



НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Комп'ютерні технології в біології та медицині
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна
Рік підготовки, семестр	IV курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	120 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, розрахункова робота, модульна контрольна робота
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: ст. викладач кафедри біомедичної кібернетики Бовсуновська Катерина Сергіївна, period0@ukr.net Практичні: ст. викладач кафедри біомедичної кібернетики Бовсуновська Катерина Сергіївна, period0@ukr.net Лабораторні: не заплановані в курсі
Розміщення курсу	DssyzeF, https://classroom.google.com/

Програма навчальної дисципліни

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

Мета – надання майбутньому спеціалісту чіткого розуміння про моделі і методи та програмні засоби для роботи із нейронними мережами, зокрема при вирішенні завдань побудови інтелектуальних систем.

Завдання – надання студентам комплексу знань, необхідних для розуміння проблем, які виникають під час побудови та при використанні сучасних програмних систем, що вирішують інтелектуальні завдання, та ознайомити студентів з основними принципами побудови нейронних мереж. У процесі вивчення дисципліни у студента повинні сформуватися знання, уміння та навички, необхідні для створення програмних засобів із застосуванням нейронних мереж.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач, згідно Освітньої програми. ОП введено в дію Вченою Радою університету (протокол №3 від 15.03.2021р.) Наказом ректора НОН/89/2021 від 19.04.2021 р.):

	Загальні компетентності (ЗК)
ЗК 6	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

ЗК 7	<i>Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел</i>
	Фахові компетентності спеціальності (ФК)
ФК 2	<i>Здатність до виявлення статистичних закономірностей недетермінованих явищ, застосування методів обчислювального інтелекту, зокрема статистичної, нейромережевої та нечіткої обробки даних, методів машинного навчання та генетичного програмування тощо.</i>
ФК 4	<i>Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.</i>
ФК 23	<i>Здатність до застосування методів штучного інтелекту для комп'ютерного вирішення когнітивних задач, в умовах неповноти, неточності та суперечливості знань про об'єкт дослідження, а також для розв'язання задач без чіткого заданого алгоритму.</i>
ФК 24	<i>Здатність до створення штучних нейронних мереж з метою вирішення задач розпізнавання образів, класифікації, прийняття рішень та управління, прогнозування.</i>
	Програмні результати навчання
ПР 4	<i>Використовувати методи обчислювального інтелекту, машинного навчання, нейромережевої та нечіткої обробки даних, генетичного та еволюційного програмування для розв'язання задач розпізнавання, прогнозування, класифікації, ідентифікації об'єктів керування тощо.</i>
ПР 19	<i>Досліджувати нелінійні динамічні системи, що характеризуються саморганізованістю та саморозвитком</i>

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

Студент повинен до цього оволодіти знаннями з дисциплін : Математичний аналіз, Фізика, Основи теорії біомедичних сигналів, Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси і математична статистика, Обробка та аналіз біомедичних даних.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Моделі нейроелементів. Метод навчання Уїдроу-Хоффа

Тема 1. Загальна характеристика та основні принципи побудови нейромереж. Класифікація та види моделей нейромереж. Властивості штучних нейромереж. Загальне уявлення про навчання нейромереж. Характеристики процесу навчання. Вимоги до навчальних вибірок даних. Нейронні мережі у пакеті MATLAB.

Тема 2. Одношарові мережі. Біологічні нейрони та їх фізичні моделі. Математичні моделі нейроелементів. Поняття: синапс, ваговий коефіцієнт, поріг, дискримінантна функція, функція активації, одношаровий перцептрон. Метод найменших квадратів як основа алгоритму Уїдроу-Хоффа. Можливості і властивості одношарових перцептронів. Лінійна роздільність і лінійна нероздільність класів. Моделі нейроелементів у пакеті MATLAB.

Змістовий модуль 2. Нейронні мережі прямого поширення. Градієнтні методи навчання

Тема 1. Багатошарові мережі. Багатошаровий перцептрон: модель і принципи побудови архітектури. Алгоритм зворотного поширення помилки. Градієнтні алгоритми навчання багатошарових нейромереж. Порівняння моделей та алгоритмів навчання нейромереж прямого поширення. Нейронні мережі прямого поширення та градієнтні алгоритми навчання у пакеті MATLAB.

