

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА КІБЕРНЕТИКИ І ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ**



**ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Проректор з наукової роботи

/ Студеняк І.П./

2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Нейронні мережі та їх застосування**

Рівень вищої освіти      **Третій (освітньо-науковий)**

Галузь знань      **11 – Математика і статистика**  
Спеціальність      **113 – Прикладна математика**

Освітні програми      **Прикладна математика**

Статус дисципліни      **Вибіркова**  
Мова навчання      **Українська**

**Ужгород 2020**

Робоча програма навчальної дисципліни «**Нейронні мережі та їх застосування**» для здобувачів вищої освіти на третьому (освітньо-науковому) рівні: доктор філософії/Doctor Philosophy (Ph.D) галузі знань – математика і статистика.

**Розробник:**

**Гече Ф.Е.**, професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри кібернетики і прикладної математики

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні

**Кафедри кібернетики і прикладної математики**

протокол № 10 від «26» червня 2020 р.

Завідувач кафедри  Гече Ф.Е.

Схвалено науково-методичною комісією **факультету математики та цифрових технологій**

протокол № 8 від «03» липня 2020 р.

Голова науково-методичної комісії  Мулеса О.Ю.

© Гече Ф.Е., 2020 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2020 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування Показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Очна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 210	<b>1-ий</b>	<b>1-ий</b>
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для очної форми навчання: 9  аудиторних – 4  самостійної роботи здобувача – 7	<b>1-ий</b>	<b>1-ий</b>
	Лекції:	
	<b>44</b>	<b>16</b>
	Практичні (семінарські):	
	<b>30</b>	<b>8</b>
Вид підсумкового контролю: іспит	Лабораторні:	
	-	-
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	<b>136</b>	<b>186</b>

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою навчальної дисципліни «**Нейронні мережі та їх застосування**» є теоретична та практична підготовка здобувачів до ефективного використання методів синтезу нейронних елементів і нейромереж для розв'язування задач компресії та розпізнавання дискретних зображень.

Згідно вимог освітньої програми підготовки доктора філософії (PhD), здобувачі повинні знати: основні методи синтезу нейронних та узагальнених нейронних елементів нейронних мереж з цих елементів.

Здобувачі повинні вміти: ефективно використовувати нейромережі для компресії і розпізнавання дискретних зображень.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню для здобувачів ступеня вищої освіти: доктор філософії / Doctor Philosophy (Ph.D) таких компетентностей:

### 1. загальні компетентності:

- **ЗК-1.** Креативність, здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- **ЗК-2.** Здатність проведення досліджень на відповідному рівні .
- **ЗК-3.** Здатність до адаптації та дії в новій ситуації, здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, розуміння предметної області та розуміння професії.
- **ЗК-5.** Здатність приймати обґрунтовані рішення .

### 2. фахові компетентності:

- **ФК-1.** Здатність розробляти та вдосконалювати методи і засоби математичного та комп'ютерного моделювання, які призначені для дослідження та управління процесами та системами у різних галузях людської діяльності
- **ФК-5.** Розробка математичних моделей та методів аналізу природничо-наукових технічних, економічних та соціальних систем .

- **ФК-7.** Здатність до пошуку та аналізу науково-технічної, природничо-наукової та загальнонаукової інформації.
- **ФК-8.** Здатність до виконання наукових досліджень за обраною темою.
- **ФК-10.** Підготовка за результатами наукових досліджень звітів, статей, доповідей на наукових конференціях.

