

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра математичної інформатики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

Кашпур О.Ф.

«2» квітня 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ Згорткові нейронні мережі для візуального розпізнавання/ Convolutional Neural Networks for Visual Recognition

для студентів / for students

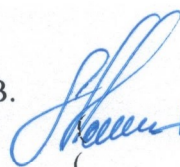
галузь знань	12 “Інформаційні технології”/“Information Technologies”
спеціальність	122 “Комп'ютерні науки”/“Computer Science”
освітній рівень	магістр/masters
освітня програма	Математичні Методи Штучного Інтелекту / Mathematical Methods of Artificial Intelligence
вид дисципліни	вільний вибір студента / free choice

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2019/2020
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	6
Мова викладання, навчання та оцінювання	англійська / English
Форма заключного контролю	іспит/exam

Викладачі: асистент Бобиль Б.В.

Пролонговано: на 2021/2022 н.р.

на 20 /20 н.р.



«11» 02 2021 р.
() « » 20 р.

КИЇВ – 2020

Розробники: **Бобиль Богдан Володимирович**, асистент кафедри математичної інформатики
Терещенко Василь Миколайович, д.ф.-м.н., професор, завідувач кафедри математичної інформатики.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри математичної інформатики

_____ (Терещенко В.М.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 2 від « 2 » квітня 20 20 р.

Схвалено Гарантом освітньо-наукової програми «Математичні методи штучного інтелекту» _____ (Завадський І.О.)

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від « 2 » квітня 20 20 року № 9
Голова науково-методичної комісії _____ (Омельчук Л.Л.)
(підпис)
« 2 » квітня 20 20 року

1. Мета дисципліни «Згорткові нейронні мережі для візуального розпізнавання/ Convolutional Neural Networks for Visual Recognition» - ознайомлення студентів з основами згорткових нейронних мереж, як однієї із основних галузей штучного інтелекту, та сучасними методами розв'язання задач комп'ютерного зору і обробки зображень, включаючи одержання семантичної і метричної інформації із зображень. Підготувати студента до ефективного використання сучасних методів таких, як методи машинного навчання для створення систем штучного інтелекту у подальшій професійній діяльності; допомогти набутти навичок практичної роботи із сучасними програмними засобами для побудови інтелектуальних моделей.

/

Discipline aim. The aim of the discipline is to acquaint students with the basics of convolutional neural networks as one of the main branches of artificial intelligence, and modern methods for solving problems of computer vision and image processing, including obtaining semantic and metric information from images. To prepare the student for the effective use of modern methods such as machine learning methods to create artificial intelligence systems in further professional activities; help to acquire skills of practical work with modern software for building intelligent models.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. *Знати:* базову дисципліну - «Машинне навчання», основні відомості з дисциплін «Математичний аналіз», «Лінійна алгебра і геометрія», «Теорія ймовірностей і математична статистика», «Програмування», «Обчислювальна геометрія та комп'ютерна графіка», «Алгоритми і структури даних»,.

2. *Вміти:* розробляти, аналізувати та застосовувати алгоритми та програмне забезпечення для розв'язання завдань та прикладних задач, використовуючи сучасні методи розробки програм.

/

1. *To know:* the basic discipline - "Machine Learning", basic information on disciplines "Mathematical Analysis", "Linear Algebra and Geometry", "Probability Theory and Mathematical Statistics", "Programming", "Computational Geometry and Computer Graphics", "Algorithms and Data Structures".

2. *To be able to:* develop, analyze and apply algorithms and software to solve problems and applied tasks using modern software development methods.

3. Анотація навчальної дисципліни / Synopsis of the course:

Навчальна дисципліна «Згорткові нейронні мережі для візуального розпізнавання/ Convolutional Neural Networks for Visual Recognition» є складовою освітньо-наукової програми підготовки фахівців за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», освітньої програми «Математичні методи штучного інтелекту». Вона є базовою дисципліною вузів, які спеціалізуються у галузі інформаційних та комп'ютерних технологій, а також ефективний інструмент розв'язування наукових та інженерних задач.

/

The discipline "Convolutional Neural Networks for Visual Recognition" is a component of the educational-scientific training program at the educational-qualification level "Master" in the field of knowledge 12 "Information Technology" specialty 122 "Computer Science", educational program "Mathematical methods of artificial Intelligence". It is a basic discipline

of universities specializing in information and computer technology, as well as an effective tool for solving scientific and engineering problems.

4. Завдання (навчальні цілі) / Objectives of study: оволодіти згортковими нейронними мережами як одним із сучасних провідних наукових напрямків штучного інтелекту, а також оволодіти технологією розв'язання широкого класу задач науки та техніки (зокрема, задач розпізнавання зображень, пошуку рішень, комп'ютерного зору, інтелектуального управління) за допомогою методів, підходів та алгоритмів комп'ютерного зору.

Набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень у комп'ютерній лінгвістиці, відповідно до кваліфікації фахівців з інформаційних технологій. Зокрема, розвивати:

- здатність систематизувати професійні знання щодо створення і супроводження програмного забезпечення (СК19.1);
- здатність до проектування та реалізації систем штучного інтелекту (СК21.1);
- здатність спілкуватися іноземною мовою;
- здатність використовувати інтелектуальні інформаційні технології машинного навчання;
- здатність до проектування та реалізації систем штучного інтелекту.

/

Objectives (learning objectives): to master convolutional neural networks as one of the modern leading scientific directions of artificial intelligence, and also to master technology of the decision of a wide class of problems of science and technology (in particular, problems of image recognition, search of decisions, computer sight, intellectual management) by means of methods, approaches and algorithms of computer vision.

In particular it aims to develop:

- ability to systematize professional knowledge on software creation and maintenance (SC19.1);
- ability to design and implement artificial intelligence systems (SC21.1);
- ability to communicate in a foreign language;
- ability to use intelligent information technologies of machine learning;
- ability to design and implement artificial intelligence systems.

5. Результати навчання за дисципліною/ Results of learning:

Результат навчання (РН) (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)	Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)		Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН 1.1 / LO 1.1	Знати постановку основних задач обробки зображень / To know the formulation of the main tasks of image processing	Лекція / Lecture	Контрольна робота 1, Активна робота на лекції, усні відповіді, іспит /	20%
РН 1.2/ LO 1.2	Знати основні підходи до розв'язання задач комп'ютерного зору /	Лекція / Lecture	Test work, Active work on lectures, oral answers, exam	

	To know the basic approaches to solving computer vision problems			
PH 1.3/ LO 1.3	Знати основні поняття та методи машинного навчання\ To know the basic concepts and methods of machine learning	Лекція / Lecture	Контрольні робота 2 і 3, Активна робота на лекції, усні відповіді, іспит / Test work, Active work on lectures, oral answers, exam	20%
PH 1.4/ LO 1.4	Знати основні поняття та принципи роботи штучних нейронних мереж / To know the basic concepts and principles of artificial neural networks	Лекція / Lecture		
PH 2.1/ LO 2.1	Вміти проводити аналіз задачі обробки та розпізнавання зображень для вибору найкращого методу її розв'язання/ Be able to analyze the problem of image processing and recognition to choose the best method for solving it	Лекція, самостійна робота/ Lecture, individual work	Контрольні роботи 1,2,3, Виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит / Test work, Execution of tasks assigned to individual work, exam	20%
PH 2.2/ LO 2.2	Вміти формулювати професійні завдання на мові машинного навчання і основі формулювань базових задач комп'ютерного зору/ Be able to formulate professional tasks in the language of machine learning and on the basis of formulations of basic problems of computer vision	Лекція, самостійна робота/ Lecture, individual work	Контрольні роботи 1,2,3, Виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит / Test work, Execution of tasks assigned to individual work, exam	20%
PH 2.3/ LO 2.3	Вміти застосовувати методи комп'ютерного зору для розв'язання прикладних задач/ Be able to apply computer vision methods to solve applied problems	Лекція, самостійна робота/ Lecture, individual work	Контрольні роботи 1,2,3, Виконання завдань, винесених на самостійну роботу, іспит / Test work, Execution of tasks assigned to individual work, exam	20%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання / Correspondence between learning results and program study results

Результати навчання дисципліни	PH 1.1	PH 1.2	PH 1.3	PH 1.4	PH 2.1	PH 2.2	PH 2.3
Програмні результати навчання							
<i>(з опису освітньої програми)</i>							
ПРН17.1. Демонструвати знання методів інтелектуального аналізу даних та штучного інтелекту, що включають методи комп'ютерної лінгвістики та комп'ютерного зору. / PLO17.1. Demonstrate knowledge of data mining and artificial intelligence techniques, including computer linguistics and computer vision.	+	+	+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: PH1.1, PH1.2, PH1.3, PH1.4 – 5 балів / 3 бали;
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: PH2.1, PH2.2, PH2.3 – 10 балів / 6 балів;
3. Контрольна робота 1: PH1.1, PH1.2, PH2.1, PH2.2, PH2.3 – 15 балів / 9 балів;
4. Контрольна робота 2: PH1.3 PH2.1, PH2.2, PH2.3 – 15 балів / 9 балів;
5. Контрольна робота 3: PH1.4 PH2.1, PH2.2, PH2.3 – 15 балів / 9 балів;

- підсумкове оцінювання / final evaluation:

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом / maximum points: 40 балів;
- результати навчання які будуть оцінюватись / learning outcomes that are evaluated: PH 1.1 – PH 1.4, PH 2.1-2.3;
- форма проведення / form of holding: письмова форма / written work.

Структура екзаменаційної роботи та критерії оцінювання / Structure of examination work and evaluation criteria:

1. Теоретичне запитання / theoretical task (PH 1.1 – PH 1.2).
2. Теоретичне запитання / theoretical task (PH 1.3 – PH 1.4).
3. Задача / problem (PH 2.1, 2.2).
4. Задача / problem (PH 2.1, 2.3).

Критерії оцінювання екзаменаційної роботи / Criteria for evaluating the examination work

Завдання	Вид завдання	Максимальний бал (відсоток)	Всього балів (відсотків)
Завдання 1, 2 / Tasks 1,2	Теоретичне запитання / theoretical task	по 10 балів (25 %)	20 балів (50 %)
Завдання 3 / Task 3	Задача / problem	9 балів (22.5 %)	9 балів (22.5 %)
Завдання 4 / Task 4	Задача / problem	11 балів (27.5 %)	11 балів (27.5 %)
Всього / total			40 балів (100%)

Студент допускається до екзамену якщо семестрі набрав не менше ніж 36 балів та отримав не менше мінімальної порогової кількості балів за поточне оцінювання та контрольні роботи / The student is admitted to semester exam if scored at least 36 points and received at least the minimum threshold number of points for ongoing evaluation and tests.

Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит має бути не менше 24 балів / For general positive assessment of the course grade for the exam must be at least 24 points.

/

1. Active work in the classroom, oral answers: LO1.1, LO1.2, LO1.3, LO1.4 – 5 points / 3 points;
2. Execution of tasks assigned to individual work: LO2.1, LO2.2, LO2.3 – 10 points / 6 points;
2. Test 1: LO1.1, LO1.2, LO2.1, LO2.2, LO2.3 – 15 points / 9 points;
3. Test 2: LO1.3, LO2.1, LO2.2, LO2.3 – 15 points / 9 points;
4. Test 3: LO1.4, LO2.1, LO2.2, LO2.3 – 15 points / 9 points.

- Credit points are defined as the sum of grades / points for all successfully assessed learning outcomes provided by this program.
- Scores below the minimum threshold are not added.
- The minimum threshold for the total assessment of all components is 60% of the maximum possible number of points.

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення форм оцінювання:

1. *Активна робота на лекції, усні відповіді:* протягом семестру;
2. *Виконання завдань, винесених на самостійну роботу:* протягом семестру;
3. *Контрольна робота 1:* до 5 тижня семестру.
4. *Контрольна робота 2:* до 10 тижня семестру.
5. *Контрольна робота 3:* до 14 тижня семестру.

Студент має право на одне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 80% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

/

Terms of evaluation forms:

1. *Active work in the classroom, oral answers:* during the semester;
2. *Execution of tasks assigned to individual work:* during the semester;
2. *Test 1:* up to 5 weeks of the semester.
3. *Test 2:* up to 10 weeks of the semester.
4. *Test 3:* up to 14 weeks of the semester.

The student has the right to one retake of each test with the possibility of obtaining a maximum of 80% of the points initially determined for this test. The term of reassembly is determined by the teacher. In case of absence of a student for valid reasons working off and transfer of tests are carried out according to "Regulations on the order of an estimation of knowledge of students at the credit-modular system of the organization of educational process" from October 1, 2010.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних та лабораторних занять / The discipline structure. Lectures and Labs curriculum

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Семінари/лабораторні	Самостійна робота
Частина I. Компоненти нейронної мережі/ Module I. “Components of a neural network”				

1	Тема 1. Вступ до штучних нейронних мереж/ Introduction to artificial neural networks. <i>Самостійна робота:</i> Провести аналіз програми і змісту курсу та рекомендованої літератури. / Theme 1. Introduction to artificial neural networks. <i>Individual work:</i> To analyze the program and course content, as well as recommended literature.	2		12
2	Тема 2. Цифрове зображення. Принцип роботи цифрової камери. Моделі кольорів (RGB, YUV, HSV) <i>Самостійна робота:</i> Описати приклади зображень моделями за допомогою RGB та HSV. Порівняти моделі. / Theme 2. Digital image. The principle of the digital camera. Color models(RGB, YUV, HSV). <i>Individual work:</i> To describe examples of image models using RGB and HSV. Compare models.	2	2	16
3	Тема 3. Лінійний та згортковий шари нейронної мережі. <i>Самостійна робота:</i> Для прикладів зображень застосувати згортковий шар та лінійний шар. / Theme 3. Linear and convolutional layers of a neural network. <i>Individual work:</i> To apply linear and convolutional layers to examples of images.	2		14
4	Тема 4. Функції активації, методи зменшення просторової розмірності розмірності. <i>Самостійна робота:</i> Застосовувати функції активації та методи зменшення розмірності - max pooling, average pooling. / Theme 4. Activation functions and spatial downsampling methods. <i>Individual work:</i> To apply activation functions and downsampling methods - max pooling, average pooling.	2	2	14
Контрольна робота 1 / Control work 1		2		
Частина II. Тренування нейронних мереж та оцінка якості/ Module II. Training and evaluation of neural networks				
5	Тема 5. Поняття функції втрат, основні типи алгоритмів навчання. <i>Самостійна робота:</i>	2	2	14

