

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра інформаційних систем

Затверджено

На засіданні кафедри інформаційних систем
факультету прикладної математики та
інформатики
Львівського національного університету імені
Івана Франка
(протокол № 1 від 28.08.2023 р.)

Завідувач кафедри, д.ф.-м.н., проф.
Шинкаренко Г. А.



Силабус з навчальної дисципліни
“Фрактальні методи в інтелектуальному аналізі даних”,
що викладається в межах ОПІ “Інформатика”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 122 – комп’ютерні науки

Львів 2023 р.

Назва дисциплін	Фрактальні методи в інтелектуальному аналізі даних
Адреса викладання дисциплін	Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, Україна, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет прикладної математики та інформатики, кафедра інформаційних систем
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань: 12 Інформаційні технології Спеціальність: 122 Комп'ютерні науки
Викладачі дисциплін	Соколовський Ярослав Іванович, д.т.н., професор кафедри інформаційних систем
Контактна інформація викладачів	sokolovskyy.yar@gmail.com , yaroslav.sokolovskyy@lnu.edu.ua ; Головний корпус ЛНУ ім. Івана Франка, каб. 261. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні	Консультації в день проведення лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі онлайн консультації у Microsoft Teams. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або дзвонити.
Сторінка курсу	https://ami.lnu.edu.ua/course/fraktalni-metody-v-intelektualnomu-analizi-danykh-kn
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення дисципліни “Фрактальні методи в інтелектуальному аналізі даних” є освоєння студентами теоретичних і практичних основ методів фрактального аналізу. Цілі навчання: підготовка фахівців, здатних розробляти і застосовувати методи і засоби фрактального аналізу для вирішення проблем в галузі інформаційних технологій, зокрема інтелектуальних систем аналізу й обробки даних організаційних, технічних, природничих і соціальноекономічних систем
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Фрактальні методи в інтелектуальному аналізі даних” є вибіркою дисципліною з спеціальності 122 – Комп'ютерні науки для освітньої програми “Інформатика”, яка викладається в 8-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)
Коротка анотація дисципліни	Навчальний курс присвячено оброці та аналізу даних за допомогою сучасного апарату – теорії фрактального аналізу, зокрема з використанням основ дробового диференціювання. Вивчаються алгоритми побудови фрактальних систем та методи обчислень фрактальних розмірностей. Розглядаються практичні застосування фрактального та мультифрактального аналізу ,зокрема відновлення пропусків у масивах даних, оброблення зображень, моделювання мережевого трафіка, тощо. Вивчення моделей фрактальних часових рядів, зокрема, моделі фрактального руху, дослідження методів оцінювання їх параметрів, програмна реалізація системи моделювання самоподібних часових рядів та оцінки показників стійкості, Херста
Література для вивчення дисципліни	Основна література 1. Sabrina Arfaoui, Anouar Ben Mabrouk Carlo Cattani Wavelet Analysis: Basic Concepts and Applications. December 2021.vDOI: 10.1142/12345 ISBN: 978981-12-3943-4 2. Kilbas, A.A.; Srivastava, H.M.; Trujillo, J.J. <i>Theory and Applications of Fractional Differential Equations</i> ; Elsevier: San Diego, CA, USA, 2020..

