



Нейронні мережі

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврат)</i>
Галузь знань	<i>12 Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>124 «Системний аналіз»</i>
Освітня програма	<i>Системний аналіз і управління</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС, 120 год. (лекції - 36 год., практичні - 18 год., СРС - 66 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор, Данилов Валерій Якович, danilov1950@ukr.net Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Жиров Олександр Леонідович, jirov@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Платформа дистанційного навчання «Сікорський», Googleclassroom</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Метою курсу є засвоєння принципів, методів та технологій обчислювального інтелекту штучних нейронних мереж, основ машинного навчання та самонавчання, рекурентних та згорткових нейронних мереж для вирішення прикладних задач штучного інтелекту.

Об'єктом дослідження є основні принципи побудови нейронних мереж і глибокого навчання як самостійного напрямку в теорії інтелектуальних систем.

Предметом вивчення та дослідження є моделі штучних нейронів, їх властивості та основні типи нейронних мереж та систем.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- основ топологій нейронних мереж та систем;
- принципів навчання та глибокого навчання, як з учителем так і без учителя;
- методів налаштування відповідних градієнтних процедур.

уміння:

- обирати та застосовувати для конкретної задачі штучного інтелекту відповідну нейронну мережу;
- створювати ефективні алгоритми розв'язання нових проблем та прикладних задач штучного інтелекту.

досвід:

- розв'язання прикладних проблем штучного інтелекту;
- застосовувати принципи, моделі, методи, обчислювальні алгоритми до розв'язання задач штучного інтелекту;
- пошуку нових моделей нерегулярної поведінки в фінансово-економічних та соціальних процесах і системах методами штучного інтелекту.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають оволодіти наступними компетенціями:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК1 - Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях,

ЗК3 - Здатність абстрактно мислити, застосовувати методи аналізу і синтезу,

ЗК11 - Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

Фахові компетентності (ФК)

ФК 1 - Здатність використовувати системний аналіз в якості сучасної міждисциплінарної методології, заснованої на прикладах математичних методів та

сучасних інформаційних технологіях, і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем,

ФК 2 - Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів та аналізу даних,

ФК 3 - Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів,

ФК 7 - Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем, а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні пакети, застосування баз даних і знань.

Програмні результати навчання

ПРН 6 - Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов і конфліктів,

ПРН 12 - Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу,

ПРН 14 - Розуміти і застосовувати на практиці методи статистичного моделювання і прогнозування, оцінювати та аналізувати вихідні дані.

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

Пререквізити: викладання навчальної дисципліни базується на знаннях, отриманих у результаті вивчення попередніх навчальних дисциплін потребує базових знань з математичних та інформаційних дисциплін, достатніх для сприйняття методів і моделей, що ґрунтуються на використанні методології штучного інтелекту та теорії підтримки прийняття рішень. Це теорія ймовірностей і прикладна статистика, математичний аналіз, диференціальні рівняння, чисельні методи, методи оптимізації, алгоритми та структури даних.

Дисципліна надає здобувачам першого ступеня вищої освіти необхідні знання та практичні навички для пошуку необхідних даних та експертних оцінок, накопичення та аналізу наукової інформації з штучного інтелекту, оформлення та захисту бакалаврської роботи, сприяє розвитку професійних умінь з формулювання та презентації результатів проведених досліджень, підтримки прийняття відповідних управлінських рішень.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи нейронних мереж. Предмет та методи

Тема 1.1. Біологічні основи нейронних мереж.

Тема 1.2. Штучний нейрон.

Тема 1.3. Історія розвитку нейронних мереж.

Тема 1.4. Основні поняття нейронних мереж (базові порогові елементи). (Моделі нейронів. Топологія НМ, навчання НМ).

Розділ 2. Персептрон

Тема 2.1. Модель нейрона.

Тема 2.2. Лінійна роздільність.

Тема 2.3. Алгоритм навчання персептрона Розенблатта.

Тема 2.4. Використання персептрона для класифікації образів.

Розділ 3. Багатошарові нейромережі прямого поширення

Тема 3.1. Архітектура

Тема 3.2. Вхідні і вихідні дані.

Тема 3.3. Режим навчання з учителем.

Тема 3.4. Метод зворотнього поширення похибки.

Тема 3.5. Розв'язок задачі XOR.

