



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та природокористування  
Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та обчислювальної  
техніки

Кафедра прикладної математики

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з науково-педагогічної,  
методичної та виховної роботи

\_\_\_\_\_ О.А. Лагоднюк

“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**04-01-76**



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

*Program of the Discipline*

**Нейронні мережі та нейро-нечіткі технології**

**Neural Networks and Neuro-Fuzzy Technologies**

спеціальність

121 «Інженерія програмного  
забезпечення»

specialty

121 Software Engineering

Освітня програма  
Educational program

Інтернет речей  
Internet of Things

Рівне – 2019



Робоча програма навчальної дисципліни «Нейронні мережі та нейро-нечіткі технології» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Інтернет речей» спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» зі скороченим терміном навчання. – Рівне: НУВГП, 2019. – 12 с.

Розробник: О.С. Демчук, кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної математики

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 року № \_\_

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ (П.М. Мартинюк)

Керівник групи забезпечення спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення (Інтернет речей)



\_\_\_\_\_ (Н.А. Жуковська)  
Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Схвалено науково-методичною радою з якості навчально-наукового інституту автоматичної, кібернетичної та обчислювальної техніки

Протокол від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 року № \_\_

Голова науково-методичної ради з якості \_\_\_\_\_ (П.О.Тадєєв)



## ВСТУП

Робоча програма навчальної дисципліни вільного вибору «Нейронні мережі та нейро-нечіткі технології» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Інтернет речей» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, які навчаються за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» зі скороченим терміном навчання.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування теоретичних основ та практичних навичок роботи із нейронними мережами та нейро-нечіткими технологіями.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна «Нейронні мережі та нейро-нечіткі технології» є дисципліною вільного вибору. Вивчення курсу передбачає наявність систематичних та ґрунтових знань із дисциплін «Програмування», «Методи оптимізації та дослідження операцій», «Комп'ютерна дискретна математика».

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

## Анотація

Дана програма розрахована на студентів 1-го курсу спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення», що навчаються за освітньо-професійною програмою «Інтернет речей» зі скороченим терміном навчання. Розглядається будова та функції штучного нейрона, типи функції активації. Вивчаються різні моделі нейронних мереж та специфічні алгоритми їх навчання, а також приклади задач, які розв'язуються з використанням даних мереж. Розглядаються основи теорії нечітких множин, методи нечіткої логіки, етапи побудови нечіткого логічного висновку. Вивчаються принципи побудови і структура систем нечіткого керування, приклади нечітких алгоритмів. Проводиться огляд і класифікація нейро-нечітких технологій. Вивчається градієнтний метод навчання нейро-нечітких мереж Мамдані, Такагі-Сугено-Канга та ін.

Курс нейронних мереж та нейро-нечітких технологій є необхідним елементом у підготовці кваліфікованих фахівців у галузі інженерії програмного забезпечення.

**Ключові слова:** нейрон, функція активації, нейронна мережа, алгоритм навчання нейронної мережі, нечіткі множини, нечітка логіка, нечіткі системи, нечіткі алгоритми, нейро-нечіткі технології.

## Abstract

This program is designed for students of the 1st year of specialty 121 "Software Engineering", who study under the educational and professional program "Internet of Things" with a shortened term of study. The structure and functions of an artificial neuron, types of activation functions are considered. We study various models of neural networks and specific algorithms for their training, as well as examples of tasks that are solved using these networks. The foundations of the theory of fuzzy sets, methods of fuzzy logic and the stages of constructing a fuzzy inference are



considered. The principles of construction and the structure of fuzzy control systems, examples of fuzzy algorithms are studied. A review and classification of neuro-fuzzy technologies is carried out. We study the gradient method of training the neuro-fuzzy networks of Mamdani, Takagi-Sugeno-Kang, etc.

The course of neural networks and neuro-fuzzy technologies is a necessary element in the training of qualified specialists in the field of software engineering.

