

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ І МЕХАНІКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан математичного факультету


(підпис) С.І. Гоменюк
(ініціали та прізвище)
«02» 09 2021 р.

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ
ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ**

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки бакалавра
очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності 126 – «Інформаційні системи та технології»,
освітньо-професійна програма «Інформаційні системи та технології»

Укладач Леонтєва В.В., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри прикладної математики і механіки.

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри прикладної
математики і механіки

Протокол № 1 від 31 серпня 2021 р.

Завідувач кафедри

(підпис)

В.З. Гришак
(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
математичного факультету

Протокол № 1 від 02 вересня 2021 р.

Голова науково-методичної ради
математичного факультету

(підпис)

О.С. Пшенична
(ініціали, прізвище)

Погоджено
з навчально-методичним відділом

(підпис)

О.В. Лещинська
(ініціали, прізвище)

2021 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 12 – «Інформаційні технології»	Кількість кредитів – 5	Вибіркова	
		Цикл вільного вибору в межах спеціальності	
Спеціальність: 126 – «Інформаційні системи та технології»	Загальна кількість годин – 150	Семестр:	
		7-й	9-й
Освітньо-професійна програма «Інформаційні системи та технології»	Змістових модулів – 8	Лекції	
		28 год.	8 год.
Рівень вищої освіти: бакалаврський	Кількість поточних контрольних заходів – 26	Практичні	
		28 год.	8 год.
		Самостійна робота	
		94 год.	134 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Математичні моделі обробки великих даних» є оволодіння системними знаннями з основних теоретичних положень та методів й моделей обробки та видобування високо-вимірних, велико-об'ємних, швидко-змінюваних різноформатних даних, а також вироблення навичок застосування сучасних інформаційних систем та технологій обробки великих даних у практичній діяльності.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Математичні моделі обробки великих даних» є:

- оволодіння студентами базовими теоретичними знаннями стосовно методів, алгоритмів та моделей інструментальних засобів обробки великих даних;
- набуття вмінь та практичних навичок обробки великих даних за допомогою технологій Hadoop, Spark;
- набуття вмінь та навичок щодо створення колаборативної фільтрації в MapReduce;
- оволодіння студентами знаннями щодо використання алгоритмів пошуку нечітких дублікатів та асоціативних правил;
- оволодіння знаннями та набуття навичок з проведення аналізу потоків даних та web-посилань;
- набуття навичок використання методів зменшення розмірності простору даних.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
Результати навчання	
Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук, системного аналізу та технологій моделювання, стандартних алгоритмів та дискретного аналізу при розв'язанні задач проєктування і використання інформаційних систем та технологій.	Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, пояснення, демонстрація, навчання на основі досвіду, керовані дискусії, виконання практичних робіт, аналіз та синтез Контрольні заходи: виконання та захист практичних робіт, опитування, тестування.
Демонструвати знання сучасного рівня технологій інформаційних систем, практичні навички програмування та використання прикладних і спеціалізованих комп'ютерних систем та середовищ з метою їх впровадження у професійній діяльності.	Методи навчання: лекція, пояснення, демонстрація, навчання на основі досвіду, керовані дискусії та дебати, виконання практичних робіт, аналіз та синтез Контрольні заходи: виконання та захист практичних робіт, опитування, тестування.
Розробляти та використовувати моделі машинного навчання для обробки даних і прогнозування в інформаційних системах	Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, пояснення, демонстрація, навчання на основі досвіду, керовані дискусії, виконання практичних робіт, аналіз та синтез Контрольні заходи: виконання та захист практичних робіт, опитування, тестування.
Компетентності	
Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу	Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, пояснення, демонстрація, виконання практичних робіт, аналіз Контрольні заходи: виконання та захист практичних робіт, опитування, тестування.
Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, навчання на основі досвіду, пояснення, демонстрація, виконання практичних робіт, аналіз Контрольні заходи: виконання та захист практичних робіт, опитування, тестування.
Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.	Методи навчання: лекція, пояснення, демонстрація, виконання практичних робіт, аналіз Контрольні заходи: виконання та захист практичних робіт, опитування, тестування.
Здатність використовувати сучасні інформаційні системи та технології (виробничі, підтримки прийняття рішень, інтелектуального аналізу даних та інші), методи й техніки кібербезпеки під час виконання функціональних завдань та обов'язків.	Методи навчання: лекція, пояснення, демонстрація, навчання на основі досвіду, виконання практичних робіт, аналіз та синтез Контрольні заходи: виконання та захист практичних робіт, опитування, тестування.
Здатність управляти та користуватися сучасними інформаційно-комунікаційними системами та технологіями (у тому числі такими, що базуються на використанні Інтернет).	Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, пояснення, демонстрація, виконання практичних робіт, аналіз Контрольні заходи: виконання та захист практичних робіт, опитування, тестування.

