

**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 29 серпня 2025 р.)

Завідувач кафедри Г.А. Шинкаренко



**Силабус з навчальної дисципліни**

**“ Фрактальні методи в інтелектуальному аналізі даних”,**  
**викладається в межах ОПП “ Середня освіта (Інформатика)”**

**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**для здобувачів зі спеціальності А4.09 Середня освіта (Інформатика)**

**Львів 2025 р.**

<b>Назва дисципліни</b>	Фрактальні методи в інтелектуальному аналізі даних
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра інформаційних систем
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	A – Освіта/Педагогіка A4.09 – Середня освіта (Інформатика)
<b>Викладачі дисципліни</b>	Соколовський Ярослав Іванович, професор кафедри інформаційних систем
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:sokolovsky.yar@gmail.com">sokolovsky.yar@gmail.com</a> , <a href="mailto:yaroslav.sokolovsky@lnu.edu.ua">yaroslav.sokolovsky@lnu.edu.ua</a> ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 260. м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю).
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://ami.lnu.edu.ua/course/fraktalni-metody-v-intelektualnomu-analizi-danykh-kn">https://ami.lnu.edu.ua/course/fraktalni-metody-v-intelektualnomu-analizi-danykh-kn</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “Фрактальні методи в інтелектуальному аналізі даних” є вибіркою дисципліною з спеціальності A4.09 – Середня освіта (Інформатика) для освітньої програми Середня освіта (Інформатика), яка викладається в 8-му семестрі в обсязі 3,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	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, 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.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення дисципліни “Фрактальні методи в інтелектуальному аналізі даних” є освоєння студентами теоретичних і практичних основ методів фрактального аналізу .
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чумак О.В. Энтропия та фракталы в анализе данных. - 2011</li> <li>2. Гринченко В.Т., Снарский А.А., Мацьпура В.Т. Фракталы _Київ - 2013</li> <li>3. Tarasov V. E. Fractional Dynamics. Applications of Fractal Calculus to Dynamics of Particles, Fields and Media / V. E. Tarasov. – Springer, 2011. – 522 p.</li> <li>4. Bamsley M. Fractals Everywhere / M. Bamsley. – Academic Press, 2008. – 394 p..</li> <li>5. West J.B. Physics of Fractal Operators / J.B. West, M. Bologna, P. Grigolini – Springer: Verlag, 2003. – 354 pp.</li> </ol>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 105 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекцій та 32 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 41 год.

<p><b>Очікувані результати навчання</b></p>	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рекурсивні алгоритми побудови фрактальних множин. Властивості фракталів</li> <li>• Способи обчислення фрактальної розмірності. Розмірність Хаусдорфа-Безикевича</li> <li>• Меоди побудови фрактальних множин за допомогою системи ітерованих функцій</li> <li>• Методи мультифрактального аналізу</li> <li>• Алгоритми генерування траєкторій випадкових блукань</li> <li>• Фрактальні алгоритми оброблення текстури зображень. Алгоритм фрактального кодування зображень.</li> <li>• Практичні методи обчислення фрактальної розмірності природних об'єктів.</li> <li>• Фрактальні характеристики часових рядів. Зв'язок фрактальних характеристик. Алгоритми розрахунку фрактальних розмірностей.</li> <li>• Часові ряди з змінною фрактальною структурою. Способи аналізу та прогнозування таких рядів. Показники та критерії оцінки ефективності.</li> <li>• Фрактальні процеси та моделювання мережевого трафіка. Моделювання мережевого трафіка фрактальним броунівським рухом</li> <li>• Використання фрактальної інтерполяції для заповнення пропусків у масивах даних</li> </ul> <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Будувати рекурсивні алгоритми фрактальних множин</li> <li>• Будувати алгоритми обчислення фрактальної розмірності</li> <li>• Будувати алгоритми мультифрактального аналізу</li> <li>• Будувати алгоритми фрактального броунівського руху</li> <li>• Будувати фрактальні алгоритми оброблення текстури зображень, прогнозування трафіку комп'ютерних мереж.</li> <li>• Будувати алгоритми фрактальних часових рядів для прогнозування процесів різної природи.</li> </ul>
<p><b>Ключові слова</b></p>	<p>Фрактали, фрактальна розмірність, випадкові блукання, фрактальні методи оброблення зображень, моделі часових рядів з змінною фрактальною структурою</p>
<p><b>Формат курсу</b></p>	<p>Очний, дистанційний Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.</p>