**Keywords:** neuron, activation function, neural network, neural network learning algorithm, fuzzy sets, fuzzy logic, fuzzy systems, fuzzy algorithms, neuro-fuzzy technologies.

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників  | Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти   | Характеристика навчальної дисципліни       |
|--|---|--|
|  |   | денна форма навчання                       |
| Кількість кредитів – 4   | Галузь знань<br>12 Інформаційні технології<br>Спеціальність<br>121 “Інженерія програмного забезпечення” | За вибором<br>(скорочений термін навчання) |
| Модулів – 1  | Спеціалізація<br>Інтернет речей   | Рік підготовки                             |
| Змістових модулів – 2  |   | 1-й  |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання –  |   | Семестр                                    |
| Загальна кількість годин – 120   |   | 1-й  |
|  |   | Лекції                                     |
| Тижневих годин для денної форми навчання:<br>аудиторних – 4<br>самостійної роботи студента – 7 | Рівень вищої освіти:<br>бакалавр  | 20 год.                                    |
|  |   | Практичні, семінарські                     |
|  |   | -  |
|  |   | Лабораторні                                |
|  |   | 28 год.                                    |
|  |   | Самостійна робота                          |
|  |   | 72 год.                                    |
|  |   | Індивідуальні завдання:                    |
|  |   | -  |
|  |   | Форма контролю:                            |
|  | зал.  |  |

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 40% до 60%;



## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** Засвоєння основних концепцій побудови й функціонування нейронних мереж та алгоритмів їх навчання, вивчення основних понять теорії нечітких множин, нечіткої логіки та їх використання в штучних нейронних мережах, а також застосування нейронних мереж та нейро-нечітких технологій для розв'язання задач у слабоформалізованих галузях, де традиційні методи виявились неефективними.

**Завдання:** Формування теоретичних знань та практичних умінь у сфері застосування нейронних мереж та нейро-нечітких технологій .

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- принципи організації та типи штучних нейронних мереж;
- алгоритми навчання нейронних мереж;
- основи теорії нечітких множин;
- методи нечіткої логіки;
- принципи побудови нечітких та нейро-нечітких систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **вміти:**

- застосовувати нейронні мережі для розв'язання задач класифікації, регресії, розпізнавання образів, кластерного аналізу, аналізу часових рядів тощо;
- застосовувати нечіткі та нейро-нечіткі технології для моделювання складних систем.

## 3. Програма навчальної дисципліни

### Модуль 1

#### Змістовий модуль 1. НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ.

**Тема 1. Поняття штучної нейронної мережі. Модель та функції нейрону.**

Вступ. Історія досліджень в галузі нейронних мереж. Поняття штучної нейронної мережі. Аналогія з мозком. Модель нейрону. Типи функції активації.

**Тема 2. Архітектура НМ. Основні парадигми навчання НМ.**

Одношарові та багатошарові мережі прямого поширення. Рекурентні мережі. Навчання нейронних мереж з учителем та без.

**Тема 3. Нейронні мережі із зворотним розповсюдженням помилки. Градієнтний алгоритм навчання нейронної мережі.**



**Структура та математична модель мережі прямої дії із зворотнім розповсюдженням помилки. Опис алгоритму навчання Back Propagation. Удосконалення градієнтного алгоритму навчання. Ємність нейронної мережі.**

#### **Тема 4. Навчання на основі збігів. Закон навчання Хебба.**

Переваги і недоліки навчання без учителя. Навчання на основі збігів. Закон навчання Хебба. Сигнальний та диференціальний методи навчання Хебба.

#### **Тема 5. Конкурентне навчання. Закон навчання Кохонена.**

Суть конкурентного навчання, його геометрична інтерпретація. Базова структура шару Кохонена. Алгоритм навчання Кохонена та його модифікації. Карти Кохонена та їх візуалізація. Приклади.

#### **Тема 6. Нейронні мережі Хопфільда та Хемінга.**

Структурна схема мережі Хопфільда. Алгоритм функціонування мережі Хопфільда. Структурна схема мережі Хемінга. Алгоритм функціонування мережі Хемінга. Порівняння мереж Хопфільда і Хемінга та їх застосування.