Розділ 4. Прискорені варіанти методу поширення похибки

Тема 4.1. Алгоритм навчання Delta-Bar-Delta.

Тема 4.2. Алгоритм навчання Eukauced Delta-Bar-Delta.

Тема 4.3. Алгоритм навчання Quick Propagation.

Тема 4.4. Градієнтні методи оптимізації другого порядку.

Розділ 5. Мережі з перетворенням вхідного простору

Тема 5.1. Мережа на основі радіальних базисних функцій.

Тема 5.2. Навчання мережі. Задачі XOR.

Розділ 6. Асоціативна пам'ять

Тема 6.1. Алгоритм навчання асоціативної пам'яті. (Правило Гебба. Псевдообернення. Розпізнавання вхідного образу).

Тема 6.2. Гетероасоціативна пам'ять.

Тема 6.3. Автоасоціативна пам'ять.

Тема 6.4. Двоспрямована асоціативна пам'ять.

Розділ 7. Аналіз головних компонентів

Тема 7.1. Принцип самоорганізації

Тема 7.2. Приклад мереж із самоорганізацією (латеральні зв'язки, модульна самоорганізація).

Тема 7.3. Аналіз часових компонентів.

Тема 7.4. Розклад даних у новому базисі.

Тема 7.5. Зменшення розмірності простору вхідних ознак.

Розділ 8. Карти Кохонена, що само організуються (КСО)

Тема 8.1. Правило Гебба. Модель Кохонена.

Тема 8.2. Карти самоорганізації. (Конкуренція. Кооперація. Адаптація. Фази процесу адаптації.).

Тема 8.3. Застосування карт Кохонена.

Тема 8.4. Використання мережі Кохонена для класифікації образів.

Розділ 9. Нейродинаміка

Тема 9.1. Мережі зі зворотнім зв'язком

Тема 9.2. Динамічні системи (Критерії стійкості Ляпунова. Атрактори.).

Тема 9.3. Динамічна модель нейрона

Тема 9.4. Модель Хопфілда.

Тема 9.5. Дискретна модель Хопфілда як асоціативна пам'ять.

Тема 9.6. Фази функціонування мережі Хопфілда (фаза запам'ятовування, фаза відновлення)

Тема 9.7. Алгоритм функціонування мережі Хопфілда до розпізнавання зображень мережі Хопфілда.

Тема 9.8. Інші типи мереж.

Розділ 10. Динамічні рекурсивні нейронні мережі

Тема 10.1 Багатошарові рекурсивні нейронні мережі

Тема 10.2 Мережа Елмана

Тема 10.3 Мережа Джордана

Тема 10.4 Методи навчання рекурсивних нейронних мереж

Розділ 11. Згорткові нейронні мережі (CNN)

Тема 11.1 Базова структура згорткової мережі

Тема 11.2 Обернене поширення похибки через згортку

Тема 11.3 Основні типи сучасних згорткових архітектур

Тема 11.4 Сучасні застосування згорткових мереж

Розділ 12. Рекурсивні нейронні мережі

Тема 12.1 Обернене поширення похибки в часі в рекурсивних нейронних мережах

Тема 12.2 Довга короткострокова пам'ять (LSTM)

Тема 12.3 Застосування рекурентних нейронних мереж

Розділ 13. Генеративно-змагальні нейронні мережі (GAN)

Тема 13.1 Загальна структура генеративно-змагальної нейронної мережі

Тема 13.2 Застосування генеративно-змагальних нейронних мереж для обробки часових рядів криптовалюти

Тема 13.3 Застосування генеративно-змагальних нейронних мереж для сучасних задач розпізнавання об'єктів в статистиці та динаміці

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Руденко О.П., Бодянський Є.В. Штучні нейронні мережі: Навч. Посібник. - Х. Тов. "Компанія СНІТ", 2006, -404с
2. Куссуль Н.М, Шелестов А.Ю., Лавренюк А.М. Інтелектуальні обчислення. Навчальний посібник. -К.: Наукова думка, 2006. -314 с.
3. Електронний матеріал до курсу «Штучні нейронні мережі» (лекції, практичні та індивідуальні завдання).
4. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем. Навчальний посібник. -К.: Видавничий Дім "Слово", 2004. - 352с.
5. Ямпольський Л. С., Лісовиченко О. І., Олійник В.В. Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи. - К.: Дорадо друк, 2016. -576 с.
6. Charu C. Aggarval Neural Networks and Deep Learning. - Springer Nature, 2018. - 512 с.
7. Електронний матеріал по генеративно-змагальним мережам

