Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій (№ 302)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК 2

(підпис) Дмитро КРИЦЬКИЙ (ініціали та прізвище)

«30» 08 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Інформаційні технології аналізу великих даних

(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 10 «Природничі науки», 11 «Математика та статистика», 12 «Інформаційні технології», 15 «Автоматизація та приладобудування», 16 «Хімічна та біоінженерія», 17 «Електроніка та телекомунікації», 19 «Архітектура та будівництво», 27 «Транспорт»

(шифри і найменування галузей знань)

Спеціальності: 101 «Екологія», 103 «Науки про Землю», 113 «Прикладна математика», 121 «Інженерія програмного забезпечення», 122 «Комп'ютерні науки», 123 «Комп'ютерна інженерія», 124 «Системний аналіз», 125 «Кібербезпека», 125 «Кібербезпека та захист інформації», 126 «Інформаційні системи та технології», 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» (ОП «Інтелектуальні безпілотні транспортні засоби»), 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (ОП «Комп'ютерно-інтегроване управління в енергетиці»), 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», 153 «Мікро- та наносистемна техніка», 163 «Біомедична інженерія», 172 «Телекомунікації та радіотехніка», 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», 173 «Авіоніка», 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», 175 «Інформаційно-вимірювальні технології», 176 «Мікро- та наносистемна техніка», 193 «Геодезія та землеустрій», 272 «Авіаційний транспорт»

(коди та найменування спеціальностей)

Освітні програми: усі освітні програми відповідних спеціальностей

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник: ЛЕЩЕНКО Ю.О., доцент, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання) (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
(назва кафедри)

Протокол № _671/07_ від « 27 » _08_ 2024 р.

Завідувач кафедри _д.т.н., проф._____ _____ __Олег ФЕДОРОВИЧ__
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

1. **Опис навчальної дисципліни**

<table>
<tr><td>Найменування показників</td><td>Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти</td><td>Характеристика навчальної дисципліни
(денна форма навчання)</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5.</td><td rowspan="15">Освітня програма:
усі освітні програми відповідних спеціальностей
(найменування)

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)</td><td>Індивідуального вибору</td></tr>
<tr><td>Кількість модулів – 1.</td><td>Навчальний рік</td></tr>
<tr><td>Кількість змістових модулів – 2.</td><td>2024/2025</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне завдання – немає.</td><td>Семестр</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин – 64/150.</td><td>7-й</td></tr>
<tr><td>Лекції 1)</td></tr>
<tr><td rowspan="9">Кількість тижневих годин для денної форми навчання:
- аудиторних – 4 години;
- самостійна робота – 5 годин.</td><td>32 години.</td></tr>
<tr><td>Практичні, семінарські 1)</td></tr>
<tr><td>32 години.</td></tr>
<tr><td>Лабораторні 1)</td></tr>
<tr><td>0 годин.</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>86 годин.</td></tr>
<tr><td>Вид контролю</td></tr>
<tr><td>Модульний контроль, іспит.</td></tr>
</table>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить – 64/86.

[1)] Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: отримати теоретичні знання щодо підходів до аналізу великих даних та набути практичних навичок використання сучасних інформаційних технологій для їх обробки та аналізу.

Завдання: підготувати фахівців, які зможуть використовувати методологію та технології великих даних, реалізовувати відповідні методи, алгоритми для проведення досліджень в різних областях, за допомогою сучасних інформаційних технологій, перевіряти та інтерпретувати отримані результати.

Компетентності, якими мають оволодіти здобувачі освіти:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв’язності та нерозв’язності алгоритмічних проблем для моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем;

- здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики;
- здатність реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, знань і сховища даних, виконувати розподілену обробку великих наборів даних на кластерах стандартних серверів для забезпечення обчислювальних потреб користувачів, у тому числі на хмарних сервісах;
- 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;
- здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

Програмні результати навчання:
- 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;
- використовувати знання закономірностей випадкових явищ, їх властивостей та операцій над ними, моделей випадкових процесів та сучасних програмних середовищ для розв'язування задач статистичної обробки даних і побудови прогнозних моделей;
- використовувати методи обчислювального інтелекту, машинного навчання, нейромережевої та нечіткої обробки даних, генетичного та еволюційного програмування для розв'язання задач розпізнавання, прогнозування, класифікації, ідентифікації об'єктів керування тощо;
- використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах;
- використовувати інструментальні засоби розробки клієнт-серверних застосувань, проектувати концептуальні, логічні та фізичні моделі баз даних, розробляти та оптимізувати запити до них, створювати розподілені бази даних, сховища та вітрини даних, бази знань, у тому числі на хмарних сервісах, із застосуванням мов веб-програмування;
- 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 Data Mining, Text Mining, Web Mining.

