

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет електроніки та комп'ютерних технологій**  
**Кафедра радіоелектронних і комп'ютерних систем**

**Затверджено**

На засіданні кафедри радіоелектронних і  
комп'ютерних систем  
факультету електроніки та комп'ютерних  
технологій  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол №1/24 від 28 серпня 2023 р.)

Завідувач кафедри  Ігор ОЛЕНИЧ

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Алгоритми та методи нечіткого моделювання»,**  
**що викладається в межах ОП «Комп'ютерні науки»**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів зі спеціальності**  
**122 – Комп'ютерні науки**

<b>Назва дисципліни</b>	Алгоритми та методи нечіткого моделювання
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	м. Львів, вул. Драгоманова, 50
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра радіоелектронних і комп'ютерних систем
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	12 Інформаційні технології, 122 Комп'ютерні науки
<b>Викладачі дисципліни</b>	Оленич Ігор Богданович, доктор. фіз.-мат. наук, доцент, зав. каф.
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:igor.olenych@lnu.edu.ua">igor.olenych@lnu.edu.ua</a> <a href="https://electronics.lnu.edu.ua/employee/olenych-i-b">https://electronics.lnu.edu.ua/employee/olenych-i-b</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю): кімн.104, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, м. Львів, вул. Драгоманова, 50. Також можливі онлайн консультації через MS Teams. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="http://194.44.208.156/moodle/course/view.php?id=112">http://194.44.208.156/moodle/course/view.php?id=112</a> <a href="https://electronics.lnu.edu.ua/course/metody-ta-alhorytmy-nechitkoho-modelyuvannya">https://electronics.lnu.edu.ua/course/metody-ta-alhorytmy-nechitkoho-modelyuvannya</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Алгоритми та методи нечіткого моделювання» є вибірковою дисципліною з спеціальності 122 Комп'ютерні науки для освітньої програми «Комп'ютерні науки», яка викладається в 2 семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для того, щоб розв'язувати типові задачі проектування та використання інформаційних систем засобами нечіткого моделювання. Тому у дисципліні представлено як огляд концепцій теорії нечітких множин і нечіткого моделювання, так і засобів та інструментів, які потрібні для побудови систем нечіткого логічного висновку. Зокрема, розглянуто основні підходи та алгоритми нечіткого моделювання і використання нечітких та лінгвістичних змінних в системах нечіткої логіки.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<i>Метою</i> вивчення вибіркової дисципліни «Алгоритми та методи нечіткого моделювання» є ознайомлення студентів з методами нечіткого моделювання, а <i>цілями</i> – оволодіння сучасними підходами проектування інформаційних систем та навиками їх застосування.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	Основна література: 1. Оленич І.Б. Нечітка логіка та нечітке моделювання. - Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2022. – 210 с. 2. Piegat A. Fuzzy Modeling and Control / Andrzej Piegat. – Heidelberg; New York: Physica-Verlag, 2001. 3. Trillas E. Fuzzy Logic: An Introductory Course for Engineering Students / Enric Trillas, Luka Eciolaza. – Springer, 2015. – 204 p. Додаткова література: 4. Сявавко М. Математика прихованих можливостей: навчальний посібник / Мар'ян Сявавко. – Острог: Видавництво Національного університету «Острозька академія», 2011. – 396 с. 5. Оленич І.Б. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з курсу “Нечітка логіка” / І.Б. Оленич. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2017. – 58 с. 6. Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Their Applications / Edited by Michael Voskoglou. – MDPI, 2020. – 366 p.

	<p>7. Yager R. Essentials of fuzzy modeling and control / R. Yager, D. Filev. – New York: John Wiley and Sons, 1994.</p> <p>8. Ray K. S. Soft Computing and Its Applications. Volume 1: A Unified Engineering Concept / Kumar S. Ray. – New York: Apple Academic Press, 2014. – 632 p.</p> <p>9. Ray K. S. Soft Computing and Its Applications. Volume 2: Fuzzy Reasoning and Fuzzy Control / Kumar S. Ray. – New York: Apple Academic Press, 2014. – 468 p.</p> <p>10. Hooda D. S. Fuzzy Logic Models and Fuzzy Control. An Introduction / D. S. Hooda, Vivek Raich. – Oxford: Alpha Science International Ltd., 2017. – 409 p.</p> <p>11. Tashtoush T., Alazzam A., Rodan A. Utilizing fuzzy logic controller in manufacturing facilities design: Machine and operator allocation // Cogent Engineering. – 2022. – Vol. 7. - 1771820.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	64 години аудиторних занять. З них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 116 годин самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Знати основні типи і методи побудови функцій належності нечітких множин; типові алгоритми нечіткого логічного висновку; структуру, принципи реалізації і функціонування систем нечіткої логіки; методи аналізу їх властивостей та інструментальні засоби проектування.</li> <li>- Вміти застосовувати, впроваджувати та експлуатувати сучасні інформаційні системи та технології отримання нечіткого логічного висновку (виробничі, підтримки прийняття рішень, інтелектуального аналізу даних) у різних галузях людської діяльності, національної економіки та виробництва в умовах неповної або наближеної інформації.</li> </ul> <p>Після вивчення курсу здобувачі набудуть таких компетентностей і програмних результатів:</p> <p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК4. Здатність спілкуватися іноземною мовою.</p> <p>ЗК5. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК7. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).</p> <p>СК1. Усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук.</p> <p>СК2. Здатність формалізувати предметну область певного проєкту у вигляді відповідної інформаційної моделі.</p> <p>СК3. Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області.</p> <p>СК6. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук.</p> <p>СК7. Здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог із урахуванням наявних ресурсів і обмежень.</p> <p>СК8. Здатність розробляти та реалізовувати проєкти зі створення програмного забезпечення, у т. ч. в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог і необхідності застосовувати нові стратегічні підходи, використовувати програмні інструменти для організації командної роботи над проєктом.</p> <p>СК13. Здатність застосовувати методи і підходи штучного інтелекту, інтелектуального аналізу та науки про дані та підходів оптимізації до розв'язання конкретних проблем комп'ютерних наук.</p> <p>РН1. Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне</p>

	<p>осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань.</p> <p>РН3. Зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію у сфері комп'ютерних наук до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються.</p> <p>РН4. Управляти робочими процесами у сфері інформаційних технологій, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.</p> <p>РН5. Оцінювати результати діяльності команд та колективів у сфері інформаційних технологій, забезпечувати ефективність їх діяльності.</p> <p>РН6. Розробляти концептуальну модель інформаційної або комп'ютерної системи.</p> <p>РН7. Розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей.</p> <p>РН9. Розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення для аналізу даних (включно з великими).</p> <p>РН12. Проектувати та супроводжувати бази даних та знань.</p> <p>РН16. Виконувати дослідження у сфері комп'ютерних наук.</p> <p>РН20. Володіти методами та засобами штучного інтелекту, інженерії та аналізу даних, розпізнавання образів і адаптивного опрацювання інформації, аналізу та обробки природної мови, моделювання та оптимізації.</p>
<b>Ключові слова</b>	Нечітка множина, нечіткий логічний висновок, нечітка база знань, лінгвістична змінна
<b>Формат курсу</b>	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	Див. СХЕМА КУРСУ
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань у галузі 12 – Інформаційні технології, зокрема з дисциплін «Вища математика», «Дискретна математика», «Алгоритми та структури даних», «Чисельні методи».
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентація, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусія.
<b>Необхідне обладнання</b>	Мультимедіа, платформа Moodle, комп'ютерний клас, стандартне комп'ютерне програмне забезпечення, програми та сервіси MS Teams
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 лабораторних робіт: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів <math>12 \times 4 + 2 = 50</math>, де 2 додаткові бали нараховують за успішне виконання та захист усіх робіт.</li> <li>• контрольні заміри (2 модулі): 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів <math>2 \times 25 = 50</math>.</li> </ul> <p>Загалом упродовж семестру 100 балів.</p> <p><b>Контрольні заміри проводяться у формі тестових завдань.</b></p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела,</p>

	<p>фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в 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 і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів визначених для виконання усіх видів робіт, 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 на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного 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>
<b>Питання до контрольних робіт</b>	Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних робіт розміщені на веб-сторінці <a href="http://194.44.208.156/moodle/course/view.php?id=112">http://194.44.208.156/moodle/course/view.php?id=112</a>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

#### СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання, лабораторна робота, самостійна робота, год.	Термін виконання
1	<b>Вступ до теорії нечітких множин і нечіткої логіки.</b> Становлення та розвиток теорії нечітких множин і нечіткої логіки як прикладної наукової методології. Аналіз нечіткого та ймовірнісного підходів до моделювання невизначеностей.	Лекція	1, 2, 5	Вступне заняття. Академічна доброчесність. Побудова функцій приналежності на основі експертної інформації	3 тиж. семестру
2, 3	<b>Основні поняття теорії нечітких множин.</b> Визначення нечіткої множини. Основні характеристики нечітких множин. Основні типи функцій приналежності. Прямі та непрямі методи побудови функцій приналежності.	Лекція	1, 2, 5, 7, 8	Побудова функцій приналежності на основі попарних порівнянь	5 тиж. семестру
4	<b>Операції над нечіткими множинами.</b> Рівність і домінування нечітких множин. Операції доповнення, перетинання та об'єднання нечітких множин та їх властивості. Додаткові операції над нечіткими множинами.	Лекція	1, 2, 5, 8	Операції над нечіткими множинами	6 тиж. семестру

5	<b>Нечіткі відношення.</b> Нечітке відношення. Способи визначення нечітких відношень. Основні характеристики нечітких відношень. Бінарні нечіткі відношення. Властивості бінарних нечітких відношень.	Лекція	2, 5, 7	Композиція нечітких бінарних відношень	7 тиж. семестру
6	<b>Операції над нечіткими відношеннями.</b> Основні операції над нечіткими відношеннями та їх властивості. Транзитивні нечіткі відношення. Транзитивне замикання. Нечітке відображення.	Лекція	2, 5, 7	Аналіз ефективності комунікації на основі транзитивного замикання бінарного нечіткого відношення	8 тиж. семестру
7	<b>Показник розмитості нечітких множин.</b> Аксиоматичний та метричний підходи до визначення показника розмитості нечіткої множини. Зв'язок показника розмитості з алгебричними властивостями нечітких множин.	Лекція	1, 2, 3		
8	<b>Нечіткі та лінгвістичні змінні.</b> Нечіткі та лінгвістичні змінні. Нечіткі числа, величини та інтервали. Операції над ними. Нечіткі числа та інтервали (L-R)-типу.	Лекція	1, 2, 5	Операції над нечіткими числами та інтервалами	9 тиж. семестру
9	<b>Нечіткі міри та нечіткі інтеграли.</b> Нечіткі міри та їх основні властивості. Міри довіри і правдоподібності. Міри можливості, необхідності та імовірності. $\lambda$ -нечіткі міри. Нечіткий інтеграл.	Лекція	1, 2, 3, 4		
10	<b>Основи нечіткої логіки.</b> Нечіткі висловлювання і нечіткого предикату. Основні логічні операції з нечіткими висловлюваннями. Правила нечітких продукцій.	Лекція	1, 5, 8, 10	Логічні операції над нечіткими висловлюваннями	11 тиж. семестру
11	<b>Системи нечіткого висновку.</b> Базова архітектура систем нечіткого висновку. Механізми нечіткого висновку. Основні етапи та алгоритми нечіткого висновку. Приклади систем нечіткого висновку.	Лекція	2, 3, 5, 11	Контролер нечіткої логіки	12 тиж. семестру
12	<b>Побудова нечітких моделей.</b> Особливості побудови бази продукційних правил нечітких моделей. Повнота моделі. Несуперечливість, зв'язність і надмірність бази правил. Екстраполяція в нечітких моделях.	Лекція	1, 2, 4, 5	Проектування систем типу Мамдані	13 тиж. семестру
13	<b>Методи моделювання нечіткого моделювання.</b> Нечітке моделювання на основі експертних знань про систему. Побудова самоорганізованих і самонастроювальних нечітких моделей на основі вимірювань входів і виходів системи.	Лекція	1, 2, 4, 5	Проектування систем типу Сугено	14 тиж. семестру
14	<b>Основи нечітких нейронних</b>	Лекція	2, 5, 6, 9	Адаптивні системи	15 тиж.

	<b>мереж.</b> Загальна характеристика систем нейронечіткого висновку ANFIS. Поняття нейронної мережі та основні способи її завдання. Гібридна мережа як адаптивна система нейронечіткого висновку. Реалізація ANFIS.			нейро-нечіткого висновку ANFIS	семестру
15	<b>Нечітка кластеризація.</b> Загальна характеристика задач кластерного аналізу. Задача нечіткої кластеризації і алгоритм її розв'язку. Алгоритм c-means.	Лекція	2, 3, 4, 5	Нечітка кластеризація	16 тиж. семестру
16	<b>Перспективи нечіткого моделювання.</b> Адаптивні нечіткі системи. Нечіткі запити. Нечіткі асоціативні правила, когнітивні карти і дерева рішень.	Лекція	1, 2, 3, 11		