



Міжнародний гуманітарний університет
Факультет кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук
Кафедра комп'ютерних наук

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ

Галузь знань
Спеціальність
Назва освітньої програми
Рівень вищої освіти

12 Інформаційні технології
122 Комп'ютерні науки
Комп'ютерні науки
перший (бакалаврський)

Розробники і викладачі	Контактний тел.	E-mail
професор кафедри комп'ютерних наук, доктор технічних наук, професор Глоба Лариса Сергіївна	+38050-526-15-12	lgloba@its.kpi.ua

1. АНОТАЦІЯ ДО КУРСУ

Дисципліна «**Штучні нейронні мережі**» формує у здобувачів необхідний обсяг теоретичних і практичних знань щодо параметрів та принципів обробки значних обсягів інформації для отримання знань та закономірностей, підходів до їх структуризації, побудови моделей та методів їх зберігання та обробки, підходів до аналітичного і інтелектуального аналізу, отримання знань зі статистичних наборів даних. Вивчення дисципліни забезпечує володіння знаннями щодо принципів створення та використання інформаційних ресурсів в глобальних інформаційно-комунікаційних системах (Інтернет-базованих системах). В дисципліні розглядаються основні засади класичної теорії нейронних мереж, найбільш сучасні практичні рішення та технології в області проектування, реалізації та супроводу процесів прогнозування стану об'єктів, процесів та систем, а також технології створення, обробки та використання інформаційних ресурсів в середовищі Intranet.

МЕТА ДИСЦИПЛІНИ. Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей: оволодіння технологіями обробки значних обсягів даних сервісами, які використовують ML-методи, в інформаційно-комунікаційних системах, формування передбачень та прогнозування оптимальної стратегії прийняття рішень; застосування методів абстрактного моделювання об'єктів, процесів в цільовій предметній області; проектування баз та сховищ даних для інформаційно-комунікаційних платформ різноманітних бізнес-структур; реалізації та супроводу процесів прийняття рішень в цільовій предметній області.

ПРЕРЕКВІЗИТИ. Передумовами для вивчення дисципліни є знання і вміння, отримані студентом при вивченні навчальних дисциплін бакалаврської підготовки.

ПОСТРЕКВІЗИТИ. Знання і вміння, отримані студентом при вивченні даної навчальної дисципліни, можуть бути використані при паралельному вивченні таких дисциплін: «Технології розподілених систем та паралельних обчислень», «Інтелектуальний аналіз даних у хмарних середовищах», «Організація баз даних та знань». Знання, отримані при вивченні дисципліни «Штучні нейронні мережі» дозволять здобувачам використовувати методи розподіленої обробки, моделювання та зберігання в Cloud-середовищі значних обсягів статистичних даних, проводити їх інтелектуальну обробку та отримувати знання засобами нейронних мереж, fuzzy logic, deep learning під час їх опрацювання та опановувати навички роботи з сучасними сервісами та написанні випускної кваліфікаційної роботи.

2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У процесі реалізації програми дисципліни «Штучні нейронні мережі» формуються наступні компетентності із передбачених освітньою програмою «Комп'ютерні науки»:

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК12. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові) компетентності

СК2. 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.

СК11. Здатність до інтелектуального аналізу даних на основі методів обчислювального інтелекту включно з великими та погано структурованими даними, їхньої оперативної обробки та візуалізації результатів аналізу в процесі розв'язування прикладних задач.

Навчальна дисципліна «Штучні нейронні мережі» забезпечує досягнення **програмних результатів навчання (РН)**, передбачених освітньою програмою:

ПР1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПР12. Застосовувати методи та алгоритми обчислювального інтелекту та інтелектуального аналізу даних в задачах класифікації, прогнозування, кластерного аналізу, пошуку асоціативних правил з використанням програмних інструментів підтримки багатовимірного аналізу даних на основі технологій DataMining, TextMining, WebMining.

3. ОБСЯГ ТА ОЗНАКИ КУРСУ

Загалом		Вид заняття (денна / заочна форма навчання)				Ознаки курсу		
ЄКТС	годин	Лекційні заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	Курс, (рік навчання)	Семестр	Обов'язкова / вибіркова
4	120	26 / 8	26 / 8	-	68 / 104	3	5	Обов'язкова

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
Лекції		Лаб.	Прак.	Сам. роб.	Лекції		Лаб.	Прак.	Сам. роб.	
Тема 1. Великі дані та методи їх обробки	20	2		2	16	20	1			19
Тема 2. Теорія нечітких множин та нечітка логіка	10	2		2	6	10	1			9
Тема 3. Нейронні мережі	20	6		6	8	20	1		2	17
Тема 4. Генетичні алгоритми та приклади їх застосування	10	2		2	6	10	1		2	7
Тема 5. Обробка даних із застосуванням бази знань з деревоподібною структурою та комбінованою схемою виведення	20	2		2	16	20	1		2	17
Тема 6. Теорія метаграфів та їх застосування на практиці	10	4		4	2	10	1			9
Тема 7. Семантичний Web та мета описи обчислювальних та інформаційних ресурсів	20	4		4	12	20	1			19
Тема 8. Методи побудови порталів на основі знань	10	4		4	2	10	1		2	7
Усього годин	120	26		26	68	120	8		8	104
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ – ЗАЛІК										

5. ТЕХНІЧНЕ Й ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ / ОБЛАДНАННЯ

Здобувачі отримують теми та питання курсу, основну і додаткову літературу, рекомендації, завдання та оцінки за їх виконання як традиційним шляхом, так і з використанням університетської платформи онлайн навчання на базі Moodle та на базі Google Клас. Окрім того, практичні навички у пошуку та аналізу інформації за курсом, з оформлення індивідуальних завдань, тощо, студенти отримують, користуючись університетськими комп'ютерними класами та бібліотекою.

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи студентів щодо вивчення дисципліни «Штучні нейронні мережі» включаються:

1. Знайомство з науковою та навчальною літературою відповідно зазначених у програмі тем.
2. Опрацювання лекційного матеріалу.
3. Підготовка до практичних занять.
4. Консультації з викладачем протягом семестру.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка та виконання індивідуальних завдань у вигляді есе, рефератів тощо.
7. Підготовка до підсумкового контролю.

Тематика та питання до самостійної підготовки та індивідуальних завдань

Назва теми	Кількість годин	
	Денна форма	Заочна форма
Тема 1. Великі дані та методи їх обробки. Основні напрямки досліджень у галузі штучного інтелекту. Дискретна математика та математична логіка. Елементи дискретної математики. Математична логіка для аналізу великих даних. Логіка предикатів та логічний висновок. Експертні системи. Приклади вирішення практичних задач.	16	19
Тема 2. Теорія нечітких множин та нечітка логіка. Нечіткі множини. Ключові терміни та визначення. Нечітка арифметика. Нечіткі відношення та їх властивості. Операції з нечіткими відношеннями. Нечітка логіка. Лінгвістичні змінні. Нечітка правда. Нечіткі логічні операції. База нечітких знань. Нечіткий логічний висновок.	6	9
Тема 3. Нейронні мережі. Нейронні мережі. Основні поняття та визначення. Адаптивна мережа нечіткого логічного висновку. Лінгвістичні правила при прийнятті рішень. Нейронні мережі для побудови нечітких логічних правил та видобутку знань.	8	17
Тема 4. Генетичні алгоритми та приклади їх застосування. Генетичні алгоритми. Методи machine learning та deep learning для видобутку знань. Приклад вирішення задачі	6	7

проектування графіка обробки цифрових потоків контролером ширококутових систем із застосуванням нейронних мереж.		
Тема 5. Обробка даних із застосуванням бази знань з деревоподібною структурою та комбінованою схемою виведення. Характеристика обробки даних у складних організаційних системах. Обробка даних та знань у складних адміністративних системах на основі деревоподібної нечіткої бази знань. Великі та погано структуровані дані, оперативна обробка та візуалізація результатів. Побудова та налаштування нижньої частини бази знань із нечіткими деревами. Підхід до гнучкого проектування програмного забезпечення для обробки даних та знань.	16	17
Тема 6. Теорія метаграфів та їх застосування на практиці. Графи, гіперграфи та метаграфи. Теорія метаграфів. Застосування метаграфів. Представлення нечіткої бази знань у вигляді метаграфів та операції з нею.	2	9
Тема 7. Семантичний Web та мета описи обчислювальних та інформаційних ресурсів. Semantic Web як нова модель інформаційного простору Інтернету. Метадані. Онтології. Мови запитів до сховищ RDF. Логічний висновок. Забезпечення цілісності та послідовності. Агенти та сервіси. Практична реалізація Semantic Web. Мета описи Web-сервісів і UDDI специфікація. Удосконалений підхід до композиції WEB-сервісів. Удосконалений підхід до знаходження та вибору WEB-сервісів. Підвищення релевантності знаходження WEB-сервісів у мульти-онтологічному середовищі. Результати моделювання. Проектування деревоподібної структури обчислень (Web-сервісів) та інформаційних ресурсів на основі мета описів. Технології DataMining, TextMining, WebMining.	12	19
Тема 8. Методи побудови порталів на основі знань. Підходи щодо аналізу та систематизації інформації на порталі знань у галузях науки та інженерії. Формальна алгебраїчна система подання знань на порталі знань у галузях науки та інженерії. Метод формування дерева для складних функціональних елементів (послідовності обчислень). Інструментарій систематизації та структурування інформаційних та обчислювальних ресурсів для порталу знань у галузях інженерії.	2	7
Всього	68	104

7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Види контролю	Складові оцінювання	
	Для екзамену	Для заліку
поточний контроль , який здійснюється у ході: проведення практичних (лабораторних) занять, виконання самостійної роботи, індивідуальних завдань, дослідна робота здобувача тощо.	50%	100%
підсумковий контроль	50%	

Методи діагностики знань (контролю)	фронтальне опитування; наукова доповідь, реферати, усне повідомлення, індивідуальне опитування; робота у групах; ділова гра, розв'язання ситуаційних завдань, кейсів, практичних завдань, залік
--	---

8. ОЦІНЮВАННЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ТА ФАХОВОЇ ПЕРДВИЩОЇ ОСВІТИ ЗА НАВЧАЛЬНУ ДИСЦИПЛІНУ У МІЖНАРОДНОМУ ГУМАНІТАРНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ
(поточний контроль, підсумковий контроль, загальний результат оцінювання)

ЗАЛІК

<i>Поточний контроль</i>			
Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на практичних (лабораторних) заняттях			
1.1. Підготовка до практичних (лабораторних) занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних (лабораторних) занять	60
Виконання завдань для самостійного опрацювання			
1.2. Індивідуальне тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Розгляд відповідного матеріалу під час аудиторних занять або ІКР ¹ , перевірка конспектів навчальних текстів тощо	20
Виконання індивідуальних завдань, дослідна робота здобувача			
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	20
Разом балів за поточний контроль			100
<i>Загальний результат оцінювання</i>			100

¹ Індивідуально-консультативна робота викладача зі здобувачами

Поточний контроль знань здобувачів освіти при формі контролю **залік** (максимум 100 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

- за підготовку до аудиторних занять (максимум 60 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переведу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 12;
- за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою) (максимум 20 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переведу зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4;
- за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 20- балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переведу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗА ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ

- «2»- виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;
- «3» -виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання студента мають фрагментарний, поверховий характер;
- «4» - оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що студент знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.
- «5» - оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, показує вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання в практичній площині.

9. КРИТЕРІЇ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ (для екзамену / заліку)

Рівень знань оцінюється:

- «відмінно» / «зараховано» А - від 90 до 100 балів. Студент виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат (есе) за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;
- «добре» / «зараховано» В - від 82 до 89 балів. Студент володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат (есе) за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;
- «добре» / «зараховано» С - від 74 до 81 балів. Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння

основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

- «задовільно» / «зараховано» D - від 64 до 73 балів. Студент був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, рефератів (есе);

- «задовільно» / «зараховано» E - від 60 до 63 балів. Студент був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

- «незадовільно з можливістю повторного складання» / «не зараховано» FX – від 35 до 59 балів. Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

- «незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни» / «не зараховано» F – від 1 до 34 балів. Студент не володіє навчальним матеріалом.