Пререквізити: дисципліна «Інформаційні технології аналізу великих даних» базується на знаннях з:
- структур даних;
- вступу до спеціальності;
- мобільних та хмарних технологій;
- статистичних і імовірнісних методів дата-аналізу;
- розробки баз даних та знань;
- технологій створення програмних продуктів;
- іноземної мови.

Ряд теоретичних відомостей, що стосуються машинного навчання, можуть вивчатися паралельно з дисципліною «Створення систем штучного інтелекту та машинне навчання», що вивчається на 7 семестрі навчання рівня бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.
Змістовий модуль 1. Основи Big Data та робота з ними.

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Комп'ютерні технології обробки та аналізу Big-Data». Область застосування Data Science і Big Data.

Предмет, об’єкт, мета і задачі вивчення дисципліни. Місце і роль курсу в системі дисциплін. Область застосування Data Science і Big Data.

Тема 2. Процес Data Science та його етапи.

Огляд процесу Data Science та його етапів. Визначення цілей дослідження та створення проектного завдання. Збір даних.

Тема 3. Очищення, інтеграція та перетворення даних.

Очищення, інтеграція та перетворення даних. Дослідницький аналіз даних. Побудова моделей. Діагностування та порівняння моделей. Надання результатів та їх застосування.

Тема 4. Робота з великими даними. Вибір та застосування ефективного алгоритму та структури даних.

Робота з великими обсягами даних. Методи обробки великих обсягів даних. Алгоритми, структури даних та інструменти. Особливості роботи з великими наборами даних, їх застосування на практиці.

Тема 5. Розподіл зберігання та обробка великих даних.

Розподіл зберігання та обробка великих даних у різних інфраструктурах. Hadoop. Spark. Lambda та Kappa архітектури оброблення великих даних.

Тема 6. Робота з сучасними базами даних. NoSQL.

Базові принципи реляційних баз даних. Теорема CAP. Базові принципи баз даних NoSQL. Типи баз даних. Застосування у різних сферах.

Тема 7. Графові бази даних та їх застосування.

Пов’язані дані. Графові бази даних та сфера їх застосування. Типи графових баз даних.

Модульний контроль.

Змістовий модуль 2. Проведення аналізу великих даних та їх візуалізація.

Тема 8. Поглиблений аналіз тексту та методи його аналізу.

Поглиблений аналіз тексту. Методи поглибленого аналізу тексту. Приклад застосування.

Тема 9. Аналіз веб-сайтів, які надають відкриті дані, їх формати та засоби оброблення.

Можливості інструментів аналізу даних. Традиційна аналітика великих даних та аналітика нового покоління. Життєвий цикл аналізу даних. Відкриті дані, їх формати та засоби обробки. Веб-скрепінг. Витягування, перетворення та завантаження даних.

Тема 10. Процедура імпорту даних. Імпорт даних з мережі Інтернет. Засоби для кореляційного аналізу.

Статистичні підходи до аналітики великих даних. Імпорт даних та файлів з мережі Інтернет. Описова статистика в Pandas. Засоби для кореляційного аналізу в Pandas.

Тема 11. Оброблення відсутніх даних. Перетворення типів даних. Маніпулювання дата фреймами.

Оброблення відсутніх даних. Перетворення типів даних. Маніпулювання дата фреймами.

Тема 12. Регресійний аналіз даних. Помилки в аналізі даних та прогнозній аналітиці. Оцінка помилок регресії.

Методи та типи аналізу машинного навчання. Регресійний аналіз. Типи регресійного аналізу. Застосування регресійного аналізу. Помилки в аналізі даних та прогнозній аналітиці. Оцінка помилок регресії**.**

Тема 13. Алгоритми класифікації даних. Модель класифікатора дерева рішень.

Проблеми класифікації. Алгоритми класифікації . Візуалізація класифікацій. Застосування та валідація класифікацій.

Тема 14. Типи візуалізації даних. Візуалізація аномалій.

Типи візуалізації даних. Модуль Pyplot. Інструмент Plotly. Візуалізація аномалій.

Модульний контроль.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	разом	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Основи Big Data та робота з ними						
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Комп'ютерні технології обробки та аналізу Big-Data». Область застосування Data Science і Big Data	12	2	2	-	-	8
Тема 2. Процес Data Science та його етапи	9	2	2	-	-	5
Тема 3. Очищення, інтеграція та перетворення даних	4	2	2	-	-	-
Тема 4. Робота з великими даними. Вибір та застосування ефективного алгоритму та структури даних	12	2	2	-	-	8
Тема 5. Розподіл зберігання та обробка великих даних	4	2	2	-	-	-
Тема 6. Робота з сучасними базами даних. NoSQL	23	2	2	-	-	19
Тема 7. Графові бази даних та їх застосування	21	2	-	-	-	19
Модульний контроль	2	2	-	-	-	-
Разом за змістовним модулем 1	**87**	**16**	**12**	**0**	**0**	**59**
Змістовий модуль 2. Проведення аналізу великих даних та їх візуалізація						
Тема 8. Поглиблений аналіз тексту та методи його аналізу	7	2	2	-	-	3
Тема 9. Аналіз веб-сайтів, які надають відкриті дані, їх формати та засоби оброблення	6	2	4	-	-	-
Тема 10. Процедура імпорту даних. Імпорт даних з мережі Інтернет. Засоби для кореляційного аналізу	12	2	4	-	-	6
Тема 11. Оброблення відсутніх даних. Перетворення типів даних. Маніпулювання дата фреймами	4	2	2	-	-	-
Тема 12. Регресійний аналіз даних. Помилки в аналізі даних та прогнозній аналітиці. Оцінка помилок регресії	12	2	4	-	-	6
Тема 13. Алгоритми класифікації даних. Модель класифікатора дерева рішень	12	2	4	-	-	6
Тема 14. Типи візуалізації даних. Візуалізація аномалій	10	2	2	-	-	6
Модульний контроль	2	2	-	-	-	-
Разом за змістовним модулем 2	**63**	**16**	**20**	**0**	**0**	**27**
Разом годин	**150**	**32**	**32**	**0**	**0**	**86**

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Програмування та аналіз великих даних. Застосування найпоширеніших мов	2
2	Використання середовища MatLab для обробки та аналізу даних	2
3	Знайомство та початок роботи з Python	2
4	Застосування Python у Google Colaboratory	2
5	Управління файлами в Google Colaboratory	2
6	Типи даних та узагальнення даних	2
7	Основи роботи з SQLite	2
8	Візуалізація даних	2
9	Довірчі інтервали та початкове завантаження	2
10	Перевірка гіпотез та рандомізація	2
11	Нормальний розподіл та центральна гранична теорема	2
12	Критерії хі-квадрат та дисперсійний аналіз	2
13	Лінійна регресія	2
14	Множинна лінійна регресія	2
15	Нейронні мережі	2
16	Випадкові ліси	2
	Разом	**32**

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено навчальним планом	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Основні джерела Big Data	8
2	Тема 2. Засоби імплементації Big Data проектів	5
3	Тема 4. Рекомендаційні системи у базах даних	8
4	Тема 6. Дослідження даних. Підготовка та обробка	19

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
5	Тема 7. Застосування графових баз даних на практиці	19
6	Тема 8. Класифікація повідомлень	3
7	Тема 10. Засоби для кореляційного аналізу в Pandas	6
8	Тема 12. Машинне навчання. Типи машинного навчання. Сфера застосування	6
9	Тема 13. Застосування методу випадкового лісу на практиці	6
10	Тема 14. Класифікація сховищ даних	6
	Разом	**86**

9. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальних консультацій (при необхідності) та самостійна робота здобувачів за представленими матеріалами.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінального контролю у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

12.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання)

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних завдань	3…5	8	24...40
Модульний контроль	6…10	1	6…10
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних завдань	3…5	8	24...40
Модульний контроль	6…10	1	6…10
Разом за семестр			**60…100**

Допуск здобувача до іспиту здійснюється за умови, якщо виконані і захищені всі практичні завдання на 3 (по 3 бали) (16 п.з. * 3 б.+2 модулі * 6 б. = 48 б. + 12 б. = 60 б.).