Тема 2. Радіально-базисні мережі. Моделі та принципи синтезу архітектури радіально-базисних нейромереж. Методи навчання радіально-базисних нейромереж. Застосування кластер-аналізу при навчанні радіально-базисних нейромереж. Радіально-базисні нейромережі у пакеті MATLAB.

Змістовий модуль 3. Повнозв'язні нейронні мережі

Тема 1. Мережі Хопфілда. Бінарні повнозв'язні нейромережі Хопфілда. Псевдоінверсне навчальне правило, проєктивний алгоритм настроювання ваг. Ефект Городничого та перспективи і методи його використання. Алгоритм рознасичення синаптичної матриці мережі Хопфілда.

Тема 2. Мережі Ельмана. Застосування НМ для асоціативного пошуку інформації. Мережі Хопфілда у задачах комбінаторної оптимізації. Нейромережа Ельмана. Нейронні мережі Хопфілда та Ельмана у пакеті MATLAB.

Змістовий модуль 4. Нейронні мережі Кохонена.

Тема 1. Карти Кохонена. Карти ознак самоорганізації Кохонена: нейронна мережа SOM. Нейронна мережа Кохонена SOM у пакеті MATLAB.

Тема 2. Мережа LVQ. Нейронна мережа LVQ. Нейромережа "SOM-АЗП". Застосування мереж Кохонена у задачах кластер-аналізу та геоінформаційних системах. Нейронна мережа Кохонена LVQ у пакеті MATLAB.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Литвин, Василь Володимирович. *Інтелектуальні системи : підручник / В.В. Литвин, В.В. Пасічник Ю.В. Яцишин. - Львів : Видавництво "Новий Світ-2000", 2021. - 405 сторінок : рисунки, таблиці. - (Серія "Комп'ютеринг" / за науковою редакцією В.В. Пасічника) - (Серія "Вища освіта в Україні")*
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000637217&local_base=KPI01
2. Наконечний, Маркіян Володимирович. *Нейромережеві системи керування нелінійними об'єктами / М. Наконечний, О. Івахів, Ю. Наконечний ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Растр-7, 2017. - 239 с. : іл., табл.* https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000590151&local_base=KPI01
3. Тимощук, Павло Володимирович. *Принципи штучних нейронних мереж та їх застосування : навчальний посібник / Павло Тимощук, Михайло Лобур ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Львівська політехніка, 2020. - 291 сторінка : рисунки (деякі кольорові)*
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000638675&local_base=KPI01

4. Börgers, Christoph. *An Introduction to Modeling Neuronal Dynamics [electronic resource] / by Christoph Börgers. // Springer eBooks - Cham : Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2017. - XIII, 457 p. 356 illus., 186 illus. in color. online resource. - (Texts in Applied Mathematics, ;ISSN:0939-2475 ; 66)*
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000625209&local_base=KPI01
5. Xie, Ming. *New Foundation of Artificial Intelligence / Ming Xie, Hui Chen, Zhencheng Hu. - Hackensack : World Scientific, [2021]. - 384 сторінки.*
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000637807&local_base=KPI01

Допоміжна література

1. Ткаченко, Роман Олексійович. *Нейромережеві засоби штучного інтелекту : навчальний посібник / Р.О. Ткаченко, П.Р. Ткаченко, І.В. Ізонін ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. - 206 сторінок : рисунки, таблиці, фотоілюстрації.*
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000616936&local_base=KPI01
2. da Silva, Ivan Nunes. *Artificial Neural Networks [electronic resource] : A Practical Course / by Ivan Nunes da Silva, Danilo Hernane Spatti, Rogerio Andrade Flauzino, Luisa Helena Bartocci Liboni, Silas Franco dos Reis Alves. // Springer eBooks - Cham : Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2017. - XX, 307 p. 203 illus., 13 illus. in color. online resource.*
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000233916&local_base=KPI01
3. Ямпольський, Леонід Стефанович. *Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи : підручник / Л.С. Ямпольський, О.І. Лісовиченко, В.В. Олійник ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут". - Київ : Дорадо-Друк, 2016. - 571 с. : іл. (деякі кол.) +*
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000551224&local_base=KPI01