ТАБЛИЦЯ ВІДПОВІДНОСТІ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗА РІЗНИМИ ШКАЛАМИ

100-бальною шкалою	Шкала за ECTS	За національною шкалою	
		екзамен	залік
90-100	A	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Добре	
74-81	C		
64-73	D		
60-63	E	Задовільно	
35-59	FX	Незадовільно	Не зараховано
1-34	F		

10. ДОТРИМАННЯ ВИМОГ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Викладання та засвоєння навчальної дисципліни передбачає неухильне дотримання вимог академічної доброчесності, яка регулюється Законом України “Про освіту” (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 37-38, ст.2004), «Методичними рекомендаціями для закладів вищої освіти з підтримки принципів академічної доброчесності» (Лист МОН № 1/9-650 від 23.10.18 року), іншими нормативними документами. Зокрема, основні засади дотримання академічної доброчесності визначено у «Положенні про академічну доброчесність у Міжнародному гуманітарному університеті», «Кодексі академічної доброчесності Міжнародного гуманітарного університету» та «Інструкції щодо процедури технічної перевірки на наявність текстових запозичень (академічного плагіату)», затвердженій наказом МГУ від 03.05.2024 р., № 708а.

Відповідно до ст.42 Закону України “Про освіту” академічна доброчесність - це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з

метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень.

Дотримання академічної доброчесності передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Osvaldo Gogliano Sobrinho, Liedi Ledi Mariani Bernucci, Pedro Luiz Pizzigatti Corrêa, Rosângela dos Santos Motta, Jeaneth Machicao, Angelo Samuel Junqueira, Robson Correia da Costa, Wellingthon Dias de Queiroz, Thales Cesar Giriboni de Mello e Silva, Pedro Lopes Ferraz, Luciano Cassaro, Luciano Oliveira. Big data analytics in support of the under-rail maintenance management at Vitória – Minas Railway. – IEEE, 2021 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), 2021
2. Joelson Antônio dos Santos, Talat Iqbal Syed, Murilo C. Naldi, Ricardo J. G. B. Campello, Joerg Sander. Hierarchical Density-Based Clustering Using MapReduce. - IEEE Transactions on Big Data. – IEEE, Volume: 7, Issue: 1, 26 March 2019, p.102 – 114,
3. Xiao Wang, Deyu Bo, Chuan Shi, Shaohua Fan, Yanfang Ye, Philip S. Yu.- A Survey on Heterogeneous Graph Embedding: Methods, Techniques, Applications and Sources. – IEEE, IEEE Transactions on Big Data, 24 May 2022, p.1-1, <https://arxiv.org/abs/2011.14867>
4. Dhruva Borthakur. The Hadoop Distributed File System: Architecture and Design: - 44 p.
5. Feng Xia, Ke Sun, Shuo Yu, Abdul Aziz, Liangtian Wan, Shirui Pan, Huan Liu. Graph Learning: A Survey, IEEE Transactions on Artificial Intelligence, IEEE, 2021, p. 109 – 127/
6. О.Г. Додонов, О.В. Коваль, Ю.Д. Бойко, Л.С. Глоба. Комп'ютерне моделювання інформаційно-аналітичних систем - Київ.: ІПІ НАН України, 2016. -200 с.
7. Suh, N., & Cheng, G. (2025). A Survey on Statistical Theory of Deep Learning: Approximation, Training Dynamics, and Generative Models. Annual Review of Statistics and Its Application, 12, 177-207.
8. “Generalization in neural networks: A broad survey” (2024). Neurocomputing, 611, 128701. <https://arxiv.org/abs/2209.01610>
9. Lagani, G., Falchi, F., Gennaro, C., & Amato, G. et al. (2023). Spiking Neural Networks and Bio-Inspired Supervised Deep Learning: A Survey. <https://arxiv.org/abs/2307.16235>
10. Cheng, H., Zhang, M., & Shi, J. Q. F. et al. (2023). A Survey on Deep Neural Network Pruning-Taxonomy, Comparison, Analysis, and Recommendations. <https://arxiv.org/abs/2308.06767>

Допоміжна

1. Yang Ji, Ying Sun, Yuting Zhang, Zhigaoyuan Wang, Yuanxin Zhuang, Zheng Gong, Dazhong Shen, Chuan Qin, Hengshu Zhu, Hui Xiong. (2025). A Comprehensive Survey on Self-Interpretable Neural Networks. <https://arxiv.org/abs/2501.15638>
2. Kose, H. T., Nunez-Yanez, J., Piechocki, R., & Pope, J. A. (2024). A Survey of Computationally Efficient Graph Neural Networks for Reconfigurable Systems. *Information*, 15(7), 377. <https://www.mdpi.com/2078-2489/15/7/377>
3. “Neural network developments: A detailed survey from static to dynamic models” (2024). *Computers & Electrical Engineering*, 120 Part A, 109710. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045790624006372>
4. El-Moussaoui, M., Hanine, M., Kartit, A., Villar, M. G., Garay, H., & de la Torre Díaz, I. (2025). A Systematic Review of Deep Learning Methods for Community Detection in Social Networks. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8:1572645. <https://www.frontiersin.org/journals/artificial-intelligence/articles/10.3389/frai.2025.1572645/full>
5. M. Dreger, K. Malek, and M. Eikerling, “Large language models for knowledge graph extraction from tables in materials science,” *Digital Discovery*, vol. 4, pp. 1221-1231, 2025, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2025/dd/d4dd00362d>
6. J. Du, G. Liu, J. Gao, X. Liao, J. Hu, L. Wu, et al., “Graph Neural Network-Based Entity Extraction and Relationship Reasoning in Complex Knowledge Graphs,” <https://arxiv.org/abs/2411.15195>
7. Y. Li, D. Song, C. Zhou, Y. Tian, Z. Yang, and S. Zhou, “A Framework of Knowledge Graph-Enhanced Large Language Model Based on Question Decomposition and Atomic Retrieval,” in *Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2024*, pp. 11472-11485, 2024.
8. H. Liu, S. Wang, Y. Zhu, Y. Dong, and J. Li, “Knowledge Graph-Enhanced Large Language Models via Path Selection,” in *Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2024*, pp. 6311-6321, 2024, <https://arxiv.org/abs/2406.13862>
9. “A Brief Survey on Deep Learning-Based Temporal Knowledge Graph Completion,” *Applied Sciences*, vol. 14, no. 19, p. 8871, 2024, <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/19/8871>
10. Y. Chen, M. Tian, Q. Wu, L. Tao, T. Jiang, Q. Qiu, H. Huang, and H. Huang, “A deep learning-based method for deep information extraction from multimodal data for geological reports to support geological knowledge graph construction,” *Earth Science Informatics*, 2024, <https://link.springer.com/article/10.1007/s12145-023-01207-0>
11. N. Zhang, X. Xu, L. Tao, H. Yu, H. Ye, X. Xie, H. Chen, et al., “DeepKE: A Deep Learning Based Knowledge Extraction Toolkit for Knowledge Base Population,” 2022, <https://aclanthology.org/2022.emnlp-demos.10/>
12. “LLM-TIKG: Threat Intelligence Knowledge Graph Construction Utilizing Large Language Model,” *Computers & Security*, vol. 145, p. 103999, 2024.
13. Hongming Cai, Boyi Xu, Lihong Jiang, Athanasios V. Vasilakos. *IoT-Based Big Data Storage Systems in Cloud Computing: Perspectives and Challenges*, *IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL*, VOL. 4, NO. 1, FEBRUARY 2017, p.p. 75-87.
14. Henrik Brink, Joseph W. Richards, Mark Fetherolf *Real-world Mashing Learning: Manning Publications Co., 2017.- 243 p*, <https://www.oreilly.com/library/view/real-world-machine-learning/9781617291920/>
15. Mykhailo Ilchenko, Leonid Uryvsky, Larysa Globa. *Advances in Information and Communication Technology and Systems*, The book series *Lecture Notes in Networks and Systems*, Volume 152, ISSN 2367-3370 ISSN 2367-3389 (electronic), *Lecture Notes in Networks and Systems*, Springer Nature Switzerland AG 2021, 436 p., <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-58359-0>
16. Mykhailo Ilchenko, Leonid Uryvsky, Larysa Globa, *Advances in Information and Communication Technologies, Processing and Control in*

Information and Communication Systems, The book series Lecture Notes in Electrical Engineering, Volume 560, ISSN 1876-1100 ISSN 1876-1119 (electronic), Lecture Notes in Electrical Engineering, Print, Springer Nature Switzerland AG 2019, 299 с.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-16770-7>

Інформаційні ресурси

1. <https://learn.microsoft.com/en-us/>
2. <https://www.coursera.org/>
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Database>