Білет для іспиту складається з 2 теоретичних запитань та практичного запитання. За повну правильну відповідь на два перших запитання здобувач отримує по 30 балів. За повну правильну відповідь на останнє запитання – 40 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- мати чіткі уявлення про області застосування великих даних, процес Data Science, при роботі з великими даними;
- знати методи очищення, інтеграції та перетворення даних;
- розумітися на принципах роботи з великими даними, аспектах вибору алгоритмів обробки даних і відповідних структур даних;
- знати технології розподілення і зберігання великих даних;
- знати технології SQL і NoSQL, графові бази даних, основні методі і технології аналізу тексту;
- розумітися на способах і технологіях візуалізації даних.

Необхідний обсяг вмінь для отримання позитивної оцінки:

- на практиці вміти застосовувати інструменти та моделі аналізу великих даних;
- будувати і обирати моделі даних, виконувати попередню обробку даних (очищення, інтеграцію, перетворення даних та інше);
- вміти обирати ефективний алгоритм / технологію обробки даних, а також структури для роботи з великими даними;
- застосовувати методологію розподілення і зберігання великих даних;
- вміти використовувати сучасні бази даних;
- проводити аналіз тексту, застосовувати класифікатори повідомлень, методи аналізу даних високого рівня, а також технології візуалізації даних;
- виконувати дослідження реальних сховищ даних;
- презентувати результати проведених досліджень з використанням цих ресурсів та технологій.

12.3. Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні завдання. Знати основні поняття, визначення та терміни аналізу великих даних. Вміти розв’язувати найпростіші практичні завдання. Відпрацювати всі практичні заняття та написати модулі.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум знань. Показати вміння виконувати практичні завдання та захищати їх в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів. Знати усі основні поняття, визначення, терміни, методи, алгоритми та технології, що представлені в курсі.

Відмінно (90-100). В повному обсязі знати основний та додатковий матеріал. Знати всі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконало знати усі основні поняття, методи, алгоритми та технології, що представлені у курсі. Знати та вміти працювати з сучасними базами даних, що працюють з великими даними. Вміти розв'язувати практичні завдання в обумовлені викладачем терміни з докладним поясненням та обґрунтуванням рішень і запропонованих заходів.

