

**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 РКС  
факультету електроніки та комп'ютерних  
технологій  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 1/24 від 28.08. 2023 р.)

Завідувач кафедри



Ігор ОЛЕНИЧ

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Нечіткі системи»,**  
**що викладається в межах ОПП «Інженерія програмного**  
**забезпечення» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для**  
**здобувачів з спеціальності**  
**121 «Інженерія програмного забезпечення»**

<b>Назва дисципліни</b>	Нечіткі системи
<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, 121 Інженерія програмного забезпечення
<b>Викладачі дисципліни</b>	Оленич Ігор Богданович, канд. фіз.-мат. наук, доцент
<b>Контактна інформація викладачів</b>	igor.olenych@lnu.edu.ua, <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). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="http://194.44.208.156/moodle/course/view.php?id=132">http://194.44.208.156/moodle/course/view.php?id=132</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Нечіткі системи» є вибірковою дисципліною з спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення для освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення», яка викладається в 5 семестрі в обсязі 3,5 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 та технологій 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 застосування теорії нечітких множин і використання нечітких та лінгвістичних змінних в системах нечіткої логіки.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Нечіткі системи» є ознайомлення студентів з основами нечіткого моделювання для оволодіння сучасними підходами проектування інформаційних систем та навиками їх застосування.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оленич І.Б. Нечітка логіка та нечітке моделювання / І. Оленич. - Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2022. - 210 с.</li> <li>2. Lin S. Fuzzy Machine Learning Methods. In: Fuzzy-AI Model and Big Data Exploration. Springer, Berlin, Heidelberg, 2022.</li> <li>3. Nguyen H. T. A First Course in Fuzzy Logic / H. T. Nguyen, C. Walker, E. A. Walker, 4th edition. – New York: Chapman and Hall/CRC, 2018. – 458 p.</li> </ol> <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. Trillas E. Fuzzy Logic: An Introductory Course for Engineering Students / Enric Trillas, Luka Eciolaza. – Springer, 2015. – 204 p.</li> <li>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.</li> <li>6. De S.K., Mahata G.C. Decision making in fuzzy reasoning to solve a backorder economic order quantity model // RAIRO Operations Research. - 2023. - Vol. 57. - P. 993–1007.</li> </ol>

	<p>7. Сявавко М. Математика прихованих можливостей: навчальний посібник / Мар'ян Сявавко. – Острого: Видавництво Національного університету «Острозька академія», 2011. – 396 с.</p> <p>8. Організація інтелектуальних обчислень. Нечітка логіка [Електронний ресурс]: <a href="http://victoria.lviv.ua/html/oio/html/theme11.htm">http://victoria.lviv.ua/html/oio/html/theme11.htm</a></p> <p>9. 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>10. Pezeshki Z. Comparison of artificial neural networks, fuzzy logic and neuro fuzzy for predicting optimization of building thermal consumption: a survey / Z. Pezeshki, S. M. Mazinani // Artificial Intelligence Review. – 2019. – Vol. 52. – P. 495–525.</p> <p>11. Tashtoush T., Alazzam A., Rodan A. Utilizing fuzzy logic controller in manufacturing facilities design: Machine and operator allocation // Cogent Engineering. – 2019. – Vol. 7. - 1771820.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	64 години аудиторних занять. З них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 41 година 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>У результаті вивчення курсу «Нечіткі системи» здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:</p> <p><b>ЗК1.</b> Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p><b>ЗК5.</b> Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p><b>ФК25.</b> Здатність накопичувати, обробляти та систематизувати професійні знання щодо створення і супроводження програмного забезпечення та визнання важливості навчання протягом всього життя.</p> <p><b>ПРН5.</b> Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.</p> <p><b>ПРН13.</b> Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.</p> <p><b>ПРН14.</b> Застосовувати на практиці інструментальні програмні засоби доменного аналізу, проектування, тестування, візуалізації, вимірювань та документування програмного забезпечення.</p> <p><b>ПРН17.</b> Вміти застосовувати методи компонентної розробки програмного забезпечення.</p> <p><b>ПРН18.</b> Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних.</p> <p><b>ПРН27.</b> Вміти обирати оптимальні алгоритми та технології розробки програмного забезпечення.</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 з дисциплін «Вища математика», «Дискретна математика», «Алгоритми та структури даних».
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентація, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусія.
<b>Необхідне обладнання</b>	Засоби мультимедіа, платформа Moodle, комп'ютер (мінімальні характеристики ПК Intel Celeron 2.6 ГГц, ОЗП 1Гб), комп'ютерне програмне забезпечення
<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>• лабораторні роботи: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів <math>10 \times 5 = 50</math>.</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> <hr/> <p><b>Контрольні заміри проводяться у формі тестових завдань.</b> Контрольний замір містить 25 тестових завдань на вибір правильної відповіді. Кожна правильна відповідь оцінюється 1 б.</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, 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 запізнень 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>

	<p><b>Оцінювання лабораторних робіт</b> (10 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 50) відбувається шляхом оцінки роботи студента під час проведення лабораторної роботи в аудиторії (0-5 балів за одну роботу) та захисту звіту по виконаній лабораторній роботі (0-5 балів за одну роботу). У підсумку, всі набрані бали множаться на коефіцієнт (0.5) для переведення у 50-ти бальну шкалу. Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням: 5 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання; 4 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал та принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання (або з несуттєвими недоліками); 3 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує неточно, або з помірними недоліками; 2 – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, код програми функціонує з суттєвими недоліками; 1 - студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, код програми не функціонує належним чином; 0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми не відповідає темі/не функціонує взагалі.</p> <p><b>Оцінювання контрольний замірів знань</b> (2 контрольні заміри, 25 балів за кожний). Контрольний замір містить 25 тестових завдань на вибір правильної відповіді. Кожна правильна відповідь оцінюється 1 б.</p> <p><b>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:</b> Нарахування балів відбувається за написання студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, участь у діяльності наукових гуртків, участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах на провідних ІТ компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p>
<p><b>Питання до контрольних робіт</b></p>	<p>Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних робіт розміщені на веб-сторінці.</p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

### СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год	Термін виконання
1	<p><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.</p>	Лекція	1, 2, 5	Вступне заняття	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 нечітких множин	4 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	5 тиж. семестру
5, 6	<b>Нечіткі відношення.</b> Нечітке відношення. Способи визначення нечітких відношень. Основні характеристики нечітких відношень. Бінарні нечіткі відношення. Види бінарних нечітких відношень. Властивості бінарних нечітких відношень.	Лекція	2, 5, 7	Композиція нечітких бінарних відношень	7 тиж. семестру
7	<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
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>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	10 тиж. семестру
10, 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>Мова нечіткого керування FCL.</b> Концептуальні основи нечіткого керування. Базова нотація та основні елементи мови нечіткого керування FCL. Узгодженість класів мови FCL.	Лекція	2, 4, 5	Проектування нечітких систем типу Мамдані	13 тиж. семестру
13	<b>Побудова моделей нечітких систем.</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	Проектування нечітких систем типу Сугено	14 тиж. семестру

14, 15	<b>Нечітка кластеризація</b> Загальна характеристика задач кластерного аналізу. Задача нечіткої кластеризації і алгоритм її розв'язку. Засоби розв'язку задачі нечіткої кластеризації.	Лекція	2, 3, 4, 5	Нечітка кластеризація	16 тиж. семестру
16	<b>Основи нечітких нейронних 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.	Лекція	2, 5, 6, 9	Підсумкове заняття	16 тиж. семестру