

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра штучного інтелекту та програмного забезпечення



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор
з науково-педагогічної роботи

Олександр ГОЛОВКО

» _____ 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Нейронні мережі

рівень освіти	вищої	перший (бакалаврський) рівень
галузь знань		12 Інформаційні технології
спеціальність		122 Комп'ютерні науки
освітня програма		Комп'ютерні науки
спеціалізація		
вид дисципліни		за вибором
факультет		комп'ютерних наук

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету комп'ютерних наук
«29» серпня 2022 року, протокол № 14

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри штучного інтелекту та програмного забезпечення **Куклін Володимир Михайлович**;
старший викладач кафедри штучного інтелекту та програмного забезпечення **Гуцін Іван Валерійович**

Програму схвалено на засіданні кафедри штучного інтелекту та програмного забезпечення
Протокол від «29» серпня 2022 року, протокол № 1

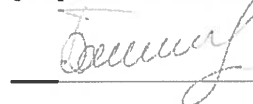
Завідувач кафедри штучного інтелекту та програмного забезпечення



Володимир КУКЛІН

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютерні науки»

Гарант освітньої програми «Комп'ютерні науки»



Сергій БОГУЧАРСЬКИЙ

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук
Протокол від «29» серпня 2022 року, протокол № 1

Голова науково-методичної комісії факультету комп'ютерних наук



Анатолій БЕРДНІКОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Нейронні мережі» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Мета дисципліни – формування системи теоретичних знань і практичних навичок з основ створення та експлуатації нейронних мереж. Навчити принципам формування архітектури нейронних мереж. Проаналізувати методи навчання нейронних мереж. Дати уявлення та сформулювати принципи функціонування складних нейронних мережах, що працюють з природними мовами.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

- Отримання студентами знань та умінь з вибору архітектури нейронних мереж.
- Придбання студентами знань та умінь по методам навчання нейронних мереж, формуванню запитів та основ експлуатації нейронних мереж.
- Напрацювання студентами практичних навичок роботи з простими нейронними мережами.
- Пояснення студентам принципів формування та використання інформаційних технологій у складі нейронних мереж, що працюють з природними мовами.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні компетентності.

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні задачі та вирішувати практичні завдання під час професійної діяльності в комп'ютерній галузі, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов вимог.

Загальні компетентності (ЗК).

- ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК)

- СК02. 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.

1.3. Кількість кредитів - 4

1.4. Загальна кількість годин - 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
7-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
56 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання:

знати:

- принципи побудови архітектури простих нейронних мереж;
- методи навчання нейронних мереж, зокрема з вчителем та без нього;
- основні типи елементів нейронних мереж, що забезпечують організацію асоціативної пам'яті, використання методів акредитації, літеральних зв'язків між нейронами;
- структури оберного зв'язку, які треба використовувати для посилення, чи ослаблення характеристик мережі. в якій архітектурі мереж це використовується;
- принципи функціонування технологій та методів, що використовуються в нейронних мережах, які працюють з природними мовами.

вміти:

- робити вибір архітектури нейронної мережі, відповідно до поставленої задачі;
- проводити порівняння характеристик можливих мереж, які можна використати для рішення даної задачі. пояснити зроблений вибір нейронної мережі;
- проаналізувати характеристики нейронної мережі, та оцінити ефективність її використання;
- оцінювати якій спосіб навчання з вчителем, або без вчителя потрібен для виконання конкретних задач;
- налаштовувати навчання вибраної нейронної мережі.

В результаті вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні програмні результати навчання (ПРН).

- ПРН 4.Знати та розуміти вплив технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті;
- ПРН 14.Вміти поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціальності з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Прості нейронні мережі.

Тема 1. Поява нейронних мереж. Методи рішення інтелектуальних задач.

Вступ. Історичний огляд. Методи рішення інтелектуальних задач. Знання и метазнання. Пряма и оборотна дедукція. Семантична павутина. Поява нейронних мереж. Період домінування нейропсихологів та нейролінгвістів. Прості моделі нейрона, активаційна функція. Персептрони.

Тема 2. Навчання простих нейронних мереж.

Навчання з вчителем. Навчальна виборка задач з рішеннями. Корекція помилки. Метод оборотного розповсюдження помилки. Оптимізація за рахунок градієнтного ходу. Алгоритми навчання. Навчання без вчителя, метод модифікації синапсів. Методи конкуренції - вибір нейрона, який виграв. Роль експертизи у навчанні нейронних мереж.

Тема 3. Набори ідей формування нейронних мереж. Допоміжні мережеві системи.

Персептрони, мережі Кохонена, Хопфілда, Хеммінга. Мережі MAXNET. Нейрони Гросберга. Особливості автоасоціативної пам'яті, принципи акредитації. Оборотні зв'язки.

Тема 4. Пам'ять нейронних мереж. Проблеми простих нейронних мереж.

Двонаправлена асоціативна пам'ять. Мережа Коско. Адаптивна -резонансна теорія. Методи попереднього навчання, методика Дж. Хінтона Dropout, проблеми перенавчання. Повнота рішень. Як ця проблема вирішена в великих нейронних мережах.

Тема 5. Типи знань. Історія розвитку складних та альтернативних нейронних мереж.

Зими штучного інтелекту. Нейронні мережі - спроба використати підказки природи. Формалізоване та неформалізоване знання. Дані, що погано формалізуються. Відмова від повноти. О подібності нейронних мереж та алгоритмів нечіткої логіки. Нечіткі нейрони. Нечіткі нейронні мережі.

Тема 6. Багатопараметричні системи. Вплив оборотного зв'язку.

Багато параметричні середовища та системи. Роль оберних зв'язків. Загальні правила багатопараметричних нелінійних систем. Автомодельні рішення.

Тема 7. Машини Больцмана, марковські моделі.

Підходи до навчання великих нейронних мереж. Використання машини Больцмана. Використання марковської моделі навчання. Навчання на основі набору рішень.

Тема 8. Методи рішення систем інтегро-диференційних рівнянь.

Особливості використання мереж для рішення систем рівнянь. Підходи з випадковою вибіркою доменів. Можливості верифікації

Розділ 2 . Розвиток складних нейронних мереж.

Тема 1. Розвиток методів машинного навчання.

Нейронні мережі в умовах технічного прогресу. Рекурентні нейронні мережі. Мережі типу довга короткострокова пам'ять. Порівняння з природним інтелектом.

Тема 2. Поява теорій глибокого навчання.

Поява теорій глибокого навчання. Характер навчання, обмеження цього підходу. Формальні прості методи опису .

Тема 3. Принципи методів обробки текстів природної мови. Процедури занурення.

Нейромережеві мовні моделі. Алгоритми NLP. Векторні представлення текстових даних. Оптимізація.

Тема 4. Лінійна класифікація тексту та мови. Токенізація

Морфологічний аналіз (стемінг та лематизація). Лексичний аналіз (токенізація та пошук стоп- слів). Синтаксичний аналіз(маркування частин мови та їх залежності). Семантичний аналіз (розпізнавання сутностей, відносин, подій та семантичних ролей).

Тема 5. Кодування сенсу слів в векторах малої розмірності.

Представлення тексту у векторній формі (функція виділення ознак). Технології виділення ознак: унітарне кодування, модель «мішку слів», метрика відношення частоти слова до оберненої частоти документу, позначення частоти слова у тексті (метод TF-IDF), метод точкової взаємної інформації, т. і.

Тема 6. Підходи до виявлення потрібної теми в текстовому масиві.

Метрики згуртованості та узгодженості. Вивчення структури, відносин і сенсу. Міра для кластеризації слів, на основі спільного значення. Створення предикатів. Формування їх заперечень.

Тема 7. Машинний аналіз текстів.

Генерація та обробка тексту за допомогою мовних моделей. Оцінка ефективності мовних моделей (за допомогою метрик перплексивності, крос-ентропії). Задачі обробки природної мови: NLU – задачі аналізу тексту, NLG – задачі генерації тексту.

Тема 8. Лексичні ресурси. Лічильники слів. Оптимізація та регуляризація при навчанні мережі.

Допоміжні ресурси, словники, бази семантичних даних. Технології лічильників, технології регуляризації та оптимізації (вирішення проблем перенавчання). Їх особливості, методи використання.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усьог о	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Прості нейронні мережі						
Тема 1. Поява нейронних мереж. Методи рішення інтелектуальних задач.	6	2	2			2
Тема 2. Навчання простих нейронних мереж.	6	2	2			2
Тема 3. Набори ідей формування нейронних мереж. Допоміжні мережеві системи.	8	2	2			4
Тема 4. Пам'ять нейронних мереж. Проблеми простих нейронних мереж.	8	2	2			4
Тема 5. Типи знань. Історія розвитку складних та альтернативних нейронних мереж.	8	2	2			4
Тема 6. Багато-параметричні системи. Вплив оборотного зв'язку.	8	2	2			4
Тема 7. Машини Больцмана, марковські моделі.	8	2	2			4
Тема 8. Методи рішення систем інтегродиференціальних рівнянь.	8	2	2			4
Разом за розділом 1	60	16	16	0	0	28
Розділ 2. Розвиток складних нейронних мереж						
Тема 1. Розвиток методів машинного навчання.	6	2	2			2
Тема 2. Поява теорій глибокого навчання.	6	2	2			2
Тема 3. Принципи методів обробки текстів природної мови. Процедури занурення.	8	2	2			4
Тема 4. Лінійна класифікація тексту та мови. Токенізація	8	2	2			4
Тема 5. Кодування сенсу слів в векторах малої розмірності.	8	2	2			4
Тема 6. Підходи до виявлення потрібної теми в текстовому масиві.	8	2	2			4
Тема 7. Машинний аналіз текстів.	8	2	2			4
Тема 8. Лексичні ресурси. Лічильники слів. Оптимізація та регуляризація при навчанні мережі.	8	2	2			4
Разом за розділом 2	60	16	16	0	0	28
Усього годин	120	32	32	0	0	56

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Навчання з вчителем. Основні підходи	4
2	Метод зворотного поширення помилки. Теорія.	4
3	Навчання без вчителя. Сигнальний метод Хебба	4
4	Алгоритм Кохонена. Трансфертне навчання.	2
5	Перцептрони простих та складних мереж.	2
6	Мережі Хоптфілда та Хеммінга.	6
7	Допоміжні мережеві пристрої.	4
8	Мережі Коско та АРТ. Асоціативна пам'ять.	6
	Разом	32

5. Індивідуальні завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Штучна нейронна мережа з використанням нечіткої логіки та зв'язок з штучним інтелектом. Визначте математичне опис нечітких нейронів. Покажіть за яким принципом відбувається формування шарів нейронної мережі на основі нечіткої логіки. Чому говорять про єднання експертних систем і нейронних мереж? Який прогрес в створенні нейронних мереж та експертних систем на основі нечіткої логіки спостерігається зараз.	10
2	Механізми упізнання. Принцип роботи перцептрона. Історія та сучасне використання. Показати як нейронна мережа-перцептрон формує поняття- області зосередження даних про однотипні предмети та явища. Що ви знаєте про системи упізнання в аеропортах в великих скупченнях людей. Основний зміст цього приладу - впізнання і ідентифікація. Що для цього потрібне.	10
3.	В чому складність налагодження великих нейронних мереж? Чому нема застережень при піднятті складності нейронних мереж? Чи можна це коректно робити? Чому ще не зрозуміло як краще це робити. Як в сучасності налагоджують нейронні мережі, що спілкуються з людьми в мережі Інтернет? Математики кажуть, що підвищення їх складності приведе до генерації зразу багатьох можливих рішень, до втрати однозначності. Чомусь така практика не лякає програмістів, в чому тут справа?	12
4.	Інструменти навчання гігантських нейронних мереж Поясніть в чому сенс системи пілотних дебатних програм Фонду «Відкрите суспільство». Як використовуються технології II і різні лінгвістичні функції, як створюються правила для визначення ефективного заперечення, як робиться пошук фрагментів тексту з документів, які підтверджують запит і т. і. Що таке iDebate2, кажуть це база даних спірних тем. Як це?	12
5.	Поясніть що це за програми - Machine reading comprehension (MRC), Machine listening comprehension (MLC), Automatic speech recognition (ASR), Question answering (QA). Може це розумне машинне читання, машинне розуміння, авторозпізнавання мови, т. і. В якому стані розробки цих програм та підходів.	12
	Разом	56

6. Допоміжні індивідуальні завдання

Для студентів, які навчаються відповідно до індивідуального плану, лекторами можуть видані допоміжні індивідуальні завдання, в залежності від їх рівня підготовки та умов праці. Розробляються ці допоміжні завдання відповідно темам занять.

7. Методи навчання

На досягнення освітніх цілей спрямовані такі методи навчання студентів:

– практичні (використовують для пізнання дійсності, формування навичок і вмінь, поглиблення знань. Під час їх застосування використовуються такі прийоми: планування виконання завдання, постановка завдання, оперативне стимулювання, контроль і регулювання, аналіз результатів, визначення причин недоліків);

– пояснювальне-ілюстративний (використовують для викладання й засвоєння нового навчального матеріалу, фактів, підходів, оцінок, висновків тощо);

– репродуктивний (для застосування студентами вивченого на основі зразка або правила, алгоритму, що відповідає інструкціям, правилам, в аналогічних до представленого зразка ситуаціях);

Як правило лекційні та практичні заняття проводяться аудиторне. В умовах дії карантину заняття проводяться відповідно до Наказу ректора Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (аудиторне або дистанційно за допомогою платформ Google Meet або Zoom).

8. Методи контролю

На протязі усього терміну викладання означеної дисципліни проводиться поточний контроль засвоєння лекційного матеріалу (контроль знань) та контроль здобуття практичних навичок (контроль вмінь). Підсумковий семестровий контроль також дозволяє контролювати як одержані знання так і набуті вміння:

- після закінчення викладання кожного модуля курсу контроль знань проводиться у вигляді захисту самостійних робіт та комп'ютерного тестування по матеріалам модуля.
- виконання самостійних робіт у відведений термін виконання кожної роботи.

9. Схема нарахування балів

Підсумковий розрахунок результатів семестрового контролю з урахуванням залікової роботи

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання, залік				Сума
Розділ 1 Відповіді на контрольні питання- тести	Розділ 2 Відповіді на контрольні питання - тести Відповіді на тести	Індивідуальне завдання	залік	
Т 1-Т 8	Т 1-Т 8			
20	20	20	40	100

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ УСПІШНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Протягом семестру студент має відповісти на 2 контрольних тесту, відповідно з першого та другого розділу навчального плану. Ці тести передбачені навчальним планом підготовки. Питання, що включено у тести, обговорюються на заняттях, однак тести до початку контролю у явному вигляді не представлено і вони змінюються кожній рік.

Критерії оцінювання знань студентів за виконання тесту

Визначення	Кількість балів
Завдання контрольного тесту виконано повністю, зроблені повні і правильні висновки.	20/100%
Завдання контрольного тесту виконано частково, 60-70%	15
Завдання контрольного тесту виконано не повністю, 25-30%	10
Завдання контрольного тесту не виконано	0

Критерії оцінювання індивідуальних завдань

Протягом семестру студент має виконати індивідуальне завдання за відповідними темами. Кожне завдання складається з теорії та відповідного прикладу(його можна найти з лекцій та практичних занять) і оцінюється в 20 балів. Таким чином, загалом за індивідуальні завдання можна отримати 20 балів.

Критерії оцінювання знань студентів за виконання індивідуальне завдання завдань

Визначення	Кількість балів
Завдання виконано повністю, дані повні відповіді на кожне практичне питання, показано тверде знання навчального матеріалу, розуміння суті поставлених питань, зроблені повні і правильні висновки.	20
Завдання виконано, мають місце деякі недоліки та незначні помилки повністю, дані повні відповіді на кожне практичне питання, показано тверде знання навчального матеріалу, розуміння суті поставлених питань, зроблені повні і правильні висновки.	15
Завдання виконано не повністю, дані не повні відповіді на кожне практичне питання, недостатнє знання навчального матеріалу.	10
Завдання виконано не більш ніж на 10%, не дані повні відповіді на кожне практичне питання, поверхні або відсутні знання навчального матеріалу.	5
Завдання не виконано	0

Критерії оцінювання виконання письмового заліку

В кінці семестру студент має скласти письмовий іспит. Іспит складається в аудиторії. Він розрахований на 1 пару (80 хвилин), складається з двох питань: теоретичного питання та задачі. Необхідно дати детальну відповідь на питання та правильно розв'язати задачу. Іспит оцінюється у 40 балів.

– повна, розгорнута відповідь, що містить приклади та додаткові відомості, які були опрацьовані протягом семестру несамотійній роботі, правильно розв'язана задача з детальними поясненнями розв'язання – 100% від запланованої кількості балів за питання;

- повна, але не розгорнута відповідь, відсутність достатньої кількості прикладів, правильне розв’язання задачі без детального пояснення ходу розв’язання – 90% від запланованої кількості балів за питання;
- повна, але не розгорнута відповідь, що містить незначні помилки чи неточності, правильне розв’язання задачі, без деталізації, або яке містить деякі неточності – 80% від запланованої кількості балів за питання;
- неповна відповідь, що не містить критичних помилок, правильне розв’язання задачі з деякими дрібними помилками – 70% від запланованої кількості балів запитання;
- неповна відповідь, що містить істотні, але не критичні помилки або невизначеність і, розв’язання задачі містить некритичні помилки, хід розв’язання задачі правильний – 50 % від запланованої кількості балів за питання;
- відповідь, що в цілому вірна, але містить критичну помилку чи невизначеність, розв’язання задачі містить помилки, порушується правильний хід розв’язання задачі – 25 % від запланованої кількості балів за питання;
- відповідь не вірна, або відповідь відсутня, задача розв’язана не правильно, або розв’язання відсутнє – оцінюється в 0 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

Питання для самоконтролю

Розділ 1.

1. Скільки входів та виходів у штучного нейрона.
2. Що таке активаційна функція? Що вона повинна робити?
3. Чому навчання мережи називають параметричною оптимізацією?
4. Що таке мережа прямого розповсюдження. Як її ще називають?
5. Навчання з вчителем, що це означає, хто є вчителем?
6. Як можна навчати без вчителя? Чому це називають класифікацією?
7. Поясніть що таке градієнтний спуск? Про який градієнт йдеться?
8. Що стохастичного в стохастичному градієнтному спуску?
9. Формування кластерів, або нейрона, що виграв, у вихідному шарі мережі. Про що йде мова?
10. Що таке недостатнє вчення?
11. В чому бачать недоліки дуже точного навчання?
12. Поясніть що таке регуляризація.
13. Що можна сказати про трансфертне навчання?
14. В чому полягає акредитація Кохонена?
15. Які допоміжні мережеві системи ви знаєте?
16. Асоціативна пам’ять. Які прості мережі з такою поняттю вам відомі?

Розділ 2.

1. Що можна сказати про архітектуру рекурентної мережі?
2. Поясніть процедуру зворотки в відповідній мережі.
3. Рекурсивні та рекурентні мережі, що їх відрізняє, а що об’єднує?
4. Критерії оцінки мережі?

5. Машинне навчання, глибоке навчання, що їх об'єднує?
6. Для чого вхідні дані переводять в векторну форму?
7. Що таке шар, що робить погортає дані кодування, яке стискує дані в мережах, що працюють з природною мовою?
8. Яка роль лексичних фондів та ресурси. Які лексичні ресурси вам знайомі?
9. Процедури векторизації для набору (корпусу) слів. Про що йдеться?
10. Ембендінг- навчальні моделі на великих корпусах. Чому вони важливі?
11. Вікіфікація – як вона працює у Вікіпедії?
12. Дистрибутивна гіпотеза мови та аналіз вікна – у контексті, як це використовується в семантики?
13. Навчання мереж за допомогою графічних процесорів. Поясніть, про що йде мова?
14. Що таке лематизація і стемінг?
15. Поясніть популярний метод векторизації Word2Vec.
16. Які можливості популярної бібліотеки для обробки тексту на природній мові Apache OpenNLP?

10. Рекомендована література

1. Гущин І. В. Вступ до методів організації та оптимізації нейромереж : навчальний посібник / В. Гущин, О. В. Киричок, В. М. Куклін. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2021 – 152 с
2. Hecht-Nielsen R. Kolmogorov's Mapping Neural Network Existence Theorem, IEEE First Annual Int. Conf. on Neural Networks, San Diego, 1987, Vol. 3, pp. 11–13.
3. Гущин І.В. Моделювання фізичних процесів із використанням технології CUDA : монографія / І. В. Гущин, В. М. Куклін, О. В. Мішин, О. В. Приймак. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2017. – 116 с.
4. Куклін В. М. Подання знань і операції над ними; навчальний посібник. / В. М. Куклін. Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. 164 с.
5. Гущин, І., Яновський, В., Куклін, В., Мішин, О., Поклонський, Є., Севидов, С., & Спорів, О. (2021). Комп'ютерне моделювання - новий метод досліджень у природничих науках. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління», 50, 37-48. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2021-50-03>
6. Гущин І.В, Куклін В.М., О.В. Мішин О.В.. Нейронні мережі в сучасну епоху/ Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління», випуск 50, 2021 стор. 49-58.
7. В. М. Куклін «Перспективи використання нейронних мереж»: презентація (<http://www-csd.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/2017/09/Perspektivi-vikoristannya-nejronnih-merezh.pdf>).
8. Kuklin V.M. Will the artificial intelligence help us?/ CS&CS, 2016. Issue 4(4). p. 35-41. <http://periodicals.karazin.ua/cscs/issue/view/576/showToc>