<p><b>Теми</b></p>	<p><b>Тема 1. Самоподібність і класичні фрактали</b>  Поняття самоподібності. Рекурсивні алгоритми побудови фрактальних множин. Властивості фракталів. Важливі приклади.</p> <p><b>Тема 2. Фрактальна розмірність</b>  Топологічна і фрактальна розмірність множини. Способи обчислення фрактальної розмірності. Розмірність Хаусдорфа-Безикевича. Закон Херста. Приклади обчислення фрактальної розмірності для класичних фракталів.</p> <p><b>Тема 3. Побудова фрактальних множин за допомогою системи ітерованих функцій</b>  Системи ітерованих функцій. Метод випадкових ітерацій. Афінні перетворення на площині.</p> <p><b>Тема 4. Мультифрактали</b>  Поняття мультифрактала. Приклади. Функція мультифрактального спектру. Розмірність носія, ентропія, інформаційна фрактальна розмірність.</p> <p><b>Тема 5. Алгоритми генерування траєкторій випадкових блукань</b>  (дробовий порядок за часом, врахування ефектів пам'яті). Фрактальний броунівський рух.</p> <p><b>Тема 6. Фрактальні методи оброблення зображень</b>  Фрактальні алгоритми оброблення текстури зображень. Простір зображень в рівнях сірого. Теорема про стискаючі відображення для зображень в рівнях сірого. Алгоритм фрактального кодування зображень.</p> <p><b>Тема 7. Фрактальна розмірність природних об'єктів</b>  Практичні методи обчислення фрактальної розмірності природних об'єктів: гірла річок, кісткова тканина, кластери та інші.</p> <p><b>Тема 8. Фрактали і фрактальні розмірності часових рядів</b>  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.</p> <p><b>Тема 9. Моделі часових рядів з змінною фрактальною структурою</b>  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.</p> <p><b>Тема 10. Застосування фрактального аналізу для дослідження комп'ютерних мереж</b>  Фрактальні процеси та моделювання мережевого трафіка. Моделювання мережевого трафіка фрактальним броунівським рухом. Моделі прогнозування та керування пропускну здатністю у мережах</p> <p><b>Тема 11. Дослідження ефективності використання фрактальної інтерполяції для заповнення пропусків у масивах даних</b></p>
<p><b>Підсумковий контроль, форма</b></p>	<p>залік у кінці семестру</p>
<p><b>Пререквізити</b></p>	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Чисельних методів;</li> <li>- Програмування;</li> <li>- Аналізу даних</li> </ul> <p>достатніх для сприйняття категоріального апарату фрактальних методів в інтелектуальному аналізі даних.</p>

<p><b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b></p>	<p>Презентації, лекції Індивідуальні завдання Групові проекти</p>
<p><b>Необхідне обладнання</b></p>	<p>Комп'ютер із програмним забезпеченням Visual Studio 2022, Internet доступ до обчислювального кластера.</p>
<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• індивідуальні завдання : 35% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 35</li> <li>• командна робота :35% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 35</li> <li>• опитування на практичних заняттях (30 % семестрової оцінки, максимальна кількість балів 30. Підсумкова максимальна кількість балів 100.</li> </ul> <p>Вчасно виконані завдання оцінюються так (у відсотках від максимальної оцінки):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100% – умови завдання виконано повністю, алгоритми та формули складено правильно, завдання містить належні коментарі, автор відповідає на всі запитання щодо використаних підходів, чітко інтерпретує отримані результати, немає ознак недоброчесності;</li> <li>• 80% – наведено логічно правильну послідовність розв'язування, завдання виконано в основному правильно, бракує окремих коментарів, автор не досить повно пояснює використані підходи, немає ознак недоброчесності;</li> <li>• 60% – у правильній послідовності розв'язування допущено окремі помилки, які автор уміє виправити після зауваження викладача, бракує коментарів у роботі, на запитання щодо використаних підходів автор відповідає з помилками, немає ознак недоброчесності;</li> <li>• 40% – у правильній послідовності розв'язування пропущено окремі етапи, завдання виконано частково, автор не розуміє недоліків поданої роботи, не вміє їх виправити, немає ознак недоброчесності;</li> <li>• 20% – завдання виконано частково, автор не може самостійно інтерпретувати отримані результати, виправити помилки, немає ознак недоброчесності;</li> <li>• 0% – завдання не виконано або виявлено ознаки недоброчесності: запозичення, фрагменти коду чи тексту, дію яких автор пояснити не може, автор не володіє відповідним теоретичним матеріалом тощо;</li> </ul> <p><b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконають одну письмову роботу і звіт про виконання проекту.</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> 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><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента</p>

	<p>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. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до заліку чи екзамену.</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Самоподібність і класичні фрактали</li> <li>2. Фрактальна розмірність</li> <li>3. Побудова фрактальних множин за допомогою системи ітерованих функцій</li> <li>4. Мультифрактали та мультифрактальний аналіз .</li> <li>5. Алгоритм генерування траєкторій випадкових блукань (дробовий порядок за часом, врахування ефектів пам'яті).</li> <li>6. Фрактальні методи оброблення зображень.</li> <li>7. Фрактальна розмірність природних об'єктів</li> <li>8. Фрактали і фрактальні розмірності часових рядів</li> <li>9. Моделі часових рядів з змінною фрактальною структурою</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>10. Застосування фрактального аналізу для дослідження комп'ютерних мереж</li> <li>11. Дослідження ефективності використання фрактальної інтерполяції для заповнення пропусків у масивах даних</li> </ol>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>