Міждисциплінарні зв'язки. Курс «Математичні моделі обробки великих даних» застосовує досвід, отриманий здобувачами вищої освіти під час вивчення дисциплін «Організація та обробка електронної інформації», «Теорія алгоритмів та програмування», «Бази даних», «Вступ до машинного навчання». Набуті при вивченні даного курсу знання та навички необхідні для виконання кваліфікаційної роботи та подальшої професійної діяльності.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. *Вступ до великих даних. Основні системи обробки великих даних. Машинне навчання: сутність та особливості застосування при обробці великих масивів даних*

Огляд курсу. Поняття обробки, здобуття даних. Концепції роботи з великими даними. Хеш-функція. Індокси. Основні системи обробки великих даних. Технології Hadoop та Spark: архітектура, основні компоненти, особливості та шляхи використання у практичній діяльності. Сутність, види, моделі та методи машинного навчання. Обробка великих масивів даних із застосуванням методів машинного навчання.

Змістовий модуль 2. *Модель розподілених обчислень Map Reduce та алгоритми, побудовані на її основі.*

Розподілені файлові системи. Map Reduce (Згортка-Відображення): призначення, області застосування, принцип роботи, обчислювальна модель, особливості та шляхи використання у практичній діяльності. Алгоритми, побудовані на MapReduce. Модель комунікативної вартості. Вступ до PySpark. Основні модулі PySpark. Основи машинного обчислення засобами PySpark.

Змістовий модуль 3. *Пошук схожих об'єктів.*

Додатки пошуку найближчого сусіда. Пошук нечітких дублікатів. Алгоритм шингли: сутність, умови використання. Канонізація тексту. Розбиття документів на шингли. Сигнатури множин із збереженням схожості. Хешування документів. Метрики. Застосування хешування з урахуванням близькості.

Змістовий модуль 4. *Аналіз потоків даних.*

Потокова модель даних. Вибірка даних з потоку. Діаграма потоків даних. Графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі. Фільтрація потоків. Підрахунок різних елементів у потоці. Оцінювання моментів.

Змістовий модуль 5. *Аналіз web-посилань.*

Алгоритм ранжирування web-посилань PageRank: сутність, формула, особливості використання при оцінюванні кількості й якості web-посилань. Ефективне обчислення PageRank. Тематичний PageRank. Посилальний спам. Хаби та авторитетні сторінки.

Змістовий модуль 6. *Рекомендаційні системи*

Поняття про модель рекомендаційної системи. Основні завдання та призначення рекомендаційних систем. Типи рекомендацій та рекомендаційних систем. Основні рекомендаційні моделі та алгоритми. Рекомендація на основі фільтрації вмісту. Рекомендаційні моделі на основі колаборативної фільтрації. Рекомендаційні моделі на основі аналізу контенту.

Змістовий модуль 7. *Пошук асоціативних правил. Основні методи та алгоритми.*

Задача пошуку асоціативних правил. Часті предметні набори. Модель кошиків покупок. Кошики покупок і алгоритм Apriori. Обробка великих наборів даних в оперативній пам'яті. Алгоритм з обмеженою кількістю проходів. Підрахунок частих предметних наборів в потоці.