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Біологічні основи нейронних мереж. Штучний нейрон. <i>Література:</i> [1 — с. 1-20, 2 – с. 12-17]
2	Історія розвитку нейронних мереж. Основні поняття нейронних мереж (базові порогові елементи). (Моделі нейронів. Топологія НМ, навчання НМ). <i>Література:</i> [1 — с. 25-59, 2 – с. 18-22]
3	Модель нейрона. Лінійна роздільність. <i>Література:</i> [1 — с. 61-78, 2 - с. 22-34] Завдання на СРС. Логістична регресія. Мультикласові моделі. Класифікатор softmax
4	Алгоритм навчання перцептрона Розенблатта. Використання перцептрона для класифікації образів. <i>Література:</i> [1 — с. 61-78, 2 – 22-34]
5	Архітектура. Вхідні і вихідні дані. Режим навчання з учителем. Метод зворотнього поширення похибки. Розв'язок задачі XOR.

	<p><i>Література:</i> [1 — с. 78 – 102, 2 – 35-40]</p> <p>Завдання на СРС. Автокодувальники на базі багатошарового персептрона (метод SVD)</p>
6	<p>Алгоритм навчання Delta-Bar-Delta. Алгоритм навчання Eukauced Delta-Bar-Delta. Алгоритм навчання Quick Propagation. Градієнтні методи оптимізації другого порядку.</p> <p><i>Література:</i> [2 —с. 40-72]</p> <p>Завдання на СРС. Сучасні стратегії градієнтного спуску. Стохастичний градієнтний спуск. Пакетна нормалізація в глибокому навчанні. Ансамблеві методи</p>
7	<p>Мережа на основі радіальних базисних функцій. Навчання мережі. Задачі XOR.</p> <p><i>Література:</i> [1 — с. 229 – 255, 2 – с.73-79]</p> <p>Завдання на СРС. Тренування прихованого шару в РБФ. Повністю контрольоване навчання. Ядерні методи в РБФ</p>
8	<p>Алгоритм навчання асоціативної пам'яті. (Правило Гебба. Псевдообернення. Розпізнавання вхідного образу). Гетероасоціативна пам'ять. Автоасоціативна пам'ять. Двоспрямована асоціативна пам'ять</p> <p><i>Література</i> [1 —с. 104-126]</p>
9	<p>Принцип самоорганізації. Приклад мереж із самоорганізацією (латеральні зв'язки, модульна самоорганізація). Аналіз часових компонентів. Розклад даних у новому базисі. Зменшення розмірності простору вхідних ознак.</p> <p><i>Література:</i> [2 — с. 80-88]</p>
10	<p>Правило Гебба. Модель Кохонена. Карти самоорганізації. (Конкуренція. Кооперація. Адаптація. Фази процесу адаптації.).</p> <p><i>Література:</i> [1 — с. 182-196, 2 – с. 88 - 118]</p> <p>Задання на СРС. Застосування карт Кохонена. Використання мережі Кохонена для класифікації образів.</p> <p>[1 – с. 182-197]</p>
11	<p>Мережі зі зворотнім зв'язкомг. Динамічні системи (Критерії стійкості Ляпунова. Атрактори.). Динамічна модель нейрона. Модель Хопфілда. Дискретна модель Хопфілда як асоціативна пам'ять. Фази функціонування мережі Хопфілда (фаза запам'ятовування, фаза відновлення). Алгоритм функціонування мережі Хопфілда до розпізнавання зображень мережі Хопфілда. Інші типи мереж.</p>

	<p><i>Література:</i> [1 — с. 131-149, 2 – с. 139-168]</p>
12	<p>Багатошарові рекурсивні нейронні мережі. Мережа Елмана. Мережа Джордана. Методи навчання рекурсивних нейронних мереж</p> <p><i>Література:</i> [1 — с. 158-168, 3 – с. 264-283]</p>
13	<p>Базова структура згорткової мережі. Обернене поширення похибки через згортку. Основні типи сучасних згорткових архітектур. Сучасні застосування згорткових мереж</p> <p><i>Література:</i> [6 — с. 332 - 338]</p> <p>Завдання на СРС. Згорткові нейронні мережі. Метод зворотнього поширення похибки</p>
14	<p>Рекурсивні нейронні мережі. Обернене поширення похибки в часі в рекурсивних нейронних мережах</p> <p><i>Література:</i> [6 — с. 280 - 290]</p>
15	<p>Модульна контрольна робота</p>
16	<p>Довга короткострокова пам'ять (LSTM). Застосування рекурентних нейронних мереж</p> <p><i>Література:</i> [6 — с. 282-295]</p>
17	<p>Загальна структура генеративно-змагальної нейронної мережі. Застосування генеративно-змагальних нейронних мереж для обробки часових рядів криптовалюти</p> <p><i>Література:</i> [7]</p>
18	<p>Застосування генеративно-змагальних нейронних мереж для сучасних задач розпізнавання об'єктів в статиці та динаміці</p> <p><i>Література:</i> [8]</p> <p>Завдання на СРС. Типи генеративно-змагальних мереж. Методи навчання</p>

Практичні заняття

Виконання циклу практичних робіт забезпечує формування системного мислення, досвіду постановки задач та їх формалізації, застосування сучасних інформаційних середовищ для розв'язання системних задач

№ роботи	Назва теми та її зміст та завдання	Години
1	Персептрон. Його застосування	2
2	РБФ мережа. Нелінійна роздільність	2
3	Мережа Кохонена. Мережа Хопфілда	2
4	Мережі Елмана та Джордана	2
5	Згорткова нейронна мережа. Розпізнавання образів	2
6	Рекурентна нейронна мережа. Обробка часового ряду	2
7	Генеративно-змагальна нейронна мережа. Генерація зображення	2
8	Автокодуювальники	2
9	Залік	

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання
1	Сучасні стратегії градієнтного спуску. Стохастичний градієнтний спуск. Пакетна нормалізація в глибокому навчанні. Ансамблеві методи
2	Логістична регресія. Мультикласові моделі. Класифікатор softmax
3	Тренування прихованого шару в РБФ. Повністю контрольоване навчання
4	Ядерні методи в РБФ
5	Автокодуювальники на базі багат шарового персептрона (метод СВД)
6	Згорткові нейронні мережі. Метод зворотнього поширення похибки
7	Типи генеративно-змагальних мереж. Методи навчання

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Здобувачі вищої освіти не повинні пропускати лекційні та практичні заняття без поважних причин.
- На кожній лекції чи практичному занятті здобувачі повинні активно залучатися до аналізу, обговорення та розв'язування поставлених задач. За активність в обговоренні проблеми, що розглядається, признаються заохочувальні бали.
- Викладач на кожній лекції повинен приділяти увагу до застосування викладених теоретичних основ прочитаних тем в різних галузях прикладної науки.
- Роботи мають бути виконані з дотриманням академічної доброчесності.
- Усі роботи здобувачі мають прикріплювати в особистому кабінеті гугл-класу (у разі дистанційного режиму роботи).
- Усі роботи здобувачі мають прикріплювати в особистому кабінеті гугл-класу.

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

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

- 1) Виконання восьми практичних робіт;
- 2) Виконання модульної контрольної роботи.

Система рейтингових балів

1. Виконання практичної лабораторної роботи:

- «відмінно» (повне виконання), повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), правильне та своєчасне представлення програмного модуля, оформлення протоколу з наведеною формалізацією, наявність результатів виконання системної індивідуальної задачі, демонстрація вільного володіння теоретичним матеріалом при захисті роботи – 7 балів;
- «добре» (майже повне виконання), достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями, правильне та своєчасне представлення програмного модуля, оформлення протоколу з наведеною формалізацією, наявність результатів виконання системної індивідуальної задачі, демонстрація вільного володіння теоретичним матеріалом при захисті роботи з можливими незначними неточностями і зауваженнями, які були виправлені в процесі виконання роботи – 6 балів;
- «задовільно» (неповне виконання), неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки, обґрунтованості результатів виконання практичного завдання, результатів виконання практичної роботи, відповідь на половину питань з теми роботи під час захисту (не менше 60% потрібної інформації) – 5 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів;

2. виконання та захист модульної контрольної роботи (44 бали - 4 запитання по 11 балів):