	Застосувати необхідну функцію втрат відповідно до задачі, обрати необхідний метод навчання та виставити необхідні параметри для збіжності. / Theme 5. Loss functions, main types of learning algorithms. <i>Individual work:</i> Apply loss functions and setup applicable learning algorithm for the task.			
6	Тема 6. Основні метрики для оцінки якості - точність, precision, recall, PR-крива, кросс-валідація. <i>Самостійна робота:</i> Опрацювати методи оцінювання якості. / Theme 6. Main evaluation metrics - accuracy, precision, recall, PR-curve, cross-validation <i>Individual work:</i> To develop methods of evaluation.	2	2	14
7	Тема 7. Підготовка навчальної та тестової вибірки. <i>Самостійна робота:</i> Опрацювати методи підготовки вибірок даних. / Theme 7. Preparation of training and testing datasets <i>Individual work:</i> To develop methods of dataset preparation.	2		14
8	Тема 8. Поняття перенавчання, методи стабілізації процесу навчання та покращення збіжності. <i>Самостійна робота:</i> Опрацювати алгоритми покращення збіжності. / Theme 8. Overfitting, stabilization methods for training. <i>Individual work:</i> To develop algorithms for training stabilization.	2	2	14
<i>Контрольна робота 2 / Control work 2</i>		2		
Частина III. Огляд сучасних архітектур нейронних мереж/ Module III. Review of modern neural network's architectures				
9	Тема 9. Основні задачі з використанням згорткових нейронних мереж. <i>Самостійна робота:</i> Опрацювати основні задачі комп'ютерного зору, для рішення яких використовуються згорткові нейронні мережі. / Theme 9. The main tasks convolutional networks applied for. <i>Individual work:</i> To develop the main tasks of computer vision convolutional neural networks applied for.	3	2	12
10	Тема 10. Огляд основних архітектур - VGG, ResNet, Inception, EfficientNet, MobileNet	3	2	12

<i>Самостійна робота:</i> Опрацювати основні типи архітектур. / Theme 10. Review of the main architectures - VGG, ResNet, Inception, EfficientNet, MobileNet. <i>Individual work:</i> To develop the main types of architectures.			
<i>Контрольна робота 3 / Control work 3</i>	2		
ВСЬОГО	28	14	136

Загальний обсяг 180 *годин*, в тому числі:

Лекцій – 28 *годин*,

Лабораторних – 14 *годин*,

Консультації – 2 *годин*,

Самостійна робота – 136 *годин*.

9. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Основні / Main:

1. Ian Goodfellow. Deep Learning, MIT Press, 2017
2. Richard Szeliski. Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, 2010
3. Дэвид А. Форсайт, Жан Понс. Компьютерное зрение. Современный подход, 2004
4. Линда Шапиро, Джордж Стокман. Компьютерное зрение. Лаборатория знаний. 2013
5. Stephen Marsland. Machine Learning: An Algorithmic Perspective, 452 p., 2015.
6. Christopher M Bishop. Pattern recognition. Machine Learning, 128 p., 2006.
7. Ethem Alpaydin. Introduction To Machine Learning, 584 p., 2009.
8. Tom M. Mitchell. Machine Learning [<http://www.cs.cmu.edu/~tom/mlbook.html>]
9. Yaser S. Abu-Mostafa. Learning from data, 215 p., 2017
10. Alex Smola. Introduction to Machine Learning, 234 p., 2008.
11. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. – М.: Вильямс, 2005. – 864 с.
12. Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference and Prediction, 764 p., 2008.

Додаткові / Additional:

13. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 452 с.
14. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход . – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.
15. Simon J.D. Prince. Computer Vision: Models, Learning, and Inference.- Cambridge: Cambridge University Press. - 567 p.- 2017.[<http://www.cambridge.org/>].
16. Andrej Karpathy. The unreasonable effectiveness of recurrent neural networks. <http://karpathy.github.io/2015/05/21/rnn-effectiveness/>, 2015. Online; accessed 11-December.
17. Andrew Moore. Statistical Data Mining Tutorials [<http://www.autonlab.org/tutorials/>]
18. Pierre Baldi and Søren Brunak. Chapter 6. Neural networks: applications. In Bioinformatics: The Machine Learning Approach. MIT press, 2001.