Додаткові-ресурси: з платформ відкритого доступу, з передплачених ліцензійних баз даних (наприклад, Springer, Elsevier тощо), відкриті навчальні ресурси :

1. Gu, Jiuxiang, et al. "Recent advances in convolutional neural networks." *Pattern recognition* 77 (2018): 354-377.
<https://arxiv.org/pdf/1512.07108.pdf>
2. Gurney, Kevin. *An introduction to neural networks.* CRC press, 2018.
[http://www.macs.hw.ac.uk/~yjc32/project/ref-NN/Gurney et al.pdf](http://www.macs.hw.ac.uk/~yjc32/project/ref-NN/Gurney%20et%20al.pdf)
3. Hajian, Alireza, and Peter Styles. "Artificial neural networks." *Application of soft computing and intelligent methods in geophysics.* Springer, Cham, 2018. 3-69.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.301.5738&rep=rep1&type=pdf>
4. Хохлов, А. В., and Д. Ю. Міхеєнко. "Використання нейромереж для розв'язання задач прогнозування." *Рамазанов СК, докт. техн. наук, докт. екон. наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка; Суботін СО, докт. техн. наук,*

професор, Запорізький національний технічний університет Рекомендовано вченою радою Донбаської державної машинобудівної академії (2020): 140.

<http://www.dqma.donetsk.ua/docs/kafedry/tiup/konf/%D0%9D%D0%9C%D0%A2%D1%96%D0%97%2020.pdf#page=140>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Змістовні модулі	Кількість годин			
	Всього	Лекції	Практичні	Самостійна робота
Модуль 1-2				
Загальна характеристика та основні принципи побудови нейромереж. Класифікація та види моделей нейромереж. Властивості штучних нейромереж. Загальне уявлення про навчання нейромереж.	18	4	4	10
Багатошарові мережі. Багатошаровий перцептрон: модель і принципи побудови архітектури. Алгоритм зворотного поширення помилки. Порівняння моделей та алгоритмів навчання нейромереж прямого поширення. Нейронні мережі прямого поширення та градієнтні алгоритми навчання у пакеті MATLAB.	34	12	12	10
Разом змістовий модуль 1	52	16	16	20
Модуль 3-4				
Мережі Хопфілда. Бінарні повнозв'язні нейромережі Хопфілда. Псевдоінверсне навчальне правило, проєктивний алгоритм настроювання ваг. Ефект Городничого та перспективи і методи його використання.	34	10	10	14
Карти Кохонена. Карти ознак самоорганізації Кохонена: нейронна мережа SOM. Нейронна мережа Кохонена SOM у пакеті MATLAB.	34	10	10	14
Разом змістовний модуль 2	68	24	20	28
Всього	120	36	36	48

Теми практичних занять

	Назва теми	Кількість годин
1.	Нейромережі прямого поширення	16
2.	Нейромережі зі зворотними зв'язками	12
3.	Нейромережі з латеральними зв'язками	8
Разом		36

6. Самостійна робота студента

	Назва теми	Кількість годин
1	Історія розвитку теорії штучних нейромереж	6
2	Моделі нейроелементів у пакеті MATLAB.	12
3	Мережі Хопфілда у задачах комбінаторної оптимізації.	6
4	Нейронні мережі Хопфілда та Ельмана у пакеті MATLAB.	6
5	Застосування мереж Кохонена у задачах кластерного аналізу та геоінформаційних системах.	6
6	Нейромережа "SOM-АЗП"	4
7	Нейронні мережі Кохонена SOM та LVQ у пакеті MATLAB	6
	Разом	48

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Більшість лекційних занять викладаються за допомогою **Пояснювально-ілюстративного методу (або інформаційно-рецептивного)**. Його назва походить від двох слів: інформація й рецепція (сприйняття). Студенти одержують знання на лекції, з навчальної або методичної літератури, через екранний посібник в "готовому" виді. Студенти сприймають і осмислюють факти, оцінки, висновки й залишаються в рамках репродуктивного (відтворюючого) мислення. Даний метод знаходить широке застосування у вузі для передачі великого масиву інформації.

