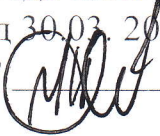


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВАДИМА ГЕТЬМАНА

Навчально-науковий інститут
«Інститут інформаційних технологій в економіці»
Кафедра інформаційних систем в економіці

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Науково-методичною радою Університету
Протокол від 30.03.2023 р. № 9
Голова НМР  Анатолій КОЛОТ

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ГІБРИДНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ В
ЕКОНОМІЦІ**

рівень вищої освіти	другий (магістерський)
тип навчальної дисципліни	вибіркова

ПОГОДЖЕНО:

Начальник навчально-методичного
відділу забезпечення якості освіти та
акредитації

 Тетяна ФРОЛОВА

РЕКОМЕНДОВАНО:

кафедрою інформаційних систем в
економіці

протокол № 8 від 07.03.2023 р.

В.о. завідувача кафедри

 Богдан ТІШКОВ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВАДИМА ГЕТЬМАНА
Навчально-науковий інститут
«Інститут інформаційних технологій в економіці»
Кафедра інформаційних систем в економіці

ЗАТВЕРДЖЕНО:

Науково-методичною радою Університету
Протокол від 30.03. 2023 р. № 9
Голова НМР _____ Анатолій КОЛОТ

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ГІБРИДНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

рівень вищої освіти	другий (магістерський)
тип навчальної дисципліни	вибіркова

ПОГОДЖЕНО:

Начальник навчально-методичного відділу
забезпечення якості освіти та акредитації
_____ Тетяна ФРОЛОВА

РЕКОМЕНДОВАНО:

кафедрою інформаційних систем в економіці
протокол № 8 від 07.03.2023 р.
В.о. завідувача кафедри
_____ Богдан ТІШКОВ

Розробник(и):

Тішков Б.О., к.е.н., доц., tishcov_b@ukr.net; кафедра інформаційних систем в економіці

Форма навчання —	очна (денна)
Семестр —	3
Кількість кредитів ECTS —	4
Форма підсумкового контролю —	залік
Мова викладання	українська
Форма навчання —	заочна
Семестр —	3
Кількість кредитів ECTS —	4
Форма підсумкового контролю —	залік
Мова викладання	українська

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	6
2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ЗА ТЕМАМИ	7
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1	
Тема 1. Предмет курсу, його мета та задачі. Зміст курсу. Підходи до побудови гібридних інтелектуальних систем і технологій в економіці.....	7
Тема 2. Моделі нейроелементів. Алгоритм Уїдрой-Хоффа.	7
Тема 3. Багатошаровий персептрон. Алгоритм зворотного поширення похибки.	7
Тема 4. Стохастичні методи навчання нейронних мереж.	7
Тема 5. Моделі і методи навчання нейромереж із зворотними зв'язками.	7
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Генетичні алгоритми та еволюційні методи в економіці	
Тема 6. Основні принципи побудови генетичних алгоритмів.	8
Тема 7. Моделі генетичних алгоритмів.	8
Тема 8. Методи еволюційного програмування.....	8
3. ПОРЯДОК ПОТОЧНОГО І ПІДСУМКОВОГО ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ	9
3.1. Порядок поточного і підсумкового оцінювання результатів навчання здобувача.....	9
3.2. Перезарахування та визнання результатів навчання з навчальної дисципліни.....	10
4. РЕКОМЕНДОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА	12
4.1. Основна література.....	12
4.2. Додаткова література.....	12

ВСТУП

Робоча програма навчальної дисципліни розроблена відповідно до Положення про робочу програму навчальної дисципліни в Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана, затвердженого Вченою радою Університету 17.11.2022 р. (протокол № 4) та введеного в дію наказом ректора від 17.11.2022 р. № 488.

Анотація навчальної дисципліни: сучасні досягнення у галузі нейроінформатики, розроблення новітніх програмних засобів для моделювання нейромереж і нейромережевих технологій для вирішення прикладних задач аналізу та прогнозування стану складних економічних об'єктів та процесів управління та проектування є обов'язковими атрибутами ІТ-спеціаліста. Навчальна дисципліна «Гібридні інтелектуальні системи і технології в економіці» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 12 «Інформаційні технології» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Міждисциплінарні зв'язки: для вивчення дисципліни необхідні базові знання з таких дисциплін, як: "Нейро-нечіткі моделі в управлінні", "Проектування систем оброблення економічної інформації", "Системи штучного інтелекту", "Системи підтримки прийняття рішень", "Мультиагентні системи", "Захист інформації".

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування у здобувачів теоретичних основ та практичних аспектів використання гібридних інтелектуальних систем і технологій в економіці (еволюційних методів, нейроінформаційних та нейрокомп'ютерних технологій). Підготувати здобувачів до ефективного використання сучасних досягнень нейроінформатики у подальшій професійній діяльності; допомогти набутти навички практичної роботи з програмними засобами для моделювання нейромереж; навчити здобувачів використанню нейромережевих технологій для вирішення прикладних задач аналізу та прогнозування стану складних економічних об'єктів та процесів управління та проектування.

Завдання навчальної дисципліни:

- формування у здобувачів знань та практичних навичок для використання гібридних інтелектуальних систем (штучних нейронних мереж, генетичних алгоритмів та теорії нечітких множин для розв'язання задач побудови моделей залежностей та вирішення оптимізаційних задач, та задач прийняття рішень);
- надання уяви про стан і перспективу розвитку теорії штучних нейронних мереж та еволюційних методів оптимізації;
- набуття навичок та досвіду по створенню та використанню сучасних програм для моделювання нейромереж та розв'язання практичних задач класифікації та прогнозування.

Предмет вивчення навчальної дисципліни: теоретичні, методичні та практичні аспекти і інструментальні засоби для створення гібридних інтелектуальних систем і технологій в економіці, методологія їх розроблення та впровадження.

Методи навчання та засоби діагностики, що відповідають визначеним

результатам навчання за навчальною дисципліною, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати, методи навчання та засоби діагностики за навчальною дисципліною «Гібридні інтелектуальні системи і технології в економіці»

Результати навчання за навчальною дисципліною		Методи навчання	Засоби діагностики
1.	Знання:		
1.1	моделей та методів навчання штучних нейронних мереж	лекція, пояснення, бесіда, семінарське заняття, презентація	спостереження, опитування, тестування, само-та взаємоконтроль, тестування, залік
1.2	підходів до побудови гібридних інтелектуальних систем і технології в економіці; область застосування і принципи функціонування генетичних алгоритмів	лекція, пояснення, демонстрація, семінарське заняття, мультимедіа	
1.3	структури і принципів функціонування нейронних мереж; моделі нейроелементів та їхні властивості сучасних програмних засобів для побудови нейромережових моделей та нечітких експертних систем	лекція, пояснення, демонстрація, семінарське заняття, мультимедіа	
2.	Уміння/навички:		
2.1	обгрунтовувати та аналізувати вибір конкретного типу моделі та методу навчання нейронної мережі для розв'язання відповідних практичних задач; використовувати сучасні програмні засоби (пакети MATLAB, Statistica, та ін.) для моделювання нейромереж, нечітких баз знань, розв'язання оптимізаційних задач на основі еволюційного підходу; створювати програми на алгоритмічних мовах програмування для розв'язання оптимізаційних задач за допомогою генетичних алгоритмів	практичні та лабораторні заняття, демонстрація, проєктне навчання, вирішення конкретних задач і ситуацій, проєктування	спостереження, опитування, аналіз звітів з лабораторних робіт та виконаних проєктів, письмовий та усний зворотній зв'язок, залік
2.2	особливості основних атрибутів теорії нечітких множин – нечітких чисел, лінгвістичних змінних, функцій належності, нечітких логічних висловлювань; алгоритми нечіткого висновку	практичні та лабораторні заняття, пояснення, демонстрація	
2.3	аналізувати результати побудови та використання нейромережових моделей і вирішення оптимізаційних задач на основі еволюційних алгоритмів	практичні та лабораторні заняття, демонстрація, проєктне навчання	
3.	Комунікація		
3.1	збагачення словникового запасу майбутнього фахівця професійною термінологією як українською, так і англійською мовами	практичні та лабораторні заняття, бесіда, проєктне навчання	опитування, аналіз самостійних робіт, тестування
4.	Відповідальність і автономія		
4.1	вміння самостійно та обгрунтовано обирати інструментарій для роботи з гібридними інтелектуальними системами і технологіями в економіці	практичні та лабораторні заняття, кейси, підготовка доповідей	презентація, доповідь, аналіз виконання самостійних та

Результати навчання за навчальною дисципліною		Методи навчання	Засоби діагностики
4.2	індивідуальна робота в рамках визначеної тематики, термінів та строків	проектне навчання, вирішення конкретних задач і ситуацій, аналітична доповідь, написання наукових статей	індивідуальних робіт, самоаналіз, рефлексія.

1. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назва теми	Кількість годин									
	Очна (денна) форма					Заочна форма			Дистанційна форма	
	Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (контактні) заняття	Індивідуальні заняття	Самостійна робота злобувача	Контактні заняття	Індивідуальні заняття	Самостійна робота злобувача	Заняття в дистанційному режимі	Самостійна робота злобувача
Змістовий модуль 1. Основні поняття нейроінформатики та нейромережесвих технологій в економіці										
Тема 1. Предмет курсу, його мета та задачі. Зміст курсу. Підходи до побудови гібридних інтелектуальних систем і технологій в економіці.	1				8	1		12		
Тема 2. Моделі нейроелементів. Алгоритм Уїдрю-Хоффа.	1	1	2		10	1		14		
Тема 3. Багатошаровий перцептрон. Алгоритм зворотного поширення похибки.	1	1	2	2	8	2	2	14		
Тема 4. Стохастичні методи навчання нейронних мереж.	1			2	10	1	2	10		
Тема 5. Моделі і методи навчання нейромереж із зворотними зв'язками.	1	2		2	8	2	2	10		
Змістовий модуль 2. Генетичні алгоритми та еволюційні методи в економіці.										
Тема 6. Основні принципи побудови генетичних алгоритмів.	1	2	4	2	10	2	2	14		
Тема 7. Моделі генетичних алгоритмів.	1	1	4	2	10	1	2	12		
Тема 8. Методи еволюційного програмування.	1	1	4	2	12	2	2	12		
Усього:	8	8	16	12	76	12	12	98		
Підсумковий контроль: залік, (год)	залік					залік				
Разом:	годин					120				
	кредитів					4				

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ЗА ТЕМАМИ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Тема 1. Предмет курсу, його мета та задачі. Зміст курсу. Підходи до побудови гібридних інтелектуальних систем і технологій в економіці.

Теорія гібридних інтелектуальних систем і технологій в економіці. Інтелектуальні задачі. Галузі застосування гібридних інтелектуальних систем. Підходи до побудови гібридних інтелектуальних систем.. Логічний підхід. Нечітка логіка як розвиток логічного підходу. Структурний підхід. Перші моделі штучних нейронних мереж. Еволюційний підхід. Імітаційний підхід. Розподілений штучний інтелект та багатоагентні системи.

Тема 2. Моделі нейроелементів. Алгоритм Уідроу-Хоффа.

Структура і властивості штучного нейрона. Функції активації. Загальна характеристика та основні принципи побудови нейромереж. Класифікація та види моделей нейромереж. Властивості штучних нейромереж. Прості одношарові мережі. Персептрон Розенблата. Процес навчання нейронних мереж. Навчання з вчителем. Застосування навченої нейронної мережі. Основні функціональні можливості програм моделювання нейронних мереж. Застосування штучних нейронних мереж. Можливості і властивості одношарових персептронів. Лінійна роздільність і лінійна нероздільність класів.

Тема 3. Багатошаровий персептрон. Алгоритм зворотного поширення похибки.

Багатошаровий персептрон. Алгоритм зворотнього поширення похибки. Багатошаровий персептрон: модель і принципи побудови архітектури. Алгоритм зворотного поширення похибки. Градієнтні алгоритми навчання багатошарових нейромереж. Порівняння моделей та алгоритмів навчання нейромереж прямого поширення. Евристичний алгоритм прискорення навчання нейромереж.

Тема 4. Стохастичні методи навчання нейронних мереж.

Стохастичні алгоритми навчання нейромереж. Нейронні мережі, які само організуються. Конкурентні мережі. Карта ознак Кохонена (мережа Кохонена). Принцип роботи карт Кохонена. Навчання мережі Кохонена. Розв'язання задач класифікації на основі мережі Кохонена.

Тема 5. Моделі і методи навчання нейромереж із зворотними зв'язками.

Моделі і методи навчання нейромереж із зворотними зв'язками. Архітектура мереж Хопфілда. Принцип роботи мереж Хопфілда. Алгоритм навчання мережі Хопфілда. Структура нейронної мережі Хемінга. Хемінгова відстань. Алгоритм функціонування мережі Хемінга. Класифікація асоціативних мереж. Мережі ВАР (bidirectional associative memory). Принцип

роботи мережі ВАР. Алгоритм навчання мережі ВАР. Розв'язання задач ідентифікації.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Генетичні алгоритми та еволюційні методи в економіці.

Тема 6. Основні принципи побудови генетичних алгоритмів.

Генетичні алгоритми. Історія створення генетичних алгоритмів. Область застосування ГА. Недоліки і переваги генетичних алгоритмів. Відмінність ГА від традиційних методів оптимізації. Основні поняття, що застосовуються в генетичних алгоритмах (ген, локус, особень, генотип, фенотип, покоління, функція пристосованості). Класичний генетичний алгоритм. Цілочисельне кодування та кодування інформації за допомогою дійсних чисел. Основні оператори еволюційного пошуку і їх різновиди. Застосування ГА для розв'язку оптимізаційних завдань. Параметри і адаптація параметрів.

Тема 7. Моделі генетичних алгоритмів.

Genitor- подібні алгоритми, відмінність від класичного ГА. Особливості СНС- алгоритму. Гібридні алгоритми. Паралельні алгоритми. Острівна модель. Переваги паралельних алгоритмів. Адаптивні ГА.

Тема 8. Методи еволюційного програмування.

Еволюційні стратегії. Основні відмінності еволюційних стратегій від класичного ГА. Еволюційне програмування.

3. ПОРЯДОК ПОТОЧНОГО І ПІДСУМКОВОГО ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ

3.1. Порядок поточного і підсумкового оцінювання результатів навчання здобувача

Об'єктами поточного контролю знань здобувачів є:

- систематичність та активність роботи здобувача на семінарських (практичних, лабораторних) заняттях;
- виконання завдань для самостійного опрацювання;
- виконання модульних (контрольних) завдань.

Кожен етап контролю знань закінчується оцінюванням результатів у балах. Крім перерахованих вище, передбачено деякі завдання (об'єкти контролю) для заохочення здобувачів – за їх виконання виставляються додаткові бали.

Форми проведення поточного контролю під час навчальних занять та максимальна кількість балів, яку може отримати здобувач за результатами виконання навчальних (практичних, лабораторних та ін. завдань) представлена у табл. 2.

Таблиця 2 – Структура підсумкової оцінки за накопичувальною системою з навчальної дисципліни з підсумковим контролем у формі заліку

Види навчальної діяльності здобувача	Розподіл балів за формами навчання	
	Очна (денна)	Заочна
Робота на навчальних заняттях (семінарських, практичних, лабораторних, контактних заняттях)	$6 \times 5 =$ 30 балів	$4 \times 5 =$ 20 балів
Виконання контрольних (модульних) робіт	$2 \times 2 + 2 \times 3 =$ 10 балів	$2 \times 2 + 2 \times 3 =$ 10 балів
Виконання та захист індивідуальних завдань самостійної роботи (за вибором здобувача)	$1 \times 10 =$ 10 балів	$2 \times 10 =$ 20 балів
Представлення результатів науково-дослідних робіт здобувача: 1. Участь у студентських олімпіадах, конкурсах наукових робіт, грантах, науково-дослідних проєктах. 2. Публікація наукових статей, тез доповіді на конференції.	Додаткові (заохочувальні) бали (10 балів)	
Виконання підсумкової контрольної роботи	50	
Кількість балів за результатами поточного контролю	100 балів	
Підсумкова кількість балів з навчальної дисципліни	100 балів	

Оцінювання систематичності та активності роботи на заняттях здійснюється за результатами відвідування та виконання 6 лабораторних та 4 семінарських (практичних) робіт.

Максимально можлива оцінка за виконання кожної лабораторної роботи – **5** балів. Тобто, всього за лабораторні роботи здобувача може набрати **30** балів для очної форми та **20** балів для заочної форми навчання.

Оцінку може бути знижено: а) за неповноту представлених результатів або припущені в них помилки; б) невчасне представлення отриманих результатів (несвоєчасний захист) без поважної причини; в) неякісну інтерпретацію

отриманих результатів (що свідчить про недостатній рівень володіння інформацією із навчальної дисципліни та опрацювання лекційного матеріалу).

До **10** балів здобувач може отримати за підготовку, самостійну роботу з опанування матеріалу навчальної дисципліни та проходження тестів.

За виконання завдань для самостійного опрацювання здобувач може отримати максимально **10** балів для очної форми та до **20** балів для заочної форми навчання.

Дана навчальна дисципліна складається з одного модуля і передбачає написання тесту, що є підсумковою контрольною роботою. охоплює всі теми курсу і складається з 50 питань одинарного або множинного вибору. Відповідь на кожне з запитань може бути вірною, невірною. За написання тесту здобувач може отримати максимально **50** балів.

Оцінка знань здобувачів з навчальної дисципліни «Гібридні інтелектуальні системи і технології в економіці» здійснюється на основі поточного оцінювання. Для фіксації підсумкової оцінки у відповідних документах її переводять у традиційну форму за шкалою, яка наведена у табл. 3.

Таблиця 3 – Шкала оцінювання результатів підсумкового контролю

100-бальна шкала	Оцінка при підсумковому контролі у формі заліку	Шкала ECTS
90 – 100	зараховано	A
80 – 89		B
70 – 79		C
66 – 69		D
60 – 65		E
21 – 59	не зараховано з можливістю перескладання	FX
0 – 20	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням навчальної дисципліни	F

Здобувач, який набрав за результатами поточного оцінювання від 0 до 59 балів (включно), вважається таким, що не виконав вимоги робочої програми з навчальної дисципліни, передбаченої індивідуальним навчальним планом, і отримує з навчальної дисципліни незадовільну оцінку (F або FX). Такий здобувач має право за власною заявою опанувати цю навчальну дисципліну в наступному семестрі понад обсяги встановлені навчальним планом за індивідуальним графіком у формі додаткової індивідуально-консультативної роботи згідно з діючими в Університеті положеннями.

3.2. Перезарахування та визнання результатів навчання з навчальної дисципліни

Відповідно до чинного Положення про порядок оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти в Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана, перезарахування та визнання результатів навчання з навчальної дисципліни «Гібридні інтелектуальні системи і технології в економіці» або її окремого компонента можливе в таких випадках:

- участь здобувача в програмі академічної мобільності (навчання в інших Університетах України або інших країн) відповідно до Положення про включене навчання і навчання за програмами Європейського Союзу студентів у Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана у закордонних вищих навчальних закладах, Положення про порядок реалізації права на академічну мобільність у Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана, Положення про порядок оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти в Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана;
- участь у програмах здобуття неформальної та інформальної освіти відповідно до Положення про визнання результатів навчання в Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана, отриманих здобувачами у неформальній та інформальній освіті».

4. РЕКОМЕНДОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

4.1. Основна література

1. Глибовець М. М., Олецький О. В. Штучний інтелект: Підруч. – К.: Вид. дім "КМ Академія", 2002. 366 с.
2. Глинський Я.М., Ряжська В.А. Штучний інтелект. Інтелектуальні роботи. – Львів: Деол, 2002. 168 с.
3. Гнатієнко Г.М., Снитюк В.Є. Експертні технології прийняття рішень. – К.: Маклаут, 2008. – 444 с.
4. Доля В. Г. Комп'ютерні системи штучного інтелекту: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Відкритий міжнар. ун-т розвитку людини "Україна". - К. : [Україна], 2011. 295 с.
5. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем: Навч. посібник. - К.: Видавничий дім «Слово», 2004. 352с.
6. Іванченко Г. Ф. Системи штучного інтелекту : навчальний посібник. М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Держ. вищ. навч. заклад "Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана". - К. : КНЕУ, 2011. 382 с.
7. Лук'янова, В. В. Комп'ютерний аналіз даних: Посібник К. : Академія, 2003. 342с.
8. Матвійчук А. В. Штучний інтелект в економіці: нейронні мережі, нечітка логіка : монографія / А. В. Матвійчук. – К. : КНЕУ, 2011. – 439
9. Нікольський Ю.В., Пасічник В.В., Щербина Ю.М. Системи штучного інтелекту : навчальний посібник. М-во освіти і науки, молоді та спорту України. - Вид. 2-ге, виправл. та допов. - Л. : Магнолія 2006, 2013. 277 с.
10. Снитюк В.Є. Прогнозування. Моделі, методи, алгоритми. – К.: Маклаут, 2008. – 364 с.
11. Субботін С.О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник. - Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. 341 с.
12. Матеріали лекцій

4.2. Додаткова література

1. Y. Bengio; A. Courville; P. Vincent (2013). Representation Learning: A Review and New Perspectives. IEEE Trans. PAMI, special issue Learning Deep Architectures 35. с. 1798–1828.
2. Coates, Adam; Lee, Honglak; Ng, Andrew Y. (2011). An analysis of singlelayer networks in unsupervised feature learning Int'l Conf. on AI and Statistics (AISTATS).
3. Joseph Turian; Lev Ratinov; Yoshua Bengio (2010). Word representations: a simple and general method for semi-supervised learning Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics.

4. Coates, Adam; Ng, Andrew Y. (2012). «Learning feature representations with kmeans». У G. Montavon, G. B. Orr and K.-R. Müller. *Neural Networks: Tricks of the Trade*. Springer.

5. Матвійчук А. Можливості та перспективи створення штучного інтелекту. *Вісник НАН України*, 2011. №12. С. 36-51.