13. Рекомендована література

Базова

1. Ng A. Numsense! Data Science for the Layman [Text] / A. Ng, K. Soo, 2017. – 147p.
2. Бахрушин В.Є. Методи аналізу даних: навчальний посібник для студентів / В.Є. Бахрушин. – Запоріжжя: КПУ, 2011. – 268 с.
3. Бахрушин В.Є. Аналіз даних: Конспект лекцій. – Запоріжжя: ГУ "ЗІДМУ", 2006. – 170 с.
4. Литвин, В. В. Аналіз даних та знань: навч. посібник / В. В. Литвин, В. В. Пасічник , Ю. В. Нікольський. - Львів : Магнолія 2006, 2018. – 276 с.
5. Cielen D. Introducing Data Science: Big data, machine learning, and more, using Python tools [Text] / D. Cielen, Arno D. B. Meysman, M. Ali. – Manning Publications Co., 2016. – 322 p.
6. McKinney W. Python for Data Analysis [Text] / W. McKinney – O'Reilly Media, 2013. – 454 p.
7. Brown M. S. Python Data Science The Bible. The Ultimate Beginner's Guide to Learn Data Analysis, from the Basics and Essentials, to Advance Content! (Python Programming, Python Crash Course, Coding Made Easy Book) [Text] / M. S. Brown, 2019. – 91p.
8. Brown M. S. Python Data Science Python Data Science: The Ultimate Crash Course for Data Analysis (Computer Programming Book 2) [Text] / M. S. Brown, 2020. – 232p.
9. Weigend A. Data for the People: How to Make Our Post-Privacy Economy Work for You [Text] / A. Weigend. – Basic Books, 2017. – 357p.
10. Campbell A. Python for Data Science Clear and Complete Guide to Data Science and Analysis with Python [Text] / Alex Campbell, 2021. – 199p.
11. Williams E. Python for Data Science: The Ultimate Beginners' Guide to Learning Python Data Science Step by Step [Text] / E. Williams, 2019. – 201p.
12. Hacking T. Python Data Science: How to learn Step By Step. Programming, Data Analytics, and Coding Essentials Tools. Beginners Guide [Text] / T. Hacking. – Independently published, 2019. – 199p.
13. Brogan O. Python for Beginners: Master Data Science, Artificial Intelligence and Machine Learning with this Smart Python Programming Language Guide [Text] / O. Brogan. – Kindle, 2020. – 302p.
14. Brogan O. Python for Data Science: A step-by-step Python Programming Guide to Master Big Data, Analysis, Machine Learning, and Artificial Intelligence [Text] / O. Brogan. – Kindle, 2020. – 158p.
15. Russell M. A. Mining the Social Web [Text] / M. A. Russell, M. Klassen. – 3th Edition. – O'Reilly Media, 2019. – 432p.
16. Bengfort B. Applied Text Analysis with Python [Text] / B. Bengfort, R. Bilbro, T. Ojeda. – O'Reilly Media, 2016. – 334 p.
17. Lutz M. Python: Pocket Reference [Text] / M. Lutz. – 5th Edition. – O'Reilly Media, 2014. – 254 p.
18. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications. The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems [Text] / M. Kleppmann. – O'Reilly Media, 2017. – 590 p.

Допоміжна

1. Spiegelhalter D. The Art of Statistics: How to Learn from Data [Text] / D. Spiegelhalter. – Pelican, 2020. – 448 p.
2. Morrow J. Be Data Literate: The Data Literacy Skills Everyone Needs To Succeed [Text] / J. Morrow. – Kogan Page, 2021. – 240p.
3. Raichand A. Practical Data Analysis with Python [Text] / A. Raichand, 2015. – 114p.
4. AllChin C. Communicating with Data. Making Your Case with Data [Text] / C. AllChin. – O'Reilly Media, 2021. – 338 p.
5. Провост Ф. Data Science для бізнесу. Як збирати, аналізувати і використовувати дані [Текст] / Ф. Провост. – Наш Формат, 2019. – 400с.
6. Маттес Е. Пришвидшений курс Python. Практичний, проєктно-орієнтований вступ до програмування [Текст] / Е. Маттес. – Видавництво Старого Лева, 2021. – 600с.
7. Danial A. Python for MATLAB Development [Text] / A. Danial. – APress, 2022. – 700p.
8. О'Ніл К. Big data. Зброя математичного знищення. Як великі дані збільшують нерівність і загрожують демократії [Текст] / К. О'Ніл. – Book Chef, 2020. – 336с.
9. White T. Hadoop: The Definitive Guide [Text] / T. White. – 4th Edition. – O'Reilly Media, 2015. – 768p.

14. Інформаційні ресурси

1. Erwin Data Modeler. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://erwin.com/products/erwin-data-modeler/
2. Erwin DM NoSQL. Data modeling for NoSQL databases [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.sandhill.co.uk/products/erwin-dm-nosql/
3. Apache Hadoop [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hadoop.apache.org/
4. MatLab [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.mathworks.com
5. Udemy [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.udemy.com/
6. Coursera [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.coursera.org/
7. Prometheus [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://prometheus.org.ua/
8. Google Colaboratory [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://colab.research.google.com/notebooks/welcome.ipynb?hl=uk
9. Портал відкритих даних України // Електронний ресурс. Режим доступу: https://data.gov.ua
10. Сайт науково-технічної бібліотеки університету [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://library.khai.edu.
11. Сайт дистанційного навчання університету «Ментор» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=8449