При проведенні практичних занять використовуються такі методи:

Репродуктивний метод (репродукція - відтворення) Застосування вивченого на основі зразка або правила. Діяльність студентів носить алгоритмічний характер, тобто виконується за інструкціями, приписаннями, правилами в аналогічних, подібних з показаним зразком ситуаціях. Організовується діяльність студентів за кількарізним відтворенням засвоєваних знань. Для цього використовуються різноманітні вправи, лабораторні, практичні роботи, програмований контроль, різні форми самоконтролю. Застосовується у взаємозв'язку з інформаційно-рецептивним методом (який передує репродуктивному). Разом вони сприяють формуванню знань, навичок і вмінь в студентів, формують основні розумові операції (аналіз, синтез, узагальнення, перенос, класифікація). Не гарантує розвитку творчих здатностей студентів.

Вищевказаний метод в свою чергу гарно комбінується з **Частково-пошуковим або евристичним методом**, який полягає в організації активного пошуку рішення висунутих у навчанні (або сформульованих самостійно) пізнавальних завдань. Пошук рішення відбувається під керівництвом педагога, або на основі евристичних програм і вказівок. Процес мислення здобуває продуктивний характер. Процес мислення поетапно направляється й контролюється педагогом або самими учнями на основі роботи над програмами (у тому числі й комп'ютерними) і навчальними посібниками. Метод дозволяє активізувати мислення, викликати зацікавленість до пізнання на семінарах і лабораторних роботах.

*Лекційний, контрольньо-модульні роботи, звіти з практичних робіт, екзамен.
Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)*

*Лекційний, контрольньо-модульні роботи, звіти з практичних робіт, екзамен.
Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)*

Оцінювання впродовж навчального періоду:

Активна робота на лекції, усні відповіді.

Виконання завдань практичних робіт:

Практична робота 1 : – 8 балів /5 балів,

Практична робота 2 : – 8 балів /5 балів,

Практична робота 3 : – 8 балів /5 балів,

Практична робота 4 : – 8 балів /5 балів,

Практична робота 5 : – 8 балів /5 балів,,

Практична робота 6 : – 8 балів /5 балів,

Практична робота 7 : – 8 балів /5 балів,

Практична робота 8 : – 8 балів /5 балів,

Розрахункова робота 16 балів

Модульна контрольна робота – 20 балів/12 балів;

Максимальна кількість балів, яку може отримати студент за роботу протягом семестру становить 100 балів за 100-бальною шкалою.

Підсумкове оцінювання: залік.

Умовою отримання позитивної результуючої оцінки з дисципліни є досягнення не менш як 60% від максимально можливої кількості балів.

Переписування чи перескладання тем не практикується. Дозволяється здача окремих завдань модульних тем у проміжках між задачами робіт (наприклад, перша тема здається до здачі наступної практичної роботи у будь-який зручний для викладача та студента час).

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: модульна контрольна робота

При цьому обов'язковим є виконання всіх передбачуваних робочою програмою видів робіт не менше ніж на 60%, а також отримання позитивної оцінки з контрольних робіт.

Для студентів, які не набрали рекомендований мінімум (60% від максимально можливої кількості балів) обов'язковим є написання комплексної семестрової контрольної роботи, яка включає увесь пройдений матеріал за семестр і максимальна оцінка за яку не може перевищувати 40% підсумкової оцінки (до 40 балів за 100-бальною шкалою).

Організація оцінювання: Оцінювання студентів здійснюється впродовж семестру з усіх видів робіт, включаючи вивчення теоретичного матеріалу курсу та виконання самостійних робіт.