	<p>3. Tarasova, V.V.; Tarasov, V.E. Concept of dynamic memory in economics. <i>Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.</i> 2018, 55, 127–145.</p> <p>4. Iqbal, Z.; Macías-Díaz, J.E.; Ahmed, N.; Javaid, A.; Rafiq, M.; Raza, A. Analytical and Numerical Boundedness of a Model with Memory Effects for the Spreading of Infectious Diseases. <i>Symmetry</i> 2022, 14, 2540.</p> <p>5. Garrappa, R.; Popolizio, M. Computing the matrix Mittag-Leffler function with applications to fractional calculus. <i>J. Sci. Comput.</i> 2018, 77, 129–153.</p> <p>6. Інтелектуальне моделювання нелінійних динамічних процесів у системах керування, кібербезпеки, телекомунікацій: підручник / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна ; за заг. ред. В.І. Корнієнка ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2020. – 536 с.</p> <p>Додаткова література</p> <p>1. Kumar, S., Kumar, R., Cattani, C., & Samet, B. (2020). Chaotic behaviour of fractional predator-prey dynamical system. <i>Chaos, Solitons & Fractals</i>, 135, 109811.</p> <p>2. Berredjem, N.; Maayah, B.; Arqub, O.A. A numerical method for solving conformable fractional integrodifferential systems of second-order, two-points periodic boundary conditions. <i>Alex. Eng. J.</i> 2022, 61</p> <p>3. Patnaik, S.; Semperlotti, F. Variable-order particle dynamics: Formulation and application to the simulation of edge dislocations. <i>Philos. Trans. R. Soc. A</i> 2020, 378, 0190290.</p> <p>4. Blaszczyk, T.; Bekus, K.; Szajek, K.; Sumelka, W. Approximation and application of the Riesz-caputo fractional derivative of variable order with fixed memory. <i>Meccanica</i> 2022, 57, 861–870.</p> <p>5. Laplace-fPINNs: Laplace-based fractional physics-informed neural networks for solving forward and inverse problems of subdiffusion XB Yan, ZQJ Xu, Z MaarXiv preprint arXiv:2304.00909, 2023•</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 56 год., з них 28 год. лекцій та 28 години лабораторних робіт. Самостійної роботи: 64 год
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рекурсивні алгоритми побудови фрактальних множин. Властивості фракталів • Способи обчислення фрактальної розмірності. Розмірність Хаусдорфа-Безикевича • Методи побудови фрактальних множин за допомогою системи ітерованих функцій • Методи мультифрактального аналізу • Алгоритми генерування траєкторій випадкових блукань • Фрактальні алгоритми оброблення текстур зображень. Алгоритм фрактального кодування зображень. • Практичні методи обчислення фрактальної розмірності природних об'єктів. • Фрактальні характеристики часових рядів. Зв'язок фрактальних характеристик .Алгоритми розрахунку фрактальних розмірностей. • Часові ряди з змінною фрактальною структурою. Способи аналізу та прогнозування таких рядів. Показники та критерії оцінки ефективності.

	<ul style="list-style-type: none"> • Фрактальні алгоритми ,засоби моделювання мережевого трафіка. • Засоби створення фрактальних нейронних мереж. <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Будувати рекурсивні алгоритми фрактальних множин • Будувати алгоритми обчислення фрактальної розмірності □ Будувати алгоритми мультифрактального аналізу • Будувати алгоритми фрактального броунівського руху. • Будувати фрактальні алгоритми оброблення текстури зображень, прогнозування трафіку комп’ютерних мереж. • Будувати алгоритми фрактальних часових рядів для прогнозування процесів різної природи. <p>Будувати алгоритми розпізнавання текстури зображень.</p>																														
Ключові слова	Фрактали , фрактальна розмірність, випадкові блукання, фрактальні методи оброблення зображень, моделі часових рядів з змінною фрактальною структурою																														
Формат курсу	Очний.																														
Теми	<p><i>Курс складається з наступних тем. Детальний опис тем занять по тижнях:</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Тиждень</i></th> <th><i>Тема, короткі тези</i></th> <th><i>Форма заняття</i></th> <th><i>Трива лість., ак. год.</i></th> <th><i>Термін виконання</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Тема 1.. Самоподібність і класичні фрактали. Поняття самоподібності. Класифікація фракталів. Самоподібні степеневі закони. Рекурсивні алгоритми побудови фрактальних множин. Властивості фракталів. Класифікація фрактальних шумів. Важливі приклади.</td> <td>лекція</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Лабораторна робота за темою 1 Захист завдань. Питання-відповіді</td> <td>лабор.</td> <td>2</td> <td>До дати проведення наступної лабораторної роботи</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Самостійна робота Тема 1. Стохастичні і фрактальні шуми. Білий гаусовий шум. Пуассонівський процес. Білий дробовий шум. Кольоровий шум. Коричневий шум і самоподібні процеси на фондовій біржі.. Чорні шуми і розливи Нілу .</td> <td>самоств.</td> <td>5</td> <td>До дати проведення наступної лабораторної роботи</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Тема 2 . Фрактальна розмірність Топологічна і фрактальна розмірність множини. Способи обчислення фрактальної розмірності. Розмірність Хаусдорфа-Безикевича. Закон Херста. Визначення фрактальної розмірності фазової траєкторії і поверхні. Приклади обчислення фрактальної розмірності для класичних фракталів..</td> <td>лекція</td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Лабораторна робота за темою 2 Захист завдань. Питання-відповіді</td> <td>лабор.</td> <td>2</td> <td>До дати проведення наступної лабораторної роботи</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Тиждень</i>	<i>Тема, короткі тези</i>	<i>Форма заняття</i>	<i>Трива лість., ак. год.</i>	<i>Термін виконання</i>	1	Тема 1.. Самоподібність і класичні фрактали. Поняття самоподібності. Класифікація фракталів. Самоподібні степеневі закони. Рекурсивні алгоритми побудови фрактальних множин. Властивості фракталів. Класифікація фрактальних шумів. Важливі приклади.	лекція	2		1	Лабораторна робота за темою 1 Захист завдань. Питання-відповіді	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи	1	Самостійна робота Тема 1. Стохастичні і фрактальні шуми. Білий гаусовий шум. Пуассонівський процес. Білий дробовий шум. Кольоровий шум. Коричневий шум і самоподібні процеси на фондовій біржі.. Чорні шуми і розливи Нілу .	самоств.	5	До дати проведення наступної лабораторної роботи	2	Тема 2 . Фрактальна розмірність Топологічна і фрактальна розмірність множини. Способи обчислення фрактальної розмірності. Розмірність Хаусдорфа-Безикевича. Закон Херста. Визначення фрактальної розмірності фазової траєкторії і поверхні. Приклади обчислення фрактальної розмірності для класичних фракталів..	лекція	2		2	Лабораторна робота за темою 2 Захист завдань. Питання-відповіді	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи
<i>Тиждень</i>	<i>Тема, короткі тези</i>	<i>Форма заняття</i>	<i>Трива лість., ак. год.</i>	<i>Термін виконання</i>																											
1	Тема 1.. Самоподібність і класичні фрактали. Поняття самоподібності. Класифікація фракталів. Самоподібні степеневі закони. Рекурсивні алгоритми побудови фрактальних множин. Властивості фракталів. Класифікація фрактальних шумів. Важливі приклади.	лекція	2																												
1	Лабораторна робота за темою 1 Захист завдань. Питання-відповіді	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи																											
1	Самостійна робота Тема 1. Стохастичні і фрактальні шуми. Білий гаусовий шум. Пуассонівський процес. Білий дробовий шум. Кольоровий шум. Коричневий шум і самоподібні процеси на фондовій біржі.. Чорні шуми і розливи Нілу .	самоств.	5	До дати проведення наступної лабораторної роботи																											
2	Тема 2 . Фрактальна розмірність Топологічна і фрактальна розмірність множини. Способи обчислення фрактальної розмірності. Розмірність Хаусдорфа-Безикевича. Закон Херста. Визначення фрактальної розмірності фазової траєкторії і поверхні. Приклади обчислення фрактальної розмірності для класичних фракталів..	лекція	2																												
2	Лабораторна робота за темою 2 Захист завдань. Питання-відповіді	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи																											