- «відмінно» (правильна відповідь), коректне повне, вчасне виконання індивідуальних завдань модульної контрольної роботи, демонстрація вільного володіння теоретичним матеріалом при захисті модульної контрольної роботи (не менше 90% потрібної інформації) - 11 балів (за одне питання);
- «добре» (переважно правильна відповідь), коректне повне, вчасне виконання індивідуальних завдань модульної контрольної роботи, демонстрація вільного володіння теоретичним матеріалом при захисті модульної контрольної роботи з можливими незначними неточностями і зауваженнями, які були виправлені безпосередньо на занятті, (не менше 75% потрібної інформації) – 7-8 балів;
- «задовільно» (неповна відповідь), неповна відповідь, невчасне або зі значними неточностями виконання індивідуальних завдань модульної контрольної роботи, відповідь на половину питань з теми під час захисту модульної контрольної роботи (не менше 65% потрібної інформації)– 5-7 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (неправильна відповідь) – 0 балів.

Кращим студентам можуть додаватися заохочувальні бали за оригінальні нестандартні розв'язки системних задач.

До необов'язкових складових може бути віднесено:

- участь у модернізації практичних робіт;
- доповіді на наукових студентських семінарах, якщо робота мала відношення до курсу «Нейронні мережі»;

За їх виконання студент може отримати до 10 заохочувальних балів (у межах максимального числа 10 заохочувальних балів на повний рейтинг 100 балів).

3. Календарний контроль

За результатами роботи за перші 7 тижнів студент може набрати до 28 балів. На першому календарному контролі (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг балів не менше 14 балів.

За результатами роботи за перші 13 тижнів студент може набрати до 86 балів. На другому календарному контролі (13-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг балів не менше 43 балів.

Максимальна сума балів складає 100 балів. Необхідною умовою допуску до заліку є 40 балів рейтингу за умови виконання і захисту усіх практичних робіт.

4. Залік

Якщо студент виконав усі практичні роботи (набрав мінімум 40 балів), але не отримав мінімально необхідні для заліку 60 балів, то виконує залікову контрольну роботу, яка оцінюється в 100 балів і складається з 4 запитань за усіма темами дисципліни по 25 балів кожне (можливі оцінки за одне питання: 22-25 бали – «відмінно», 18-21 – «добре», 15-17 – «задовільно», 0 – «незадовільно»).

Зі студентами, які отримали 60 балів і більше, але бажають підвищити свою оцінку, проводиться додаткова співбесіда за темами дисципліни.

Сума балів за виконання практичних робіт, здачу модульної контрольної роботи та залік переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.

Бали	оцінка
95-100	відмінно
85-94	дуже добре
75-84	добре
65-74	задовільно
60-64	достатньо
Менше 60	не задовільно
Менше 40	не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Теоретичні питання

Питання до МКР

1. *Що таке штучний нейрон?*
2. *Які типи штучний нейронів ви знаєте?*
3. *Що таке активаційна функція?*
4. *Які типи активаційних функцій ви знаєте? Опишіть їх.*
5. *В чому суть методу зворотного поширення похибки?*
6. *В чому полягає суть пакетного навчання?*
7. *Які сучасні методи навчання багатошарових мереж ви знаєте?*
8. *В чому суть автоасоціативної пам'яті?*
9. *Які задачі розв'язує мережа РБФ?*
10. *Які методи навчання мережі РБФ ви знаєте?*

Питання до заліку

11. *В чому полягає суть методу головних компонентів?*
12. *В чому полягає суть правила навчання Гебба?*
13. *Де використовуються карти Кохонена?*
14. *В чому полягає суть методу Хопфілда для розпізнавання зображень?*
15. *Що лежить в основі згорткових нейронних мереж? Що таке згортка?*
16. *В чому полягає метод навчання згорткових нейронних мереж?*
17. *Яка особливість навчання рекурентних нейронних мереж?*
18. *Опишіть топологію генеративно-змагальної мережі?*
19. *Які задачі розв'язуються генеративно-змагальними мережами?*
20. *Де використовуються автокодувальники?*
21. *Які сучасні методи глибинного навчання?*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склали: д.т.н., професор, Данилов Валерій, к.т.н, доцент, Жиров Олександр

Ухвалено кафедрою ММСА (протокол № 13 від 05.06.2024)

Погоджено Методичною комісією НН ІПСА (протокол № 10 від 24.06.2024)