ОНП «Інженерія програмного забезпечення» / Укладач: Бревус В.М. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025 – 25 с.

Відповідальний за випуск: М.Р. Петрик, докт. фіз.-мат. наук, професор

© Бревус В.М., 2025

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025

АНОТАЦІЯ

Ці методичні вказівки для самостійної роботи з дисципліни «Ідентифікація складних систем і об'єктів», яка формує у здобувачів вищої освіти фахові компетентності та дослідницькі здібності, необхідні для розв'язання задач моделювання та ідентифікації складних систем в умовах невизначеності.

Практикум базується на комплексному наскрізному проєкті, що охоплює весь цикл побудови даноцентричної системи аналізу для виявлення закономірностей та структурних властивостей складних процесів. Методичні вказівки орієнтовані на практичне засвоєння здобувачами навичок застосування методів ідентифікації: непараметричних (кореляційний та спектральний аналіз), параметричних (машинне навчання) та їхньої валідації в прикладних сценаріях.

Документ призначений для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти ОНП «Інженерія програмного забезпечення» та визначає порядок організації самостійної роботи при виконанні практичних робіт. Містить детальні завдання, теоретичне підґрунтя, методичні рекомендації та вимоги до оформлення результатів. Буде корисним також для аспірантів, науковців та інженерів, що спеціалізуються в галузі системної ідентифікації та машинного навчання.

Ключові слова: ідентифікація систем, моделювання, непараметричні методи, параметричні методи, машинне навчання, прикладні сценарії, методичні вказівки.

ABSTRACT

These methodological guidelines for independent study of the discipline “Identification of Complex Systems and Objects” develop professional competencies and research abilities in students of higher education necessary for solving tasks of modeling and identification of complex systems under uncertainty.

The practicum is based on a comprehensive end-to-end project covering the entire development cycle of a data-driven analysis system for revealing patterns and structural properties of complex processes. The guidelines are oriented toward the practical mastery of students’ skills in applying system identification methods: non-parametric (correlation and spectral analysis), parametric (machine learning), and their validation in applied scenarios.

The document is intended for students of the third (educational and scientific) level of higher education in the “Software Engineering” educational and scientific program and defines the organization of independent work during practical activities. It contains detailed tasks, theoretical background, methodological recommendations, and requirements for presenting results. It will also be useful for postgraduate students, researchers, and engineers specializing in system identification and machine learning.

Keywords: system identification, modeling, non-parametric methods, parametric methods, machine learning, applied scenarios, methodological guidelines.

Зміст

Вступ	5
1. Тематичний план навчальної дисципліни	8
2. Загальні рекомендації до організації самостійної роботи з дисципліни	12
4. Система поточного й підсумкового контролю знань студентів	16
5. Критерії оцінювання результатів навчання студентів	18
6. Перелік контрольних запитань з дисципліни	21
7. Рекомендована література	23

Вступ

Дисципліна «Ідентифікація складних систем і об'єктів» присвячена розвитку навичок та компетенцій у застосуванні методів системної ідентифікації до складних динамічних систем в контексті реальних практичних задач. Цей практикум надає здобувачам освітньо-наукового рівня вищої освіти можливість набутися глибокого розуміння теоретичних концепцій через комплексний наскрізний проєкт, який охоплює весь цикл розробки системи машинного навчання — від аналізу та підготовки даних до валідації та розгортання готової системи.

Призначення методичних вказівок

Ці методичні вказівки розраховані на здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти ОНП «Інженерія програмного забезпечення» та визначають порядок організації самостійної роботи при виконанні практичних робіт. Вказівки містять детальні завдання, теоретичне підґрунтя, методичні рекомендації та вимоги до оформлення результатів роботи.

Деталі щодо оформлення програмного коду та змісту звіту практичних робіт узгоджуються з викладачем у системі електронного навчання відповідного курсу. Приклад оформлення звіту з титульним аркушем, структурою та рекомендаціями наведено в додатку А.

Усі практичні роботи повинні бути виконані з дотриманням принципів академічної доброчесності, відповідно до [Положення про академічну доброчесність учасників освітнього процесу Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя](#).