Обов'язковим є виконання завдань, винесених на самостійну роботу, практичних робіт та модульних контрольних робіт за графіком робочої програми.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

- 1. Поняття: нейрон, нейромережа, нейрокомп'ютер, нейроінформатика.*
- 2. Класифікація та види моделей нейромереж.*
- 3. Властивості штучних нейромереж.*
- 4. Загальне уявлення про навчання нейромереж.*
- 5. Загальна характеристика та принципи побудови нейромереж.*
- 6. Характеристики процесу навчання нейромереж.*
- 7. Лінійна роздільність і лінійна нероздільність класів.*
- 8. Порівняння моделей та алгоритмів навчання нейромереж прямого поширення.*
- 9. Що являє собою перцептрон?*
- 10. Описати елементарний перцептрон.*
- 11. Які основні поняття теорії перцептронів, опис на основі сигналів та на основі предикатів?*
- 12. Алгоритм навчання. (з учителем, без учителя)*
- 13. Метод зворотнього поширення помилки.*
- 14. Які існують традиційні помилки?*
- 15. Які є можливості та обмеження моделі?*
- 16. Багатокласовий перцептрон.*
- 17. Нейромережа зворотного поширення похибки (Back Propagation).*
- 18. Структура, загальні правила Back Propagation*
- 19. Алгоритм побудови Back Propagation. Переваги, недоліки, модифікації*
- 20. Мережа Кохонена. Структура, загальні правила мережі Кохонена*
- 21. Алгоритм побудови мережі Кохонена. Переваги, недоліки, модифікації мережі Кохонена*
- 22. Мережа Хопфілда. Структура, загальні правила.*
- 23. Алгоритм побудови мережі Хопфілда. Переваги, недоліки, модифікації.*
- 24. Мережа Хемінга. Структура, загальні правила.*
- 25. Алгоритм побудови мережі Хемінга. Переваги, недоліки, модифікації.*
- 26. Дайте визначення понять: повнозв'язна мережа Хопфілда, функція обчислювальної енергії, асоціативна пам'ять, псевдоінверсне навчальне правило, проективний алгоритм настроювання ваг, ефект рознасичення (ефект Городничего), еталон.*
- 27. Бінарні повнозв'язні нейромережі Хопфілда.*
- 28. Псевдоінверсне навчальне правило, проективний алгоритм настроювання ваг.*
- 29. Чи дозволяє модель і традиційні методи навчання мереж Хопфілда побудувати на її основі асоціативний запам'ятовуючий 14 пристрій, здатний запам'ятовувати стільки образів, скільки нейронів у мережі? Відповідь поясніть.*

30. Які задачі можна вирішувати на основі бінарних НМ Хопфілда? Приклади
31. Чи доцільно застосовувати бінарні мережі Хопфілда для класифікації складно (нелінійно) роздільних образів?
32. Чи завжди збігаються проєкційні алгоритми навчання мережі Хопфілда?
33. Ефект Городничего і перспективи його використання.
34. Метод рознасичення синаптичної матриці мережі Хопфілда.
35. Мережі Ельмана.
36. Застосування НМ для асоціативного пошуку інформації.
37. Мережі Хопфілда у задачах комбінаторної оптимізації.
38. Нейронні мережі Хопфілда та Ельмана у пакеті MATLAB.
39. Карти Кохонена.
40. Карти ознак самоорганізації Кохонена: нейронна мережа SOM.
41. Нейронна мережа Кохонена SOM у пакеті MATLAB.
42. Нейронна мережа LVQ.
43. Нейромережа "SOM-АЗП".
44. Застосування мереж Кохонена у задачах кластер-аналізу та геоінформаційних системах.
45. Нейронна мережа Кохонена LVQ у пакеті MATLAB

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено Бовсуновська Катерина Сергіївна, ст. викладач кафедри біомедичної кібернетики

Ухвалено кафедрою біомедичної кібернетики (протокол № 2 від 29.09.2022)

Погоджено Методичною комісією факультету ФБМІ (протокол № __ від _____)