### **Змістовий модуль 2. НЕЧІТКІ ТА НЕЙРО-НЕЧІТКІ ТЕХНОЛОГІЇ.**

#### **Тема 7. Основи теорії нечітких множин.**

Поняття нечіткої множини. Види функції приналежності нечіткій множині. Основні поняття теорії нечітких множин. Операції над нечіткими множинами.

#### **Тема 8. Методи нечіткої логіки.**

Лінгвістичні змінні. Нечіткі відношення та їх композиції. Нечіткий вивід. Правила нечіткої імплікації.

#### **Тема 9. Нечіткі експертні системи.**

Поняття нечіткої експертної системи. Етапи побудови нечіткого логічного виводу. Нечіткі алгоритми Мамдані, Цукамото, Такагі-Сугено, Ларсена. Методи приведення до чіткості.

#### **Тема 10. Нейро-нечіткі технології.**

Загальна характеристика та властивості нейро-нечітких мереж. Типи поєднання нечіткої логіки і нейронних мереж. Формування бази знань нейро-нечіткої мережі. Паралельні нейро-нечіткі системи. Нейро-нечіткі мережі Мамдані, Такагі-Сугено-Канга та ін. Градієнтний метод навчання нечіткої нейронної мережі.



#### 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем   | Кількість годин |              |      |           |       |           |
|---|-----------------|--------------|------|-----------|-------|-----------|
|   | денна форма     |              |      |           |       |           |
|   | усього          | у тому числі |      |           |       |           |
| л   |                 | п            | лаб. | інд.      | с. р. |           |
| 1   | 2               | 3            | 4    | 5         | 6     | 7         |
| <b>Модуль 1</b>   |                 |              |      |           |       |           |
| <b>Змістовий модуль 1. НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ</b>  |                 |              |      |           |       |           |
| Тема 1. Поняття штучної нейронної мережі. Модель та функції нейрону.  | 10              | 2            |      | 2         |       | 6         |
| Тема 2. Архітектура НМ. Основні парадигми навчання НМ.  | 10              | 2            |      | 2         |       | 6         |
| Тема 3. Нейронні мережі із зворотним розповсюдженням помилки. Градієнтний алгоритм навчання нейронної мережі. | 12              | 2            |      | 4         |       | 6         |
| Тема 4. Навчання на основі збігів. Закон навчання Хебба.  | 10              | 2            |      | 2         |       | 6         |
| Тема 5. Конкурентне навчання. Закон навчання Кохонена.  | 10              | 2            |      | 2         |       | 6         |
| Тема 6. Нейронні мережі Хопфільда та Хемінга.   | 10              | 2            |      | 2         |       | 6         |
| Разом за змістовим модулем 1  | 62              | 12           |      | 14        |       | 36        |
| <b>Змістовий модуль 2. НЕЧІТКІ ТА НЕЙРО-НЕЧІТКІ ТЕХНОЛОГІЇ</b>  |                 |              |      |           |       |           |
| Тема 7. Основи теорії нечітких множин.  | 12              | 2            |      | 1         |       | 9         |
| Тема 8. Методи нечіткої логіки.   | 11              | 1            |      | 1         |       | 9         |
| Тема 9. Нечіткі експертні системи.  | 17              | 2            |      | 6         |       | 9         |
| Тема 10. Нейро-нечіткі технології.  | 18              | 3            |      | 6         |       | 9         |
| Разом за змістовим модулем 2  | 58              | 8            |      | 14        |       | 36        |
| <b>Усього годин</b>   | <b>120</b>      | <b>20</b>    |      | <b>28</b> |       | <b>72</b> |