2	Самостійна робота Тема 2. Узагальнені фрактальні розмірності. Кореляційна розмірність Дисперсійна розмірність. Ентропійна розмірність.	самост.	5	До дати проведення наступної лабораторної роботи
3	Тема 3. Побудова фрактальних множин за допомогою системи ітерованих функцій. Системи ітерованих функцій. Метод випадкових ітерацій. Афінні перетворення на площині. Приклади задач побудови фракталів.	лекція	2	
3	Лабораторна робота за темою 3 Захист завдань. Питання-відповіді	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи
3	Самостійна робота Тема 3. Перетворення Хатчінсона. Побудова найпростіших фракталів.	самост.	5	До дати проведення наступної лабораторної роботи
4-5	Тема 4. Мультифрактали. Поняття мультифрактала. Приклади. Функція мультифрактального спектру. Розмірність носія, ентропія, інформаційна фрактальна розмірність.	лекція	4	
4-5	Лабораторна робота за темою 4 Захист завдань. Питання-відповіді.	лабор.	4	До дати проведення наступної лабораторної роботи
4-5	Самостійна робота Тема 4. Мультифрактальний скейлінг-спектр. Геометричні властивості мультифрактального скейлінг-спектра.	самост.	7	До дати проведення наступної лабораторної роботи
6	Тема 5. Алгоритми моделювання траєкторій фрактального руху. Алгоритми генерування траєкторій випадкових блукань (дробовий порядок за часом, врахування ефектів пам'яті). Фрактальний броунівський рух.	лекція	2	
6	Лабораторна робота за темою 5 Захист завдань. Питання-відповіді.	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи
6	Самостійна робота Тема 5. Бібліотеки програмної реалізації алгоритмів моделювання траєкторій фрактального руху. Емпіричні залежності траєкторій фрактального руху з фрактальними розмірностями.	самост.	5	До дати проведення наступної лабораторної роботи
7	Тема 6. Фрактальні методи оброблення зображень Фрактальні алгоритми оброблення текстури зображень. Простір зображень в рівнях сірого. Теорема про стискаючі відображення для зображень в рівнях сірого. Алгоритм фрактального кодування зображень	лекція	2	
7	Лабораторна робота за темою 6 Захист завдань. Питання-відповіді.	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи

				лабораторної роботи
7	Самостійна робота Тема 6. Методи оцінювання фрактальної розмірності бінарних зображень. Особливості визначення фрактальної розмірності методами Box-Counting.	самост.	5	До дати проведення наступної лабораторної роботи
8	Тема 7. Фрактальна розмірність природних об'єктів. Практичні методи обчислення фрактальної розмірності природних об'єктів: гирла річок, кісткова тканина, кластери та інші.	лекція	2	
8	Лабораторна робота за темою 7 Захист завдань. Питання-відповіді.	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи
8	Самостійна робота Тема 7. Застосування фрактального аналізу в медичних дослідженнях.-. Фрактальний аналіз шуму дихання людини. Мультифрактальний аналіз серцевого ритму.	самост.	5	До дати проведення наступної лабораторної роботи
9	Тема 8. Фрактали і фрактальні розмірності часових рядів Фрактальні характеристики часових рядів. Зв'язок фрактальних характеристик. Алгоритми розрахунку фрактальних розмірностей. Модель ARFIMA. Аналіз програмних засобів у системах підтримки прийняття рішень на основі прогнозування часових рядів з фрактальною структурою. Конструювання рекурентних і крос-рекурентних діаграм.	лекція	2	
9	Лабораторна робота за темою 8 Захист завдань. Питання-відповіді. Резервна пара для заліку.	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи
9	Самостійна робота Тема 8. Алгоритми ідентифікації оцінювання показника Херста за характеристиками часового ряду	самост.	5	До дати проведення наступної лабораторної роботи
10	Тема 9. Застосування фрактального аналізу для дослідження комп'ютерних мереж . Фрактальні процеси та моделювання мережевого трафіка. Моделювання мережевого трафіка фрактальним броунівським рухом. Моделі прогнозування та керування пропускнуою здатністю у мережах	лекція	2	
10	Лабораторна робота за темою 9 Захист завдань. Питання-відповіді. Резервна пара для заліку.	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи
10	Самостійна робота Тема 9. Мультифрактальний аналіз трафіку . Мультифрактальний аналіз детрендових флуктуацій. Структурно-параметрична	самост.	5	До дати проведення наступної лабораторної роботи

	ідентифікація та прогнозування трафіку.			
11	Тема 10 Моделі часових рядів з змінною фрактальною структурою. Часові ряди з змінною фрактальною структурою. Способи аналізу та прогнозування таких рядів. Показники та критерії оцінки ефективності. Задачі прогнозування з використанням часових рядів з фрактальною структурою-задача прогнозування курсу валют, задача прогнозування торгової біржі, інші задачі	лекція	2	
11	Лабораторна робота за темою 10 Захист завдань. Питання-відповіді.	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи
11	Самостійна робота Тема 10. Програмні реалізації фрактальних часових рядів спостережень.	самост.	6	До дати проведення наступної лабораторної роботи
12	Тема 11. Дослідження ефективності використання фрактальної інтерполяції для заповнення пропусків у масивах даних. Методи фрактальної інтерполяції. Алгоритми відновлення пропущених даних з урахуванням фрактальної розмірності. Знаходження значення фрактальної інтерполяційної функції, визначеної набором стискуючих відображень у даній точці. Обчислення фрактальної клітинкової розмірності графіка фрактальної інтерполяційної функції.	лекція	2	
12	Лабораторна робота за темою 11 Захист завдань. Питання-відповіді.	лабор.	2	До дати проведення наступної лабораторної роботи
12	Самостійна робота Тема 11. Порівняльний аналіз різних методів інтерполяції для відновлення пропущених даних (на різних наборах даних).	самост.	6	До дати проведення наступної лабораторної роботи
13-14	Тема.12. Фрактальні нейронні мережі. Проектування архітектури нейронної мережі на основі самоподібності. Функції нейронної мережі та фрактальної розмірності. Приклади застосування.	лекція	4	
13-14	Лабораторна робота за темою 12 Захист завдань. Питання-відповіді.	лабор.	4	Тиждень
14	Самостійна робота Тема 12. Приклади застосування FNN. Бібліотеки програмної реалізації.		5	

Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з відповідних дисциплін(Теорія ймовірностей та математична статистика, Моделювання еволюційних систем), достатніх для сприйняття категоріального апарату фрактального аналізу.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентації, практичні. Індивідуальні завдання.
Необхідне обладнання	Комп'ютер із програмним забезпеченням Visual Studio, Internet доступ до обчислювального кластера.
Критерії оцінювання	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 8 індивідуальних завдань(кожне індивідуальне завдання оцінюється по 10 балів): 80% семестрової оцінки; • залікова контрольна робота в кінці семестру(20 балів): 20% семестрової оцінки. Підсумкова максимальна кількість балів 100 <p>Академічна доброчесність: Очікується, що розроблені програми студентів будуть результатами їх оригінальних досліджень чи міркувань. Виявлення ознак академічної недоброчесності в програмі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для здачі індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.