### 3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «**Прикладна математика**» (третього освітньо-наукового рівня вищої освіти), вивчення навчальної дисципліни «**Нейронні мережі та їх застосування**» повинно забезпечити досягнення здобувачами ступеня вищої освіти: доктор філософії / Doctor Philosophy (Ph.D) таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Розробляти та вдосконалювати методи і засоби математичного та комп'ютерного моделювання, обчислювальні методи, призначені для використання при всебічному дослідженні і створенні об'єктів та систем технічного призначення.	1.1
Уміння здійснювати науково-дослідну роботу в області прикладної математики за допомогою інформаційних технологій при дослідженні складних систем.	2.2
Уміння розробляти математичну модель системи відповідно до поставленої задачі дослідження, здійснювати аналіз та вибір математичного апарату для дослідження математичної моделі.	2.13
Вести спілкування в діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою та громадськістю в різних галузях	3.1
Кваліфіковано відображати результати наукових досліджень у наукових статтях у фахових виданнях, вести конструктивний діалог з рецензентами та редакторами.	3.2
Професійно презентувати результати своїх досліджень на міжнародних наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій, інноваційній та	3.3

педагогічній діяльності.	
Ефективно працювати в команді, мати навички міжособистісної взаємодії.	3.4
Уміти використовувати сучасні інформаційні та комунікативні технології при спілкуванні, обміні інформацією, зборі, аналізі, обробці, інтерпретації джерел.	3.5
Ініціювати наукові та інноваційні комплексні проекти в різних галузях, лідерство та автономність під час їх реалізації.	4.1
Діяти, дотримуючись принципів соціальної відповідальності, на основі етичних міркувань (мотивів).	4.2
Самовдосконалюватися, нести відповідальність за новизну наукових досліджень та прийняття експертних рішень.	4.3
Приймати обґрунтовані рішення, мотивувати людей та рухатися до спільної мети.	4.4

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни **«Нейронні мережі та їх застосування»** :

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Уміння здійснювати пошук наукової інформації (наукових публікацій, відомостей про наукові видання, наукові заклади та окремих науковців) що у загальнодоступних науково-пошукових сервісах відповідно до власних наукових інтересів.	2.4
	3.5
Уміння використовувати сервіси, які дозволяють здійснювати комунікацію в міжнародній науковій спільноті з метою обміну науковими ідеями, пошуку однодумців тощо.	3.1
	3.4
	3.5
	4.1
	4.2
	4.3
	4.4
Уміння користуватися хмарними та онлайн ресурсами, призначеними для пошуку, індексації, систематизації, збереження та обміну даними, а також пакетами прикладних програм та спеціальними онлайн-ресурсами, призначеними для створення наукових текстів та роботи з ними	2.4
	3.5
Уміння користуватися пакетами прикладних програм та онлайн ресурсами, які призначені для аналізу результатів наукових досліджень та їх презентації у різних формах; здійсненню іншої науково-педагогічної діяльності	2.11
	3.2
	3.3
	3.5
	4.3
	4.4

Уміння розробляти та вдосконалювати методи і засоби математичного та комп'ютерного моделювання, обчислювальні методи, призначені для використання при всебічному дослідженні і створенні об'єктів та систем технічного призначення.	2.9 3.3 4.1
---	-------------------

#### **4. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ**

##### **Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання**

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- залік, іспит;
- виконання практичних робіт;
- виконання індивідуальних та групових завдань;
- презентація результатів виконаної індивідуальної роботи студента.

##### **Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання**

Форми поточного контролю: виступ на семінарських заняттях, виконання практичних робіт, презентація та захист групових проєктів.

Модульне контрольне оцінювання: контрольна робота.

Контроль самостійної роботи: перевірка виконаних завдань на практичних заняттях, перевірка домашніх завдань.

Підсумковий семестровий контроль: залік (семестр1), іспит (семестр2).

Під час оцінювання індивідуальної роботи враховується самостійність, творчий підхід, правильність виконання завдань та максимальне залучення при цьому всіх доступних програмних ресурсів.

**Основні форми та методи організації навчального процесу, під час викладання дисципліни «Нейронні мережі та їх застосування»:**

- Словесні: лекція, бесіда, обговорення.

- Наочні: ілюстрація, демонстрація (з використанням фотоілюстрацій, таблиць та схем, електронних презентацій).
- Практичні: опитування на практичних заняттях; виконання практичних завдань; виконання індивідуальних завдань; контрольні роботи.
- Інтерактивні методи навчання.

Викладач використовує наступні групи методик контролю знань аспірантів, які вивчають дисципліну «Спектральний аналіз дискретних нейрофункцій»:

1. Методи усного контролю: відповідь здобувача на окреме питання теми практичного заняття; запитально-відповідна бесіда під час роз'яснення проблемного питання на практичному занятті.
2. Методи практичного контролю: перевірка правильності виконання практичних завдань, іспит, який включає у себе практичні завдання.

#### **Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)**

Поточне тестування та самостійна робота							Модульна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	50	100
6	8	6	8	8	8	6		

#### **Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни**

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	15	30
Виконання індивідуальних завдань	7	10
Виконання та презентація групових завдань	2	10
Модульна контрольна робота	1	50
<b>Разом</b>		<b>100</b>

### **Критерії оцінювання модульної контрольної роботи.**

Модульна контрольна робота проводиться у формі практичних завдань, які виконуються в аудиторії. Варіант модульної контрольної роботи складається з двох блоків.

Перший блок складається з теоретичних питань (25 балів).

Другий блок присвячений розв'язанню задач (25 балів).

### **Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю**

Відповідно до *«Положення про порядок та методу проведення семестрових (курсівих) екзаменів і заліків в Ужгородському національному університеті»* (затверджено Наказом Ректора ДВНЗ «УжНУ» № 698/01-17 від 08.05.2015 р.), знання здобувачів оцінюється як з теоретичної, так і з практичної підготовки за такими критеріями:

***оцінку «відмінно» (90-100 балів, А) заслуговує здобувач, який:***

- всебічно і глибоко володіє навчально-програмовим матеріалом;
- вміє самостійно виконувати завдання, передбачені програмою, використовує набуті знання і вміння у нестандартних ситуаціях;
- засвоїв основну і ознайомлений з додатковою літературою, яка рекомендована програмою;
- засвоїв взаємозв'язок основних понять дисципліни та усвідомлює їх значення для професії, яку він набуває;
- вільно висловлює власні думки, самостійно оцінює різноманітні життєві явища і факти, виявляючи особистісну позицію;
- самостійно визначає окремі цілі власної навчальної діяльності, виявив творчі здібності і використовує їх при вивченні навчально-програмового матеріалу, проявив нахил до наукової роботи.

***оцінку «добре» (82-89 балів, В) – заслуговує здобувач, який:***

- повністю опанував і вільно (самостійно) володіє навчально-програмовим матеріалом, в тому числі застосовує його на практиці, має системні знання в

достатньому обсязі відповідно до навчально-програмового матеріалу, аргументовано використовує їх у різних ситуаціях;

- має здатність до самостійного пошуку інформації, а також до аналізу, постановки і розв'язування

проблем професійного спрямування;

- під час відповіді допустив деякі неточності, які самостійно виправив, добирає переконливі аргументи на підтвердження вивченого матеріалу;

***оцінку «добре» (74-81 бал, С) заслуговує здобувач, який:***

- в цілому навчальну програму засвоїв, але відповідає на екзамені з певною кількістю помилок;

- вміє порівнювати, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача, в цілому самостійно застосовувати на практиці, контролювати власну діяльність;

- опанував навчально-програмовий матеріал, успішно виконав завдання, передбачені програмою, засвоїв основну літературу, яка рекомендована програмою;

***оцінку «задовільно» (64-73 бали, D) – заслуговує здобувач, який:***

- знає основний навчально-програмовий матеріал в обсязі, необхідному для подальшого навчання і використання його у майбутній професії;

- виконує завдання непогано, але зі значною кількістю помилок;

- ознайомлений з основною літературою, яка рекомендована програмою;

- допускає на заняттях чи екзамені помилки при виконанні завдань, але під керівництвом викладача знаходить шляхи їх усунення.

***оцінку «задовільно» (60-63 бали, E) – заслуговує здобувач, який:***

- володіє основним навчально-програмовим матеріалом в обсязі, необхідному для подальшого навчання і використання його у майбутній професії, а виконання завдань задовольняє мінімальні критерії. Знання мають репродуктивний характер.