#### 5. Темі лабораторних занять

| № з/п | Назва теми  | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
|       |   | денна форма     |
| 1     | Розв'язання задачі класифікації для двох класів за допомогою одношарового перцептрона Розенблата. | 2               |
| 2     | Розв'язання задачі класифікації засобами STATISTICA Automated Neural Networks.                    | 2               |



|    |  |    |
|----|--|----|
| 3  | Застосування нейронної мережі для побудови регресійної моделі.   | 2  |
| 4  | Побудова регресійної моделі і прогнозування часового ряду.   | 2  |
| 5  | Задача класифікації даних часового ряду.   | 2  |
| 6  | Кластерний аналіз за допомогою нейронної мережі Кохонена.  | 2  |
| 7  | Використання нейронних мереж STATISTICA Automated Neural Networks, збережених у форматі PMML. Модульний контроль №1. | 2  |
| 8  | Нечіткі множини та операції над ними. Побудова функцій приналежності нечіткій множині в середовищі MatLab.           | 2  |
| 9  | Моделювання нечіткої системи засобами Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB.  | 2  |
| 10 | Проектування системи типу Мамдані для моделювання залежностей засобами Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB.           | 2  |
| 11 | Проектування системи типу Сугено для моделювання залежностей засобами Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB.            | 2  |
| 12 | Проектування нечіткої системи Сугено за допомогою ANFIS-редактора системи MATLAB.                                    | 2  |
| 13 | Проектування нечіткої системи Сугено в режимі командного рядка в системі MATLAB.                                     | 2  |
| 14 | Підсумкове заняття. Модульний контроль №2.   | 2  |
|    | Разом  | 28 |

## 6. Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

Підготовка до аудиторних занять – 0,5 год/1 год. занять.

Підготовка до контрольних заходів – 6 год. на 1 кредит ЄКТС.

Опрацювання окремих тем програми або їх частин, які не викладаються на лекціях.

### 6.1. Завдання для самостійної роботи

| № з/п | Назва теми  | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
|       |   | денна форма     |
| 1     | Основні принципи нейроінформатики. Нейрокомп'ютери. | 6               |



|    |   |    |
|----|---|----|
| 2  | Топології нейронних мереж. Структури штучних нейронних мереж. Персептрон Розенблатта. Теорема про достатність двох шарів.   | 6  |
| 3  | Метод подвійності в навчанні нейронних мереж. Вимоги до елементів мережі. Опис функціонування синапсу, суматора, нелінійного перетворювача.   | 6  |
| 4  | Метод динамічних ядер.  | 6  |
| 5  | Просторова мережа Кохонена. Використання карт Кохонена в задачах класифікації.  | 6  |
| 6  | Автокорелятори в обробці зображень. Мережі Хопфілда з автокореляторами. Логічно прозорі нейронні мережі й метод одержання явних знань із даних.   | 6  |
| 7  | Принципи роботи з пакетом Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB.   | 9  |
| 8  | Принципи побудови і структура систем нечіткого керування. Нечіткій алгоритм Мамдані. Нечіткій алгоритм Цукамото. Нечіткій алгоритм Сугено. Нечіткій алгоритм Ларсена. Методи приведення до чіткості.  | 9  |
| 9  | Принципи роботи з ANFIS-редактором системи MATLAB. Структура і алгоритм навчання.   | 9  |
| 10 | Нечіткі нейронні мережі з виводом Мамдані і Цукамото. Нечіткій контролер на основі нейронних мереж. Алгоритм зворотного поширення помилки в нечіткому нейронному контролері Мамдані. Градієнтний метод навчання нечіткої нейронної мережі Мамдані і Цукамото. | 9  |
|    | Разом   | 72 |

## 7. Методи навчання

1) Лекції проводяться з використанням технічних засобів навчання і супроводжуються демонстрацією за допомогою відеопроєктора лекційного матеріалу.

2) Лабораторні роботи проводяться в комп'ютерному класі з використанням роздаткового матеріалу, методичних вказівок.

## 8. Методи контролю

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання:



1) поточний контроль проводиться на лабораторних заняттях шляхом усного опитування і перевірки виконаних лабораторних робіт та домашніх завдань;

2) виконання додаткових індивідуальних завдань під час лабораторних робіт і консультацій;

3) поточне тестування після вивчення кожного змістового модуля;

Введена кредитно-трансферна система організації навчального процесу зі 100-бальною шкалою оцінювання знань студентів.

Усі форми контролю включені до 100-бальної шкали оцінювання.

Оцінювання студентів проводиться відповідно до вимог ECTS.

## 9. Розподіл балів, які отримують студенти

| Поточне тестування та самостійна робота |    |    |    |    |     |                    |    |    |    |     |     | Сума |
|---|----|----|----|----|-----|--------------------|----|----|----|-----|-----|------|
| Змістовий модуль 1                      |    |    |    |    |     | Змістовий модуль 2 |    |    |    |     |     |      |
| 50                                      |    |    |    |    |     | 50                 |    |    |    |     |     | 100  |
| T1                                      | T2 | T3 | T4 | T5 | МК1 | T6                 | T7 | T8 | T9 | T10 | МК2 |      |
| 6                                       | 6  | 6  | 6  | 6  | 20  | 6                  | 6  | 6  | 6  | 6   | 20  |      |

T1, T2 ... T10 – теми змістових модулів.

## Шкала оцінювання

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка за національною шкалою                               |
|--|---|
|  | для заліку  |
| 90-100                                       | зараховано  |
| 82-89  |   |
| 74-81  |   |
| 64-73  |   |
| 60-63  |   |
| 35-59  | не зараховано з можливістю повторного складання             |
| 0-34   | не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |



## 10. Методичне забезпечення

Методичне забезпечення навчальної дисципліни «Нейронні мережі та нейро-нечіткі технології» включає:

1. Опорний конспект лекцій (в електронному і паперовому носіях) по всіх темах курсу.
2. Пакети тестових завдань всьому курсу дисципліни.

## 11. Рекомендована література

### Базова

1. Хайкин Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2006. – 1104 с.
2. Зайченко Ю.П. Основы проектирования интеллектуальных систем. Навчальний посібник. – К.: Видавничий Дім “Слово”, 2004. – 352 с.
3. Сотник С. Л. Лекции. “Основы проектирования систем искусственного интеллекта”.
4. Рутковская Д., Пилинський М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. –452 с.: ил.

### Допоміжна

5. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 312 с.: ил.
6. Кононюк А.Ю. Нейронні мережі і генетичні алгоритми / А.Ю. Кононюк. – К.: ПП Корнійчук. – 2008. – 160 с.
7. Тимошук П.В. Штучні нейронні мережі: навч. посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 444 с.
8. Ситник В. Ф., Краснюк М. Т. Інтелектуальний аналіз даних (дейтамайнінг): Навч. посіб. — К.: КНЕУ, 2007. — 376 с.
9. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. — Винница: УНИВЕРСУМ—Винница, 1999. — 320 с.
10. Нейронные сети. Statistica Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных / Под редакцией В. П. Боровикова. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Горячая линия - Телеком, 2008. -392 с.

## 12. Інформаційні ресурси

1. Сайт компанії StatSoft Russia. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://statsoft.ru/products/STATISTICA\\_Neural\\_Networks/](http://statsoft.ru/products/STATISTICA_Neural_Networks/)
2. Сторінка MATLAB на сайті The MathWorks. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>
3. Інформаційний сайт нечіткої логіки. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://sites.google.com/site/ne4itkalogika/home>
4. Національна бібліотека ім. В.І. Вернадського / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>



5. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.lib.rv.ua/>
6. Рівненська централізована бібліотечна система (м. Рівне, вул. Київська, 44) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cbs.rv.ua/>
7. Цифровий репозиторій ХНУГХ ім. А.Н. Бекетова / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/>
8. Цифровий репозиторій Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/568>
9. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka> [http://nuwm.edu.ua/MySQL/page\\_lib.php](http://nuwm.edu.ua/MySQL/page_lib.php)



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування