



# Нейронні мережі в управлінні електромеханічними системами

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 – Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредита ECTS (120 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР</i>
Розклад занять	<i>36 год.-лекції, 18 год.-лабораторні</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц. Тишевич Борис Леонардович, zodiactg@gmail.com Лабораторні: к.т.н., доц. Тишевич Борис Леонардович, zodiactg@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>Googleclassroom</i>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна "Нейронні мережі в управлінні електромеханічними системами" займає важливе місце серед загальнотехнічних дисциплін, які визначають теоретичний рівень професійної підготовки магістрів електромеханіків. Предмет вивчення даного курсу складають нейронні мережі і їх використання для аналізу, синтезу систем управління, ідентифікації та прогнозування для складних систем будь-якої фізичної природи, вирішення проблем електромеханіки, електротехнології, електроніки та інші.

Дисципліна "Нейронні мережі в управлінні електромеханічними системами", як базова, повинна забезпечувати комплексну підготовку майбутнього магістра як науковця та викладача: професійну підготовку, розвиток творчих здібностей, вміння формулювати і вирішувати проблеми своєї спеціальності, вміння творчо використовувати свої знання.

**Метою дисципліни** є вивчення теорії нейронних мереж, яка виникла з досліджень в області штучного інтелекту і пов'язана із спробами відтворення здатності нервових біологічних систем навчатися і виправляти помилки, моделюючи низькорівневу структуру мозку. Дослідження по створенню таких

систем на основі високорівневого (символьного) моделювання процесу мислення не принесли бажаних результатів. Ця теорія розвивалася протягом останніх п'яти десятиріч і за останні п'ятнадцять років знайшла широке практичне застосування: для аналізу та прогнозування псевдостохастичних процесів у енергетиці, економіці, метеорології; у промисловості – для управління технологічними процесами, роботами і так далі; у космонавтиці і аеронавтиці – для імітації траєкторій польоту і побудови систем автоматичного пілотування; у військовій справі – для управління зброєю і стеженням за цілями; у електроніці – для розробки систем машинного зору і синтезу мови; у медицині – для діагностики захворювань і конструювання протезів.

Вивчення курсу дає студентам знання:

- структура та математичний опис елементів нейронних мереж (НМ);
- побудова НМ різних типів;
- структура та математичний опис складних, багат шарових НМ;
- методи навчання та тестування НМ;
- побудови систем управління на НМ;
- аналіз та тестування систем на НМ.

Студенти набудуть вміння:

- обирати параметри та конфігурацію НМ у залежності від задачі;
- обирати алгоритми та методики навчання НМ;
- користуватися пакетами прикладних програм для аналізу та синтезу НМ.

Студенти отримають навички:

- практичного застосування методів моделювання і розрахунку процесів у технічних системах, принцип дії яких заснований на використанні НМ;
- проведення експериментальних досліджень і узагальнення результатів при аналізі НМ;
- використання комп'ютерів для аналізу та синтезу НМ;
- самостійної роботи з навчальною, навчально-методичною і довідковою літературою у галузі НМ та штучного інтелекту і сумісних дисциплін.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

В структурно-логічній схемі навчання магістра зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка курс "**Нейронні мережі в управлінні електромеханічними системами**" входить до циклу професійно-орієнтовних наук, він безпосередньо зв'язаний з іншими дисциплінами навчального плану вказаних спеціальностей. Вивчення курсу базується на знаннях, одержаних з курсів вищої математики (розділи: матрична алгебра, диференціальні рівняння, перетворення Лапласа, чисельні методи розв'язання алгебраїчних і диференціальних рівнянь, диференціальні рівняння в частинних похідних).

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

**КЛАСИФІКАЦІЯ НМ, ЕЛЕМЕНТИ НМ, ПОБУДОВА НМ, НАВЧАННЯ НМ, ЗАСТОСУВАННЯ НМ**

**1 КЛАСИФІКАЦІЯ НМ, ПОБУДОВА ТА ТИПИ НМ, ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ НМ**

**Тема 1.1 Класифікація НМ. Види НМ. Основні елементи НМ**

Таблиця класів НМ. Графічне зображення структур НМ. Типи НМ.

Штучний нейрон. Графічне зображення. Математичний опис.

Активаційна функція. Види функцій активації. Штучний нейрон з активаційною функцією. Математичний опис нейрона з багатьма входами і функцією активації.

Побудова меж рішення для нейрона. Приклади для лінійної і порогової функцій активації.

Елементи НМ із затримкою вхідного сигналу.

Лінії затримки. Розподілені лінії затримки (РЛЗ). Приклад використання РЛЗ для нейрона з трьома входами і лінійною функцією активації.

Елементи НМ з радіальним базисним функціями (РБФ). Математичний опис РБФ. Математичний опис і структурна схема нейрона з РБФ. Застосування нейрона з РБФ.

Персептрон.

Персептронний нейрон. Персептрон з багатьма виходами. Поняття представлення як здатність персептрона моделювати певну функцію. Проблема функції що ВИКЛЮЧАЄ АБО. Персептронна NET-площина. Лінійна роздільність. Обмеження представлення одношаровими НМ.

## **Тема 1.2 Побудова та типи НМ**

Архітектура НМ. Структура шару нейронів. Структура шару нейронів з кількістю входів  $R$  і кількістю нейронів  $S$ .

Одношарові НМ прямого розповсюдження.

Архітектура НМ прямого розповсюдження.

Багатошарові НМ прямого розповсюдження.

Архітектура НМ прямого розповсюдження

Рекурентна НМ

Архітектура мережі. Стан мережі. Стійкість мережі. Формування асоціативну пам'яті в мережі. Мережа Хопфілда.

## **2 ПРИНЦИПИ ТА АЛГОРИТМИ НАВЧАННЯ НМ**

### **Тема 2.1 Види навчання НМ**

Процес навчання НМ.

Визначення процесу навчання.

Принцип навчання з «вчителем»

Принцип навчання без «вчителя» або навчання на основі самоорганізації.

Завдання навчання НМ

Асоціативна пам'ять. Типи асоціативної пам'яті.

Розпізнавання образів НМ.

Апроксимація функцій. Ідентифікація систем. Інверсні системи.

Управління процесом як ще одне завдання навчання.

Фільтрація НМ.

Формування діаграми спрямованості.

Практичний приклад чисельного алгоритму для персептрона з двома входами для набір повчальних вхідних сигналів і відповідних ним цілей.

## **Тема 2.2 Алгоритми навчання НМ**

Група алгоритмів Квазі-ньютона.

BFGS (Broyden, Fletcher, Goldfarb, and Shanno) алгоритм.

Однокроковий секанс (Secant) алгоритм.

Алгоритм Льовенберга – Маркварта (Levenberg-Marquardt).

## **3 ЗАСТОСУВАННЯ НМ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ**

### **Тема 3.1 Побудова систем управління на НМ**

Системи управління

Управління з прогнозуванням. Навчання нейронної мережі в автономному режимі.

Управління з нелінійним авторегресивним ковзаючим середнім (Nonlinear Autoregressive-Moving Average (NARMA)).

Управління із задаючою моделлю.

Нейромережеве управління з прогнозуванням.

Ідентифікація об'єкту управління.

Управління з прогнозуванням

Управління з нелінійним авторегресивним ковзаючим середнім і лінеаризованим зворотним зв'язком (NARMA-L2).

Ідентифікація моделі в NARMA-L2.

Управління з використанням NARMA-L2.

### **Тема 3.2 Самоорганізація НМ**

Самоорганізація і самонавчання НМ.

Конкурентне навчання НМ.

Правило навчання Кохонена.

Правило навчання з вагами опорних сигналів.

Карти Кохонена, що самоорганізуються.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. — М. : Издательский дом "Вильямс", 2006. — 1104 с.: ил. — Парал. тит. англ.
2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика . : Пер. с англ. — М. , 2006. — 184 с.: ил.
3. Барский А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 176 с: ил. (Прикладные информационные технологии).
4. Howard Demuth, Mark Beale. Neural Network Toolbox User's Guide. COPYRIGHT 1992 - 2001 by The MathWorks, Inc. – 844 p.

### **Додаткова література**

1. Дьяконов В., Круглов В. **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПАКЕТЫ РАСШИРЕНИЯ MATLAB. СПЕЦИАЛЬНЫЙ СПРАВОЧНИК**– СПб.: Питер, 2002. – 467 с.
2. Дьяконов, В. Matlab 6: учебный курс [Текст] / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2001. – 592 с.
3. Медведев, В. Г. Нейронные Сети Matlab 6 / В. Г. Медведев; под общ. ред. к.т.н. В. Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с. – (Пакеты прикладных программ; Кн.4).
4. Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы [Текст] / под ред. В.Г.Неелова. – Киев: Пресса Украины, 1999. – 150 с.
5. Дьяконов, В. П. Matlab 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. [Текст]. Полное руководство пользователя / В. П. Дьяконов. –М.: СОЛОН-Пресс, 2002. – 768 с.

#### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ ЗА ТЕМАМИ

Найменування тем	Розподіл за видами занять		
	Всього	Лекції	Лабораторні
<b>Тема 1.1.</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>Тема 1.2.</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>Тема 2.1</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>4</b>
<b>Тема 2.2</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>Тема 3.1</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>Тема 3.2</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
<b>Всього по курсу:</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>18</b>

#### ЛЕКЦІЇ

#### 1 КЛАСИФІКАЦІЯ НМ, ПОБУДОВА ТА ТИПИ НМ, ОСНОВНІ ЕЛЕМЕНТИ НМ

#### Тема 1.1 Класифікація НМ. Види НМ. Основні елементи НМ

##### Лекція 1. Вступ.

Предмет і мета курсу.  
Класифікація та види НМ.  
Графічне зображення різних видів НМ.  
Штучний нейрон.  
Графічне зображення. Математичний опис.  
Активіаційна функція.  
Види функцій активації. Штучний нейрон з активіаційною функцією. Математичний опис нейрона з

	<p>багатьма входами і функцією активації.  Побудова меж рішення для нейрона. Приклади для лінійної і порогової функцій активації.  Елементи НМ із затримкою вхідного сигналу.  Лінії затримки. Розподілені лінії затримки (РЛЗ).  Приклад використання РЛЗ для нейрона з трьома входами і лінійною функцією активації.  <i>Література: 1, с. 42-45. 4,с. 2-2,...,2-7, 4,с.2-14</i>  <u>Завдання на СРС:</u> Основи програмування у системі MATLAB  <i>Допоміжня література: 1, с. 20-61.</i></p>
<p><u>Лекція 2</u> Елементи НМ з радіальним базисним функціями (РБФ).</p>	<p>Елементи НМ з радіальним базисним функціями (РБФ).  Математичний опис РБФ. Математичний опис і структурна схема нейрона з РБФ. Застосування нейрона з РБФ.  <i>Література: 1, с.341,...,415, 4, с. 7-2,...,7-18.</i>  <u>Завдання на СРС:</u> Масиви, структури, комірки і класи системи MATLAB  <i>Допоміжня література: 1, с. 61-80.</i></p>
<p><u>Лекція3.</u>  <u>Персептрон.</u></p>	<p>Персептронний нейрон. Персептрон з багатьма виходами. Поняття представлення як здатність персептрона моделювати певну функцію. Проблема функції що ВИКЛЮЧАЄ АБО. Персептронная NET-площина. Лінійна роздільність. Обмеження представлення одношаровими НМ.  <u>Завдання на СРС:</u> Дослідження радіальних базисних мереж типу GRNN  <i>Допоміжня література: 1, с. 120-125.</i></p>
<p><b>Тема 1.2 Побудова та типи НМ</b></p>	
<p><u>Лекція 4.</u>  <u>Архітектура НМ</u>  <u>Одношарові НМ</u>  <u>прямого</u>  <u>розповсюдження</u></p>	<p>Архітектура НМ  Структура шару нейронів. Структура шару нейронів з кількістю входів <math>R</math> і кількістю нейронів <math>S</math>.  Одношарові НМ прямого розповсюдження.  Архітектура НМ прямого розповсюдження  <i>Література: 1, с.799,...,833,</i>  <u>Завдання на СРС:</u> Дослідження радіальних базисних мереж типу PNN  <i>Література: 3, с. 30-32, 52-56.</i></p>
<p><u>Лекція 5.</u></p>	<p>Багатошарові НМ прямого розповсюдження.</p>

<u>Багатошарові НМ прямого розповсюдження.</u>	Архітектура НМ прямого розповсюдження <i>Література: 1, с.799,...,833,</i>
<u>Лекція 6. Рекурентна НМ. Мережа Хопфілда.</u>	Рекурентна НМ Архітектура мережі. Стан мережі. Стійкість мережі. Формування асоціативну пам'яті в мережі. Мережа Хопфілда. <i>Література: 1, с.919,...,987.</i> <u>Завдання на СРС:</u> Дослідження мереж Хопфілда <i>Допоміжня література: 1, с. 277-279.</i>
<b>2 ПРИНЦИПИ ТА АЛГОРИТМИ НАВЧАННЯ НМ</b>	
<b>Тема 2.1 Види навчання НМ</b>	
<u>Лекція 7. Процес навчання НМ.</u>	Процес навчання НМ. Визначення процесу навчання. Принцип навчання з «вчителем» <i>Література: 1, с.89,...,169.</i>
<u>Лекція 8. Навчання без «вчителя» Асоціативна пам'ять.</u>	Принцип навчання без «вчителя» або навчання на основі самоорганізації. Завдання навчання НМ Асоціативна пам'ять. Типи асоціативної пам'яті. <i>Література: 1, с.89,...,169.</i>
<u>Лекція 9. Застосування НМ.</u>	Розпізнавання образів НМ. Апроксимація функцій. Ідентифікація систем. Інверсні системи. процесом як ще одне завдання навчання. Фільтрація НМ. Формування діаграми спрямованості. <i>Література: 4, с.11-2,...,12-36.</i>
<u>Лекція 10. Приклад навчання НМ.</u>	Практичний приклад чисельного алгоритму для персептрона з двома входами для набір повчальних вхідних сигналів і відповідних ним цілей. <i>Література: 4, с. 3-2,...,3-36.</i>
<b>Тема 2.2 Алгоритми навчання НМ</b>	
<u>Лекція 11. Алгоритми навчання НМ</u>	Група алгоритмів Квазі-ньютонна. BFGS (Broyden, Fletcher, Goldfarb, and Shanno) алгоритм. <i>Література: 4, с. 5-14,...,5-36.</i>
<u>Лекція 12. Алгоритми навчання НМ (продовження)</u>	Однокроковий секанс (Secant) алгоритм. Алгоритм Льовенберга – Маркварта (Levenberg-Marquardt).

	<i>Література: 4, с. 5-14, ..., 5-36.</i>
<b>3 ЗАСТОСУВАННЯ НМ В УПРАВЛІННІ СКЛАДНИМИ СИСТЕМАМИ</b>	
<b>Тема 3.1 Побудова систем управління на НМ</b>	
<u>Лекція 13. Системи управління на НМ</u>	<p>Системи управління на НМ</p> <p>Управління з прогнозуванням. Навчання нейронної мережі в автономному режимі.</p> <p>Управління з нелінійним авторегресивним ковзаючим середнім (Nonlinear Autoregressive-Moving Average (NARMA)).</p> <p>Управління із задаючою моделлю.</p> <p>Нейромережеве управління з прогнозуванням.</p> <p>Ідентифікація об'єкту управління.</p> <p><i>Література: 4, с. 6-4, ..., 6-18.</i></p>
<u>Лекція 14. Управління з прогнозуванням</u> <u>Ідентифікація моделі</u>	<p>Управління з прогнозуванням</p> <p>Управління з нелінійним авторегресивним ковзаючим середнім і лінеаризованим зворотним зв'язком (NARMA-L2).</p> <p>Ідентифікація моделі в NARMA-L2.</p> <p>Управління з використанням NARMA-L2.</p> <p>Управління із задаючою моделлю.</p> <p><i>Література: 4, с. 6-2, ..., 6-38.</i></p> <p><u>Завдання на СРС:</u></p> <p><i>Література: 1, с. 203-213.</i></p>
<u>Лекція 15.</u> <u>Управління з використанням NARMA-L2</u>	<p>Управління з використанням NARMA-L2.</p> <p>Управління із задаючою моделлю.</p> <p><i>Література: 4, с. 6-2, ..., 6-38.</i></p> <p><u>Завдання на СРС:</u></p> <p><i>Література: 1, с. 203-213.</i></p>
<b>Тема 3.2 Самоорганізація НМ</b>	
<u>Лекція 16.</u> <u>Самоорганізація і самонавчання НМ.</u>	<p>Самоорганізація і самонавчання НМ.</p> <p>Конкурентне навчання НМ.</p> <p><i>Література: 1, с. 573-617, 4, с. 6-2, ..., 6-38.</i></p>
<u>Лекція 17. Правила навчання</u>	<p>Правило навчання Кохонена.</p> <p>Правило навчання з вагами опорних сигналів.</p> <p>Карти Кохонена, що самоорганізуються.</p> <p><i>Література: 3, с. 58, ..., 64, 4, с. 8-3, ..., 8-7.</i></p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Дослідження шарів Кохонена, які самоорганізуються. <i>Допоміжня література: 1, с. 276-279.</i></p>
<u>Лекція 18. Карти Кохонена</u>	<p>Карти Кохонена, що самоорганізуються.</p> <p><i>Література: 3, с. 58, ..., 64, 4, с. 8-3, ..., 8-7.</i></p>



	<p><u>Завдання на СРС:</u> Дослідження карт Кохонена, які самоорганізуються <i>Допоміжня література: 1, с. 276-279.</i></p>
--	---

## ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Виконання лабораторного практикуму дозволить студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал, навчитись досліджувати явища у НМ, провести експериментальну перевірку НМ різних типів, навчитись використовувати прикладне програмне забезпечення для роботи с НМ. Студенти отримають навички методів моделювання і розрахунку процесів у НМ. Заняття в лабораторії поглиблюють інтерес студентів до дисципліни, яка вивчається, розвивають їх здатність самостійно вирішувати складні завдання.

### Перелік лабораторних робіт

Лабораторна робота	Назва
1	Вивчення пакета прикладних програм Neural Network Toolbox (NNT) у середовищі системи MATLAB
2	Основи програмування у системі MATLAB
3	Масиви, структури, комірки і класи системи MATLAB
4	Моделі штучного нейрона
5	Штучні нейронні мережі
6	Методи і алгоритми навчання штучних нейронних мереж
7	Дослідження персептронних мереж
8	Дослідження лінійних нейронних мереж
9	Дослідження радіальних базисних мереж загального вигляду
10	Дослідження радіальних базисних мереж типу GRNN
11	Дослідження радіальних базисних мереж типу PNN
12	Дослідження шарів Кохонена, які самоорганізуються
13	Дослідження карт Кохонена, які самоорганізуються
14	Дослідження LVQ-мереж, які самоорганізуються
15	Дослідження мереж Елмана

16	Дослідження мереж Хопфілда
17	Застосування нейронних мереж для проектування систем управління динамічними процесами

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Методика опанування навчальної дисципліни, це підготовка до виконання та захисту лабораторних робіт, а також підготовка до модульної контрольної роботи та заліку.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Вивчення навчальної дисципліни «Нейронні мережі в управлінні електромеханічними системами» потребує від здобувача вищої освіти:

- дотримання навчально-академічної етики;
- дотримання графіку навчального процесу;
- бути зваженим, уважним на заняттях;
- систематично опрацьовувати теоретичний матеріал;
- дотримання графіку захисту лабораторних робіт. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставленого завдання, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на лекції, то йому слід відпрацювати цю лекцію у інший час (на консультації).

Якщо здобувач вищої освіти був відсутній на лабораторних заняттях, то йому слід відпрацювати ці заняття у інший час (на консультації).

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) виконання 9 практичних робіт
- 2) виконання модульної контрольної роботи;
- 3) залік

#### Система рейтингових балів

##### 1. Модульна контрольна робота\*

Модульна контрольна робота складається з двох рівнозначних питань по 5 балів.

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 5 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 3-4 бали;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 2 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

**2. Лабораторні роботи.** Виконання 17 лабораторних робіт. За умови хорошої підготовки вдома і активної роботи на занятті, своєчасного і грамотного виконання – 3 бали;

Наявність помилок у виконанні знижує оцінку на 0,5 бала. Недотримання терміну (запізнення на 1 тиждень) виконання роботи знижує оцінку на 0,5 бала.

**3. Залік** складається з трьох рівнозначних теоретичних питань по 10 балів.

**4. Заохочувальні бали.** За відсутність пропусків занять на протязі семестру додається 9 балів

**Максимальна сума балів дорівнює 100:**

$$R=(2*5)+(17*3)+(3*10)+9=100$$

Дисципліна викладається у 1 семестрі магістратури та триває 9 тижнів. Атестація, за потребою, проставляється за поточним рейтингом.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів <i>R</i>	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Питання, які виносяться на залік

1.	Класифікація нейронних мереж та їх властивості
2.	Топологія нейронних мереж
3.	Види нейронів
4.	Нейрон з радіальною базисною функцією (РБФ)
5.	Персептрон
6.	Архітектура нейронних мереж
7.	Структура шару нейронів
8.	Одношарові мережі прямого розповсюдження
9.	Багатошарові мережі прямого розповсюдження
10.	Рекурентні мережі
11.	Процеси навчання. Принцип навчання з «вчителем»
12.	Процеси навчання. Принцип навчання без «вчителя»
13.	Завдання навчання. Асоціативна пам'ять
14.	Завдання навчання. Розпізнавання образів
15.	Завдання навчання. Апроксимація функцій
16.	Завдання навчання. Управління
17.	Завдання навчання. Фільтрація
18.	Класифікація нейронних мереж
19.	Нейронні мережі Кохонена
20.	Мережа Хопфілда
21.	Архітектура, алгоритм функціонування та режими роботи мережі Хопфілда
22.	Області застосування мережі Хопфілда
23.	Достоини Переваги, недоліки та модифікації мережі Хопфілда
24.	Нейронна мережа Хеммінга
25.	Область застосування нейронної мережі Хеммінга
26.	Навчання нейронних мереж
27.	Алгоритм зворотнього розповсюдження
28.	Перенавчання та узагальнення нейронних мереж
29.	Навчання персептронних нейронних мереж
30.	Навчання з «учителем» для лінійних мереж. Алгоритм LMS.
31.	Квазі-ньютонівської алгоритми навчання нейромереж
32.	Нейромережеве управління з прогнозуванням
33.	Управління з нелінійним авторегресивним ковзаючим середнім і лінеаризованою зворотним зв'язком (NARMA-L2)
34.	Управління з задаючою моделлю

35	Нейронні мережі зустрічного поширення
36	Нейрорегулятора з передбаченням
37	Нейронна мережа з радіальними базисними функціями
38	Імовірнісні нейронні мережі PNN
39	Узагальнено-регресійний нейронна мережа

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцент кафедри, к.т.н., Тишевич Борис Леонардович

**Ухвалено** кафедрою \_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_)

---

<sup>1</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.