***оцінка «незадовільно» (35-59 балів, FX) – виставляється здобувачу, який:***

виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

**оцінка «незадовільно» (35 балів, F) – виставляється здобувачу, який:**

- володіє навчальним матеріалом тільки на рівні елементарного розпізнавання і відтворення окремих фактів або не володіє зовсім;
- допускає грубі помилки при виконанні завдань, передбачених програмою;
- не може продовжувати навчання і не готовий до професійної діяльності після закінчення університету без повторного вивчення даної дисципліни.

При виставленні оцінки враховуються результати навчальної роботи здобувача протягом семестру.

**Таблиця відповідності оцінок за різними шкалами**

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		Диференційована	Недиференційована
90 – 100	A	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	незараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 5.1. Зміст навчальної дисципліни

#### СЕМЕСТР 1

#### Модуль 1.

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Поняття характерів циклічних і абелевих груп над полем комплексних чисел. Теорема про лінійну незалежність характерів.

Тема 2. Ортогональні співвідношення характерів.

Тема 3. Алгоритми знаходження спектрів логічних і дискретних функцій у різних системах базисних функцій.

Тема 4. Перевірка реалізованості булевих функцій одним нейронним елементом з пороговою функцією активації за допомогою матриць толеранентності.

Тема 5. Характеристичні вектори булевих функцій і їх застосування для перевірки реалізованості функцій алгебри логіки одним нейронним елементом.

Тема 6. Теореми Чоу і їх використання для компресії дискретних сигналів.

Тема 7. Синтез нейронних елементів методом апроксимації.

Тема 8. Методи навчання нейронних мереж.

Тема 9. Застосування нейронних мереж для розпізнавання дискретних зображень.

## СЕМЕСТР 2

### Модуль 2.

Змістовий модуль 2.

Тема 1. Поняття узагальнених нейронних елементів над полем дійсних чисел.

Тема 2. Критерії реалізованості функцій алгебри логіки одним узагальненим нейронним елементом відносно заданої системи характеристик.

Тема 3. Критерії реалізованості булевих функцій одним узагальненим нейронним елементом за допомогою матриць толеранентності.

Тема 4. Методи синтезу узагальнених нейронних елементів і мереж з них.

Тема 5. Методи представлення і розпізнавання бінарних зображень в узагальненому нейробазисі.

### 5.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Усього	Денна форма					Усього	Заочна форма				
		у тому числі						у тому числі				
1	2	л	п	лаб	інд	ср	8	л	п	лаб	інд	ср
Семестр 1												
Тема 1. Поняття характеристик циклічних і абелевих груп над полем комплексних чисел. Теорема про лінійну незалежність характеристик	10	2	2			6						
Тема 2. Ортогональні співвідношення характеристик.	12	2	2			8						
Тема 3. Алгоритми знаходження спектрів логічних і дискретних функцій у різних системах базисних функцій.	12	2	2			8						

Тема 4. Перевірка реалізованості булевих функцій одним нейронним елементом за допомогою матриць то лерантності.	12	2	2			8						
Тема5. Характеристичні вектори булевих функцій і їх застосування для перевірки реалізованості функцій алгебри логіки одним нейронним елементом.	12	2	2			8						
Тема 6. Теореми Чоу і їх використання для компресії дискретних сигналів.	12	2	2			8						
Тема7. Методи синтезу нейронних елементів.	14	4	2			8						
Тема 8. Методи навчання нейронних мереж.	14	4	2			8						
Тема 9. Застосування нейронних мереж для розпізнавання дискретних зображень.	16	4	4			8						
<b>Усього годин за семестр 1</b>	114	24	20			70						
<b>Семестр 2</b>												
Тема1. Поняття узагальнених нейронних елементів над полем дійсних чисел.	18	4	2			12						
Тема2. Критерії реалізованості функцій алгебри логіки одним узагальненим нейронним елементом відносно	18	4	2			12						