Змістовий модуль 8. *Зниження розмірності. Основні методи та алгоритми.*

Зниження розмірності: поняття, основні методи та алгоритми зниження розмірності простору. Власні значення та власні вектори. Метод головних компонент. CUR-декомпозиція. Правильний вибір рядків і стовпців. Особливості використання при обробці великих даних.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів			
		Усього годин		Лекційні заняття, год		Практичні заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів	
		о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.	8	9				10
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		о/дф.	з/дист. ф.										
1	15	7	2	2	1	2	1	8	13	3	3	6	
2	15	7	2	4	1	4	1	8	13	3	3	6	
3	15	7	2	4	1	4	1	8	13	3	3	6	
4	15	7	2	4	1	4	1	8	13	6	6	12	
5	15	7	2	4	1	4	1	8	13	3	3	6	
6	15	7	2	4	1	4	1	8	13	3	3	6	
7	15	7	2	4	1	4	1	8	13	3	3	6	
8	15	7	2	2	1	2	1	8	13	6	6	12	
Усього за змістові модулі	120	56	16	28	8	28	8	64	104	30	30	60	
Підсумковий семестровий контроль залік	30							30	30	20	20	40	
Загалом		150						100					

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	Вступ до великих даних. Основні системи обробки великих даних. Машинне навчання: сутність та особливості застосування при обробці великих масивів даних.	2	1
2	Модель розподілених обчислень Map Reduce та алгоритми, побудовані на її основі.	4	1
3	Пошук схожих об'єктів.	4	1
4	Аналіз потоків даних.	4	1
5	Аналіз web-посилань.	4	1
6	Рекомендаційні системи	4	1
7	Пошук асоціативних правил. Основні методи та алгоритми.	4	1
8	Зниження розмірності. Основні методи та алгоритми.	2	1
	Всього	28	8

6. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	Вступ до великих даних. Основні системи обробки великих даних. Машинне навчання: сутність та особливості застосування при обробці великих масивів даних.	2	1
2	Модель розподілених обчислень Map Reduce та алгоритми, побудовані на її основі.	4	1
3	Пошук схожих об'єктів.	4	1
4	Аналіз потоків даних.	4	1
5	Аналіз web-посилань.	4	1
6	Рекомендаційні системи	4	1
7	Пошук асоціативних правил. Основні методи та алгоритми.	4	1
8	Зниження розмірності. Основні методи та алгоритми.	2	1
	Всього	28	8

7. Самостійна робота

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	Вступ до великих даних. Основні системи обробки великих даних. Машинне навчання: сутність та особливості застосування при обробці великих масивів даних.	8	13
2	Модель розподілених обчислень Map Reduce та алгоритми, побудовані на її основі.	8	13
3	Пошук схожих об'єктів.	8	13
4	Аналіз потоків даних.	8	13
5	Аналіз web-посилань.	8	13
6	Рекомендаційні системи	8	13
7	Пошук асоціативних правил. Основні методи та алгоритми.	8	13
8	Зниження розмірності. Основні методи та алгоритми.	8	13
	Всього	64	104

8. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи №1	Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи	1
	Звіт про виконання практичної роботи №1	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання практичної роботи	2
	Звіт про виконання самостійної роботи №1	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання самостійної роботи	3
Усього за ЗМ 1 контр. заходів	3			6
2	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи №2	Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи	1
	Звіт про виконання практичної роботи №2	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання практичної роботи	2
	Звіт про виконання самостійної роботи №2	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання самостійної роботи	3
Усього за ЗМ 2 контр. заходів	3			6
3	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи №3	Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи	1
	Звіт про виконання практичної роботи №3	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання практичної роботи	2
	Звіт про виконання самостійної роботи №3	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання самостійної роботи	3
Усього за ЗМ 3 контр. заходів	3			6
4	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи №4	Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи	1
	Звіт про виконання практичної роботи №4	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання практичної роботи	2
	Звіт про виконання самостійної роботи №4	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання самостійної роботи	3
	Контрольна робота №1	Контрольна робота у формі тестування проводиться на платформі MoodleZNU. Разом усі питання охоплюють увесь матеріал дисципліни за 3 змістовних модуля. Максимальна кількість балів за тест становить 6 балів.	Тестове завдання	6
Усього за ЗМ 4 контр. заходів	4			12