Метою вивчення навчальної дисципліни «Ідентифікація складних систем і об'єктів»

є формування у здобувачів вищої освіти фахових компетентностей і дослідницьких здібностей, необхідних для розв'язання задач моделювання та ідентифікації складних систем в умовах невизначеності. У результаті опанування змісту дисципліни здобувачі повинні набутися здатності до практичного застосування сучасних методів ідентифікації систем на основі аналізу емпіричних даних спостережень і вимірювань, а також до побудови математичних моделей, які адекватно відображають властивості й поведінку досліджуваних систем.

Завдання навчальної дисципліни

За результатами вивчення дисципліни здобувач повинен продемонструвати такі результати навчання:

Знати:

1. основні принципи ідентифікації систем;
2. основні принципи ідентифікації складних систем;
3. теоретичні основи моделювання складних систем;

4. теоретичні основи ідентифікації в класі обраних моделей.

Вміти:

1. обирати оптимальні системи класи моделей та здійснювати для них постановку задачі ідентифікації;
2. системно підходити та вирішувати задачі побудови математичних моделей різноманітних систем в умовах невизначеності;
3. здійснювати математичне моделювання процесу ідентифікації і за його результатами здійснювати корекцію параметрів моделі;
4. здійснювати оцінювання якості сформованих моделей та визначати їхню ефективність у контексті застосування для розв'язання комплексних системних задач.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підсилення та розвиток у здобувачів компетентностей:

- **Інтегральна компетентність.** Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері інженерії програмного забезпечення та з дотичних до неї міждисциплінарних напрямках, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.
- **ЗК02.** Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері інженерії програмного забезпечення та з дотичних до неї міждисциплінарних напрямках на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.
- **ФК01.** Здатність інтегрувати знання з різних галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні комплексних проблем інженерії програмного забезпечення й проведенні досліджень.
- **ФК05.** Здатність до розроблення нових та вдосконалення існуючих моделей, методів, засобів, процесів у сфері інженерії програмного забезпечення, які забезпечують розвиток або надають нові можливості технологіям розробки та супроводження програмного забезпечення.
- Здатність розвивати практичні навички використання теоретичних знань на прикладах вирішення задач моделювання та ідентифікації складних систем.

Програмні результати:

- **ПРН07.** Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у інженерії програмного забезпечення та дотичних міждисциплінарних напрямках.

- **ПРН09.** Формулювати та вирішувати задачі оптимізації, адаптації, прогнозування, керування та прийняття рішень щодо процесів, засобів та ресурсів розробки, впровадження, супроводу та експлуатації програмного забезпечення.

Знання, вміння та навички, отримані здобувачами під час вивчення даної дисципліни знадобляться під час їх професійної діяльності, а також використовуватимуться в курсах пов'язаних з теорією прийняття рішень у складних системах, інтелектуальними системами, моделюванням, розробкою програмного забезпечення, а також при роботі над кваліфікаційною роботою.

Завданням лекційних занять є ознайомлення здобувачів з загальними принципами ідентифікації складних систем, методологіями, ключовими процесами та артефактами.

Завдання практичних занять полягає у практичному засвоєнні здобувачами навичок використання теоретичних знань на прикладах вирішення задач моделювання та ідентифікації.

1. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна: Ідентифікація складних систем і об'єктів.

Рівень: третій (освітньо-науковий).

Спеціальність: 121 Інженерія програмного забезпечення.

Форма контролю: залік.

Обсяг: 4.5 ECTS (135 годин): 48 год. аудиторних (24 лекції, 24 практичні), 87 год. самостійна робота.

При вивченні дисципліни здобувач ознайомлюється зі структурою, формами організації, видами поточного та підсумкового контролю, принципами побудови та оцінювання математичних і даних-орієнтованих моделей складних систем. Тематичний план складається з двох модулів, що охоплюють послідовність теоретичних і прикладних тем від постановки задачі ідентифікації до валідації й інтерпретації отриманих моделей, включно з елементами аналізу біомедичних сигналів (на прикладі спіральних малюнків при хворобі Паркінсона).

1.1 Структура змістових модулів

Модуль 1 формує базу: поняття, класи моделей, принципи ідентифікації, попередня обробка та пошук структури. Модуль 2 поглиблює: непараметричні та параметричні методи, нелінійні моделі, валідація та узагальнення результатів.

1.2 Тематичний план (лекції)

№	Тема заняття та короткий зміст	ДФН	ЗФН
Модуль 1			
1	Тема 1. Предмет та задачі ідентифікації складних систем. Зміст дисципліни та області застосувань. Особливості розглянутих задач. Приклади і постановки різноманітних задач та їх властивості.	4	
2	Тема 2. Принципи ідентифікації та підготовка даних. Принцип простоти, критерії якості, моделі шуму, основи підготовки даних.	4	
3	Тема 3. Моделі динамічних систем. Класифікація, фокус на лінійних моделях, детальний розгляд моделі ARX.	2	
Модуль 2			
4	Тема 4. Непараметрична ідентифікація. Ідея методу, аналіз перехідної характеристики, кореляційний аналіз.	2	
5	Тема 5. Параметрична ідентифікація лінійних систем. Метод найменших квадратів (МНК), розширені моделі та методи. Використання універсальних апроксиматорів.	4	
6	Тема 6. Ідентифікація нелінійних систем. Коли лінійні моделі не працюють? Модель NARX/NARMAX.	4	
7	Тема 7. Валідація та аналіз якості моделей. Філософія валідації, основний інструмент валідації.	4	
Усього годин		24	

1.3 Практичні заняття (прикладний наскрізний проєкт)

Практичні роботи організовані навколо наскрізного проєкту «Система ідентифікації та класифікації біомедичних сигналів», що базується на аналізі спіральних малюнків (дані для ранньої діагностики хвороби Паркінсона).

№	Тема заняття та короткий зміст	ДФН	ЗФН
1	ПРН ^{№1} . Аналіз та підготовка біомедичних даних для ідентифікації систем.	6	
2	ПРН ^{№2} . Непараметрична ідентифікація біомедичних систем.	6	
3	ПРН ^{№3} . Параметрична ідентифікація та машинне навчання для класифікації.	6	
4	ПРН ^{№4} . Валідація та розгортання системи.	6	
Усього годин		24	

1.4 Самостійна робота

Рекомендовані напрями самостійного опрацювання узгоджені з логікою поглиблення матеріалу.

№	Найменування робіт	ДФН	ЗФН
1	Аналіз класичних прикладів задач ідентифікації	7	
2	Практичні аспекти попередньої обробки даних	10	
3	Моделі у просторі станів	10	
4	Оцінка невизначеності та аналіз стійкості моделей	5	
5	Огляд програмних засобів для ідентифікації	5	
6	Підготовка до практичних занять	25	
Усього годин		62	

1.5 Очікувані результати опанування тематичного плану

Після завершення тем здобувач повинен:

- розуміти класи моделей для ідентифікації та їх припущення;
- здійснювати коректну попередню обробку часових та біомедичних даних;
- застосовувати непараметричні й параметричні методи оцінювання;
- будувати та інтерпретувати лінійні й базові нелінійні моделі (NARX/NARMAX, простір станів);
- виконувати резидуальний і статистичний аналіз якості моделей;
- інтегрувати елементи ML для класифікації станів об'єкта;

- формувати стислий звіт з висновками щодо придатності моделі.

1.6 Основні компоненти наскрізного проєкту

Дані: спіральні малюнки (координати, час, тиск, «повітряні» рухи).

Проміжні артефакти: модуль завантаження даних, препроцесор, набір ознак, проміжні моделі, фінальний класифікатор.

Методичні акценти: коректність підготовки, інтерпретованість параметрів, відтворюваність експериментів.

1.7 Короткі критерії оцінювання

- Повнота виконання практичних етапів (код + пояснення).
- Обґрунтованість вибору моделі та параметрів.
- Якість валідації (аналіз резидуалів, узагальнюваність).
- Структурованість та логіка звіту.
- Академічна доброчесність (оригінальність реалізації, коректні посилання).

1.8 Рекомендовані інструменти

Python (pandas, numpy, scipy, matplotlib, seaborn), базові ML-бібліотеки (scikit-learn), при розширенні — PyTorch/TensorFlow для експериментів з нелінійними моделями.

1.9 Базові та допоміжні джерела

Перелік літератури й ресурсів наведено у відповідному розділі видання (див. повну робочу програму). Рекомендовано розпочати з Brunton & Kutz (2022) та профільних монографій кафедри.

1.10 Примітки щодо адаптації плану

Тематичний план може коригуватися (оновлення практичних кейсів, модернізація інструментарію) за рішенням кафедри з фіксацією змін у протоколах.

2. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язковим елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни «Ідентифікація складних систем і об'єктів» є самостійна робота студентів з вітчизняною і зарубіжною літературою.

Самостійна робота є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від нормованих навчальних занять, тобто лекційних і практичних.

2.1 Основні види самостійної роботи

На які повинні звертати увагу здобувачі:

- вивчення лекційного матеріалу;
- робота з опрацювання та вивчення рекомендованої літератури;
- підготовка до практичних занять та виконання практичних завдань;
- розв'язання задач та контрольних завдань;
- підготовка до поточного та підсумкового контролю.

2.2 Опрацювання лекційного матеріалу

У системі різних форм навчально-виховної роботи особливе місце належить лекції, де викладач надає здобувачу основну інформацію, навчає розмірковувати, аналізувати, допомагає опанувати ключові знання, а також спрямовує самостійну роботу здобувача.

Зв'язок лекції і самостійної роботи здобувача розглядається в таких напрямках:

- лекція як головна початкова ланка, що визначає зміст і обсяг самостійної роботи здобувача;
- методичні прийоми читання лекцій, що активізують самостійну роботу здобувачів;
- самостійна робота, яка сприяє поглибленому засвоєнню теми на базі прослуханої лекції.

Перший етап самостійної роботи починається з процесу слухання і записування лекції. Правильно складений конспект лекції — найефективніший засіб стимулювання подальшої самостійної роботи здобувачів. Здобувач повинен чітко усвідомити, що конспект — це короткий тезовий запис головних положень навчального матеріалу. Складання і вивчення конспекту — перший етап самостійної роботи здобувача над вивченням теми чи розділу. Конспект допомагає в раціональній підготовці до практичних занять, заліку, у визначенні напряму і обсягу подальшої роботи з літературними джерелами.

Під час підготовки до лекції здобувач повинен опрацювати матеріал попередньої лекції з використанням підручників та інших джерел літератури. На лекціях висвітлюють тільки основні теоретичні положення та найбільш актуальні проблеми, тому більшість питань виноситься на самостійне опрацювання.

2.3 Підготовка до практичних занять

Підготовка до практичних занять розпочинається з опрацювання лекційного та методичного матеріалу до заданого заняття. Здобувач повинен самостійно ознайомитися з відповідним розділом робочої програми, підготувати відповіді на контрольні запитання, які подані в програмі у певній послідовності згідно з логікою засвоєння навчального матеріалу.

Практичні роботи збагачують і закріплюють теоретичні знання здобувачів, розвиваючи їхню творчу активність, допомагають у набутті практичних навичок роботи за предметом навчальної дисципліни.

У процесі підготовки до практичних робіт самостійна робота здобувачів є обов'язковою частиною навчальної роботи, без якої успішне і якісне засвоєння навчального матеріалу неможливе. Це свідчить про необхідність керування самостійною роботою здобувачів з боку викладача завдяки проведенню цілеспрямованих організаційних і контрольних заходів.

Викладач у вступній лекції рекомендує здобувачам основну і додаткову літературу, а також методичні рекомендації до самостійної роботи та до організації практичних робіт з дисципліни. У методичних вказівках з кожної теми наведено перелік питань для теоретичної підготовки до заняття.

У разі, коли здобувач не може самостійно розібратися в якомусь питанні, він може отримати консультацію у викладача (згідно з графіком проведення консультацій викладачами кафедри). Добре організовані консультації дозволяють спрямувати самостійну роботу в потрібному напрямі, зробити раціональною і підвищити її ефективність.

2.4 Структурована програма самостійної роботи

№	Найменування розділів самостійної роботи	ДФН	ЗФН
1	Опрацювання теоретичного матеріалу на основі лекційних конспектів та рекомендованої літератури	37	—
2	Підготовка до практичних занять та виконання практичних завдань	25	—
3	Розв'язання задач та контрольних завдань з дисципліни	—	—
4	Підготовка до модульного контролю та залікового контролю	25	—
Разом		87	—

2.5 Рекомендована послідовність роботи

Для кожного модуля:

1. **Етап 1 — Підготовка до лекцій.** Прочитайте стислий огляд теми з рекомендованої літератури перед лекцією, щоб отримати загальне розуміння матеріалу.
2. **Етап 2 — Слухання лекції та конспектування.** Активно слухайте лекцію, записуйте ключові концепції, приклади та висновки викладача.
3. **Етап 3 — Опрацювання конспекту.** Відразу після лекції перегляньте конспект, уточніть незрозумілі місця, доповніть конспект інформацією з посилань.
4. **Етап 4 — Поглиблене вивчення теми.** Прочитайте відповідні розділи підручників та монографій з рекомендованого списку літератури.
5. **Етап 5 — Підготовка до практичного заняття.** Дослідіть практичні питання, розв'яжіть тестові завдання, підготуйте відповіді на контрольні запитання.
6. **Етап 6 — Виконання практичної роботи.** Активно беріть участь у практичному занятті, виконуйте завдання, задавайте питання.
7. **Етап 7 — Закріплення матеріалу.** Ще раз перегляньте матеріал, розв'яжіть додаткові задачі для розширення розуміння теми.
8. **Етап 8 — Підготовка до модульного контролю.** Повторіть весь матеріал модуля, розв'яжіть тестові завдання, готуйтеся до тестування.

2.6 Поради щодо ефективної самостійної роботи

- **Планування часу.** Розподіліть самостійну роботу рівномірно протягом семестру, уникайте «штурму» перед іспитом.
- **Організація робочого простору.** Створіть умови для концентрації уваги: чистий стіл, мінімум відволікань, необхідні матеріали.
- **Активне читання.** Не просто читайте текст, але й робіть нотатки, складайте схеми, створюйте опорні конспекти.
- **Практичне застосування.** Намагайтеся застосовувати теоретичні знання до розв'язання практичних задач та реальних прикладів.
- **Взаємодія з однолітками.** Обговорюйте складні питання з одногрупниками, допомагайте один одному в розумінні матеріалу.
- **Консультації з викладачем.** Не стримуйтеся звертатися за допомогою, коли виникають труднощі в розумінні матеріалу.

- **Регулярне повторення.** Повторюйте раніше вивчений матеріал, щоб закріпити знання та запобігти їх забуванню.

4. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

4.1 Форми контролю

Оцінювання знань, вмінь і навичок здобувачів включає ті види занять, які згідно з програмою навчальної дисципліни «Ідентифікація складних систем і об'єктів» передбачають лекційні, практичні роботи, самостійну роботу.

Перевірку і оцінювання знань здобувачів проводять в наступних формах:

- оцінювання роботи і знань здобувачів під час практичних занять;
- оцінювання виконання і захист практичних робіт;
- складання проміжного контролю знань за змістовими модулями (модульний контроль);
- здача залікового тестування.

4.2 Модульний контроль

Для кожного змістовного модуля передбачено певну форму поточного контролю. Результати поточного контролю автоматично, без участі здобувача, зараховуються при модульному контролі.

Максимальна оцінка при I модульному контролі — 40 балів:

- Теоретичний курс (тестування): 20 балів
- Практична робота: 20 балів

Максимальна оцінка при II модульному контролі — 35 балів:

- Теоретичний курс (тестування): 20 балів
- Практична робота: 15 балів

4.3 Підсумковий контроль

Підсумковий контроль здійснюється у формі залік з максимальною оцінкою 25 балів.

Максимальна оцінка навчальної дисципліни — 100 балів.

Розподіл балів між модулями:

- Модуль 1: 40 балів
- Модуль 2: 35 балів
- Залік: 25 балів

4.4 Критерії оцінювання за компонентами

Теоретичний курс (тестування): Оцінюється глибина розуміння теоретичного матеріалу, знання основних концепцій ідентифікації систем, методів аналізу та моделювання.

Практичні роботи: Оцінюється якість виконання практичних завдань, прикладне застосування теоретичних знань, коректність результатів та обґрунтованість висновків.

5. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ

5.1 Шкала оцінювання

Сума балів за навчальну діяльність	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	Відмінно
82–89	B	Добре
74–81	C	Добре
64–73	D	Задовільно
60–63	E	Задовільно
35–59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання
0–34	F	Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

5.2 Таблиця розподілу балів

Модуль 1		Модуль 2	
Аудиторна та самостійна робота		Аудиторна та самостійна робота	
Теоретичний курс (тестування)	Практична робота	Теоретичний курс (тестування)	Практична робота
20	20	20	15
Підсумковий контроль (залік): 25			
Разом з дисципліни: 100			

5.3 Деталізація оцінювання за модулями

Модуль 1			Модуль 2		
Тема	Вид робіт	К-ть балів	Тема	Вид робіт	К-ть балів
Тема 1	ПРН№1	10	Тема 4–5	ПРН№3	10
Тема 2–3	ПРН№2	10	Тема 6–7	ПРН№4	5
Тестування: 20 балів			Тестування: 20 балів		

5.4 Критерії виставлення оцінок

Оцінка «А» (90–100 балів):

- Глибоке розуміння всіх концепцій ідентифікації систем
- Безпомилково виконані всі практичні роботи
- Логічне та обґрунтоване розв'язання складних задач
- Демонстрація аналітичних здібностей та творчого підходу

Оцінка «В» (82–89 балів):

- Добре розуміння основних концепцій та методів
- Якісне виконання практичних робіт з незначними помилками
- Коректне розв'язання більшості задач
- Достатня глибина та точність відповідей

Оцінка «С» (74–81 балів):

- Задовільне розуміння основних тем курсу
- Виконання практичних робіт з деякими помилками
- Розв'язання стандартних задач без істотних проблем
- Задовільне обґрунтування відповідей

Оцінка «D–E» (60–73 балів):

- Мінімальне розуміння основних концепцій
- Практичні роботи виконані з значними прогалинами
- Розв'язання простих задач з помилками
- Слабке обґрунтування відповідей

Оцінка «FX» (35–59 балів):

- Неповне розуміння теоретичного матеріалу
- Суттєві недоліки у виконанні практичних робіт
- Помилки при розв'язанні базових задач
- Можливість повторного складання або доопрацювання

Оцінка «F» (0–34 балів):

- Неадекватне розуміння основних концепцій
- Неякісне виконання практичних робіт
- Неспроможність розв'язати навіть прості задачі
- Вимагає обов'язкового повторного вивчення дисципліни

6. ПЕРЕЛІК КОНТРОЛЬНИХ ЗАПИТАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ

6.1 Запитання з Модулю 1

1. Що таке задача ідентифікації системи? Наведіть приклади практичного застосування.
2. Назвіть основні принципи ідентифікації систем та поясніть їх значення.
3. Як впливає рівень шуму на якість ідентифікації? Які методи шумозниження вам відомі?
4. Опишіть етапи підготовки даних для ідентифікації.
5. Яка різниця між параметричними та непараметричними моделями?
6. Назвіть основні типи моделей динамічних систем та їхні особливості.
7. Поясніть переваги та обмеження моделей ARX для ідентифікації.
8. Як обирається порядок моделі при ідентифікації системи?
9. Що таке перехідна характеристика та як вона використовується?
10. Поясніть метод кореляційного аналізу в контексті ідентифікації.

6.2 Запитання з Модулю 2

11. Які основні методи непараметричної ідентифікації вам відомі?
12. Як проводиться аналіз перехідної характеристики системи?
13. Поясніть суть методу найменших квадратів (МНК) та його застосування.
14. Як універсальні апроксиматори допомагають у параметричній ідентифікації?
15. Назвіть обмеження лінійних моделей при ідентифікації реальних систем.
16. Опишіть модель NARX і її переваги для ідентифікації нелінійних систем.
17. Що таке валідація моделі та чому вона критично важлива?
18. Назвіть основні інструменти та метрики для оцінки якості моделей.
19. Як проводити перехресну валідацію (cross-validation)?
20. Які критерії свідчать про адекватність побудованої моделі?

6.3 Спеціальні питання для практичної роботи

21. Як здійснюється попередня обробка біомедичних даних?
22. Назвіть основні ознаки, які виділяються при аналізі спіральних малюнків.
23. Як спектральний аналіз допомагає виявити тремор?
24. Поясніть, як провести комплексну інженерію ознак.
25. Які алгоритми класифікації вам відомі та коли їх застосовувати?
26. Як проводиться оптимізація гіперпараметрів?
27. Назвіть медично релевантні метрики для оцінки якості діагностичної системи.
28. Що таке матриця помилок (confusion matrix) і як її інтерпретувати?
29. Як забезпечити справедливість алгоритму при розгортанні в клініці?
30. Які етичні аспекти слід враховувати при розробці систем AI для медицини?

7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

7.1 Базова література

1. Brunton, Steven L., and J. Nathan Kutz. *Data-driven science and engineering: Machine learning, dynamical systems, and control*. Cambridge University Press, 2022. Available online: <https://www.databookuw.com/>
2. Петрик М. Р. *Методи та моделі ідентифікації параметрів складних багатокомпонентних нанопористих і нанорозмірних структур і процесів*: монографія / Петрик М. Р., Бойко І. В., Лебовка М. І., Бревус В. М. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023 – 156 с.
3. Хіміч О.М., Петрик М.Р., Михалик Д. М., Бойко І.В., Попов О.В., Сидорук В.А. *Методи математичного моделювання та ідентифікації складних процесів і систем на основі високопродуктивних обчислень* (нейро- та нанопористі кіберфізичні системи із зворотніми зв'язками, моделі з даними розрідженої структури, паралельні обчислення). Київ: Національна Академія наук України. Інститут кібернетики імені В. В. Глушкова. 2019, 188 с.

7.2 Допоміжна література

4. M. De Domenico, D. Brockmann, C. Camargo, C. Gershenson, D. Goldsmith, S. Jeschonnek, L. Kay, S. Nichele, J.R. Nicolás, T. Schmickl, M. Stella, J. Brandoff, A.J. Martínez Salinas, H. Sayama. *Complexity Explained* (2019). DOI: 10.17605/OSF.IO/TQGNW. URL: <https://complexityexplained.github.io/>
5. В.Ф. Губарев. *Моделювання та ідентифікація складних систем*. Київ: Наукова думка, 2019, 248 с.
6. В. М. Дубовой, Р. Н. Кветний, О. І. Михальов та А. В. Усов. *Моделювання та оптимізація систем*: Підручник. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс», 2017, 804 с., ISBN: 978-617-7237-23-4.
7. J. Ladyman, J. Lambert, and K. Wiesner. “What is a complex system?” *Euro Jnl Phil Sci*, vol. 3, no. 1, pp. 33–67, Jan. 2013, doi: 10.1007/s13194-012-0056-8.
8. H. Hjalmarsson. “System Identification of Complex and Structured Systems”. *European Journal of Control*, vol. 15, no. 3, pp. 275–310, Jan. 2009, doi: 10.3166/ejc.15.275-310.

7.3 Інформаційні ресурси та електронні джерела

9. Nonlinear Benchmarks. – URL: <https://www.nonlinearbenchmark.org/>
10. ARIMA Models in Python. – URL: <https://app.datacamp.com/learn/courses/arima-models-in-python>

11. IPython notebooks with demo code intended as a companion to the book “Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control” by J. Nathan Kutz and Steven L. Brunton – URL: https://github.com/dylewsky/Data_Driven_Science_Python_Demos
12. UCI Machine Learning Repository – URL: <https://archive.ics.uci.edu/>
13. GitHub Repository for System Identification Methods – URL: <https://github.com/topics/system-identification>

7.4 Матеріали дисципліни

- Електронний курс з дисципліни «Ідентифікація складних систем і об’єктів» доступний у СЕН ТНТУ ім. І. Пулюя, ID: 6687
- Конспект лекцій з дисципліни «Ідентифікація складних систем і об’єктів» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти ОНП «Інженерія програмного забезпечення» / Укладач: Бревус В.М. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025 – 74 с.
- Збірник практичних робіт з дисципліни «Ідентифікація складних систем і об’єктів» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти ОНП «Інженерія програмного забезпечення» / Укладач: Бревус В.М. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025 – 32 с.

7.5 Рекомендований список для поглибленого вивчення

- **Для теоретичної підготовки:** Матеріали конспекту лекцій та класичні підручники з теорії управління та аналізу систем.
- **Для практичного застосування:** Репозиторії на GitHub з готовими реалізаціями методів ідентифікації, порівняльні дослідження та case studies.
- **Для розробки проєктів:** Датасети з UCI Machine Learning Repository та kaggle, Python екосистема (scikit-learn, numpy, scipy, pandas, matplotlib).
- **Для актуальної інформації:** Наукові журнали та конференції (IEEE, IFAC, Signal Processing), веб-ресурси та блоги експертів у галузі.
- **Для спеціалізації у біомедичних системах:** Медичні бази даних, наукові публікації про діагностику захворювань, інтеграція AI у клінічну практику.

Зазначені матеріали можна знайти у:

- Бібліотеці ТНТУ ім. І. Пулюя;

- Електронних базах даних Інтернету;
- Науковому каталогу УДКон (UNILIB);
- Світовій системі цитування Google Scholar.