заданої системи характерів.												
Тема3. Критерії реалізованості булевих функцій одним узагальненим нейронним елементом за допомогою матриць толерантності.	18	4	2			12						
Тема 4. Методи синтезу узагальнених нейронних елементів і мереж з них.	24	4	2			18						
Тема5. Методи представлення і розпізнавання бінарних зображень в узагальненому нейробазисі.	18	4	2			12						
<b>Усього годин за семестр 2</b>	96	20	10			66						
<b>Усього</b>	210	44	30			136						

### 5.3. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Семестр 1		
1	Методи знаходження характерів циклічних і абелевих груп над полем комплексних чисел.	2
2	Ортогональні співвідношення характерів.	2
3	Спектри логічних і дискретних функцій у різних системах базисних функцій.	2
4	Матриці толерантності і булеві нейрофункції.	2
5	Характеристичні вектори і їх основні властивості.	2
6	Теорема Чоу і їх використання для компресії дискретних сигналів.	2
7	Синтез нейронних елементів методом апроксимації.	2
8	Методи навчання нейронних мереж.	2

9	Застосування нейронних мереж для розпізнавання дискретних зображень.	4
Семестр 2		
1	Поняття узагальнених нейронних елементів над полем дійсних чисел.	2
2	Критерії реалізованості функцій алгебри логіки одним узагальненим нейронним елементом відносно заданої системи характерів.	2
3	Критерії реалізованості булевих функцій одним узагальненим нейронним елементом за допомогою матриць толерантності.	2
4	Методи синтезу узагальнених нейронних елементів і мереж з них.	2
5	Методи представлення і розпізнавання бінарних зображень в узагальненому нейробазисі.	2

#### 5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Семестр 1		
1	Характери циклічних і абелевих груп над полем комплексних чисел.	19
2	Перевірка реалізованості булевих функцій одним нейронним елементом за допомогою матриць толерантності.	19
3	Характеристичні вектори булевих функцій і їх застосування для перевірки реалізованості функцій алгебри логіки одним нейронним елементом.	19
4	Методи синтезу нейронних елементів.	19
5	Методи навчання нейронних мереж.	19
6	Представлення і розпізнавання дискретних зображень у нейробазисі.	19
Семестр 2		
1	Узагальнені нейронні елементи відносно довільної системи характерів.	18
2	Методи перевірки реалізованості функцій алгебри логіки одним узагальненим нейронним елементом відносно заданої системи характерів.	18
3	Критерії реалізованості булевих функцій одним узагальненим нейронним елементом за допомогою матриць толерантності.	18
4	Методи синтезу узагальнених нейронних елементів і мереж з них.	20
5	Методи представлення і розпізнавання бінарних зображень в узагальненому нейробазисі.	22

## 6. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Базові джерела:

1. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника / Ф. Уоссерман. – М.: Мир, 1992. – 240 с.
2. Минаев Ю. Методы и алгоритмы решения задач идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе / Ю. Минаев, О. Филимонова, Л. Бенамеур. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 205 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – 2-е изд. – М.: Вильямс-Телеком, 2006. – 1104 с.
4. Гече, Ф. Аналіз дискретних функцій та синтез логічних схем у нейробазисі / Ф. Гече. - Ужгород: В-во В. Падяка, 210.-210с.
5. Круглов В. В. Искусственные нейронные сети / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 382 с.
6. Ткаченко Р. О. Нейронно-таблична модель розпізнавання образів / Р. О. Ткаченко // Матеріали МНК "Друкотехн-96". – Львів, 1996. – С. 155-156.
7. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 345 с.
8. Гече Ф. Бульові нейрофункції і синтез розпізнавального пристрою у нейробазисі / Ф. Гече, В. Коцовський, С. Ковальов, А. Батюк // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Комп’ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, 2007. – № 598. – С. 44-50.
9. Кострикин А. И. Введение в алгебру/ А. И. Кострикин. – М.: Наука, 1977. – 495 с.

**Результати перегляду  
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_ / 20\_\_ н.р. без змін; зі змінами(Додаток \_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)