1	2	3	4	5
5	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи №5	Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи	1
	Звіт про виконання практичної роботи №5	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання практичної роботи	2
	Звіт про виконання самостійної роботи №5	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання самостійної роботи	3
Усього за ЗМ 5 контр. заходів	3			6
6	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи №6	Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи	1
	Звіт про виконання практичної роботи №6	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання практичної роботи	2
	Звіт про виконання самостійної роботи №6	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання самостійної роботи	3
Усього за ЗМ 6 контр. заходів	3			6
7	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи №7	Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи	1
	Звіт про виконання практичної роботи №7	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання практичної роботи	2
	Звіт про виконання самостійної роботи №7	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання самостійної роботи	3
Усього за ЗМ 7 контр. заходів	3			6
8	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи №8	Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Теоретичне опитування при захисті практичної роботи	1
	Звіт про виконання практичної роботи №8	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до практичних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання практичної роботи	2
	Звіт про виконання самостійної роботи №8	Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU	Звіт про виконання самостійної роботи	3
	Контрольна робота №2	Контрольна робота у формі тестування проводиться на платформі MoodleZNU. Разом усі питання охоплюють увесь матеріал дисципліни за 3 змістовних модуля. Максимальна кількість балів за тест становить 6 балів.	Тестове завдання	6
Усього за ЗМ 8 контр. заходів	4			12
Усього за змістові модулі контр. заходів	26			60

Примітка: До кожної практичної роботи потрібно скласти **звіт про її виконання**, який пояснює всі етапи виконання роботи. Звіт складається в електронному вигляді за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра та магістра математичного факультету і розміщуються на платформі MoodleZNU. Якість оформлення звіту враховується при оцінюванні роботи. У випадку, коли завдання включає розробку алгоритму та написання програмного коду, у звіт додаються алгоритм, програмний код для кожного завдання та вихідні файли розробленої програми.

Захист кожної практичної роботи є обов'язковим і потребує пояснення всіх етапів розв'язання завдання.

9. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Залік	Теоретичне завдання в MoodleZNU	Тестові завдання з тем курсу. Питання для підготовки викладено секції курсу «Підсумковий контроль» у системі MoodleZNU.	Підсумкове теоретичне завдання у формі тестування проводиться на платформі Moodle. Разом усі питання охоплюють увесь матеріал дисципліни. Максимальна кількість балів за підсумковий тест становить 20 балів.	20
	Практичне завдання в MoodleZNU	Змістовна форма практичного завдання відповідає завданням у практичних роботах, розв'язуваних протягом семестру.	Підсумкове практичне завдання у формі Завдання (розв'язання задач з наданням повної відповіді) проводиться на платформі Moodle. Максимальна кількість балів за підсумкове практичне завдання становить 20 балів.	20
Усього за підсумковий семестровий контроль				40

10. Рекомендована література

Основна:

1. Марченко О. О., Россада Т. В. Актуальні проблеми Data Mining : навч. посіб. для студентів факультету комп'ютерних наук та кібернетики. Київ : КНУ ім. Т. Шевченка, 2017. 150 с.
2. Кононова К. Ю. Машинне навчання : методи та моделі : підручник. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 301 с.
3. Черняк О. І. Інтелектуальний аналіз даних : підручник. Київ : Знання, 2014. 599 с.
4. Шаховська Н. Б. Програмне та алгоритмічне забезпечення сховищ та просторів даних : монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2010. 194 с.
5. Бідюк П. І., Гожий О. П. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень. Київ : ВПК «Політехніка», 2010, 335 с.

Додаткова:

6. Бахрушин В. Є. Методи аналізу даних : навч. посіб. для студентів. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с.
7. Бідюк П. І., Романенко В. Д., Тимощук О. Л. Аналіз часових рядів : підручник. Київ : ВПК «Політехніка», 2013. 599 с.
8. Данильченко О. М., Данильченко А. О. Інтелектуальний аналіз даних : навч. посіб. Житомир : ЖДТУ, 2009. 405 с.
9. Інформаційні технології : навч. посіб. / під заг. ред. А. В. Нелєпова. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 200 с.
10. Кундрат А. М., Кундрат М. М. Науково-технічні обчислення засобами MathCAD та MS Excel : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2014. 252 с.
11. Литвин В. В. Методи та засоби інженерії даних та знань. Львів : Магнолія-2006, 2012. 241 с.
12. Нестеренко О. В., Савенков О. І., Фаловський О. О. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. Київ : Національна академія управління, 2016. 188 с.
13. Нікітенко О. М. Maple. Розв'язання інженерних та наукових задач : навч. посіб. Харків : ХНУРЕ, 2014. 289 с.
14. Ситник В. Ф., Краснюк М. Т. Інтелектуальний аналіз даних (дейтамайнінг): навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2007. 376 с.
15. Снитюк В. Є. Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми : навч. посіб. Київ : Маклаут, 2008. 364 с.
16. Томашевський О. М., Цегелик Г. Г., Вітер М. Б., Дудук В. І. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2012. 296 с.
17. Юрченко М. Є. Прогнозування та аналіз часових рядів: методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів. Чернігів: ЧНТУ, 2018. 88 с.
18. Berry M. J. A., Linoff G. S. Data Mining Techniques. New York : Wiley Publishing Inc., 2004. 670 p.
19. Buyan M. Intelligent Instrumentation : Principles and Applications. London, New York : CRC Press, Boca Raton. 2010. 547 p.
20. Dennis A., Wixom B. H., Roth R. M. Systems analysis and design. New York : John Wiley & Sons. 2019. 594 p.
21. Di Ciaccio A., Coli M., Angulo Ibanez J. M. Advanced Statistical Methods for the Analysis of Large Data. Berlin : Springer, 2012. 136 p.
22. Zgurovsky M. Z., Pankratova N. D. System analysis : Theory and Applications. Berlin : Springer. 2007. 475 p.
23. Aytas Yu. Designing Big Data Platforms : How to Use, Deploy, and Maintain Big Data Systems. New York : John Wiley & Sons, 2021. 326 p.

Інформаційні ресурси

1. What is big data? More than volume, velocity and variety. *IBM Developer*. URL : https://developer.ibm.com/blogs/what-is-big-data-more-than-volume-velocity-and-variety/?mhsrc=ibmsearch_a&mhq=big%20data.
2. Великі дані (Big Data). *TADVISER. Government. Business. IT*. URL : http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Большие_данные_%28Big_Data%29#cite_note-g-6.
3. Big Data. Technologies for work with Big Data. *TADVISER. Government. Business. IT*. URL : https://tadviser.com/index.php/Big_Data.
4. Big Data від А до Я. Частина 1: Принципи роботи з великими даними, парадигма MapReduce. *Хабр*. URL : <https://habrahabr.ru/company/dca/blog/267361>.
5. Електронні ресурси з математики. *Бібліотека TWIRPX*. URL : https://www.twirpx.com/files/#files_mathematics.
6. Електронні ресурси з інформатики та обчислювальної техніки. *Бібліотека TWIRPX*. URL : https://www.twirpx.com/files/#files_informatics.
7. Наукові ресурси. *Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського*. URL : <http://www.nbuv.gov.ua/node/1539>.
8. Mathematics. *UMass Boston Open Courseware*. URL : <http://ocw.umb.edu/mathematics.html>.
9. Science, Maths & Technology. *Learning Space. The Open University*. URL : <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology>