

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра кібернетики і прикладної математики**



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Декан факультету математики  
та цифрових технологій  
Микола МАЛЯР  
\_\_\_\_\_ 2023 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ОСНОВИ МАШИННОГО НАВЧАННЯ  
+ курсова робота**

Рівень вищої освіти	<b>перший (бакалаврський)</b>
Галузь знань	<b>11 Математика та статистика</b>
Спеціальність	<b>113 Прикладна математика</b>
Освітня програма	<b>Системи штучного інтелекту</b>
Статус дисципліни	<b>обов'язкова</b>
Мова навчання	<b>українська</b>

**Ужгород 2023**

Робоча програма навчальної дисципліни «**Основи машинного навчання**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **11 Математика та статистика** спеціальності **113 Прикладна математика** освітньої програми **Системи штучного інтелекту**.

**Розробник:** Кондрук Н. Е., доцент, к.т.н, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри **кібернетики і прикладної математики**.

Протокол № 12 від «05» 06 2023 року.

Завідувач кафедри П Павло МУЛЕСА

Схвалено науково-методичною комісією **факультету математики та цифрових технологій**.

Протокол № 10 від «20» червня 2023 року.

Голова науково-методичної комісії Н Наталія ЮРЧЕНКО

© Кондрук Н.Е., 2023 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2023 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	Денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 6	Рік підготовки:
Загальна кількість годин – 180	<b>3-й</b>
Кількість модулів – 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання:  аудиторних – 4,5  самостійної роботи студента – 4,5  індивідуальної роботи під керівництвом викладача – 30	<b>6-й</b>
	Лекції:
	<b>36</b>
	Практичні (семінарські):
	-
Вид підсумкового контролю: екзамен Курсова робота: диф. залік.	Лабораторні:
	<b>38</b>
Форма підсумкового контролю: усна.	Самостійна робота:
	<b>76</b>

## **2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Метою вивчення дисципліни «Основи машинного навчання» є формування у студентів високого рівня компетентностей щодо базових понять машинного навчання, основних алгоритмів машинного навчання, особливостей їх застосування в умовах розвитку сучасних інформаційних технологій, що сприятиме високій конкурентоспроможності на ринках праці та є основою їх висококваліфікованої професійної діяльності.**

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

- ЗК01. Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК03. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК04. Здатність бути критичним і самокритичним.
- ЗК05. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК06. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК08. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК10. Навички у використанні інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК13. Навички міжособистісної взаємодії.
- ЗК16. Здатність до планування та розподілу часу.
- ЗК17. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.
- ФК04. Здатність розробляти алгоритми та структури даних, програмні засоби та програмну документацію.
- ФК08. Здатність використовувати сучасні технології програмування та тестування програмного забезпечення.
- ФК09. Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.
- ФК12. Здатність до пошуку, систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного й закордонного досвіду, пов'язаного із застосуванням математичних методів для дослідження різноманітних процесів, явищ та систем.
- ФК13. Здатність зрозуміти постановку завдання, сформульовану мовою певної предметної галузі, здійснювати пошук та збір необхідних вихідних даних.
- ФК14. Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.
- ФК17. Здатність адаптовувати методи машинного навчання, інтелектуального аналізу даних для вирішення конкретних задач із різних прикладних областей, проводити відповідні дослідження із аналізом одержаних результатів.
- ФК18. Здатність ефективно використовувати технології штучного інтелекту при розробці систем підтримки прийняття рішень, інтелектуальних інформаційно-аналітичних систем.

## **3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Основи машинного навчання» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

- ОК 7. Алгебра і геометрія.  
 ОК6. Математичний аналіз.  
 ОК 10. Теорія ймовірностей і математична статистика;  
 ОК 11. Функціональний аналіз  
 ОК 14. Інтелектуальні технології Data Mining.  
 ОК 15. Вступ до програмування. Python.

#### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Системи штучного інтелекту», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.	РН01
Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів	РН03
Володіти методиками вибору раціональних методів та алгоритмів розв'язання математичних задач оптимізації, дослідження операцій, оптимального керування і прийняття рішень, аналізу даних.	РН10
Вміти застосовувати сучасні технології програмування та розроблення програмного забезпечення, програмної реалізації чисельних і символічних алгоритмів.	РН11
Розв'язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині.	РН12
Виявляти здатність до самонавчання та продовження професійного розвитку.	РН14
Демонструвати навички взаємодії з іншими людьми, уміння працювати в команді.	РН16
Вміти обирати, застосовувати та адаптовувати методи Data Mining та машинного навчання для розв'язання прикладних задач	РН21

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Основи машинного навчання»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Розуміння основних класів задач машинного навчання	РН01, РН14, РН21
Застосування відповідних методів машинного навчання до певних класів прикладних задач (за наявності комп'ютерної техніки та відповідного ПЗ), навички проведення комп'ютерного експерименту для налаштування гіперпараметрів алгоритмів	РН01, РН03, РН10, РН11, РН21
Аналіз, оцінка отриманих результатів, пошук альтернативних методів розв'язання	РН03, РН21
Навички знаходити дані для дослідницьких задач	РН12, РН14
Навички роботи в малих групах, розподіляти обов'язки та завдання, ефективно планувати свій час, представляти результати досліджень.	РН16, РН14

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### Методи навчання

Пояснювально-ілюстративний метод, пошуковий та дослідницький методи.

### Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є: презентація, захист лабораторних робіт, завдання на комп'ютерному обладнанні.

### Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: виконання та захист лабораторних завдань;  
 Форма модульного контролю: модульна контрольна робота;  
 Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен.

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота		Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	30	100
-	70		

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота		Модульна контрольна робота	Сума
T3	T4	30	100
40	30		

### Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Лабораторні роботи (виконання, презентація, захист)	3	70	4	70
Модульна контрольна робота	1	30	1	30
<b>Разом</b>		<b>100</b>		<b>100</b>

### Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

**Методика оцінювання.** Матеріал кожного модуля, який здобувачі вищої освіти повинні засвоїти протягом семестру, виноситься на одну з двох модульних контрольних робіт, що проводяться в кожному семестрі.

Модульна контрольна робота складається із 3-ох теоретичних питань, кожне з яких оцінюється в 10 балів.

Невиконані та незахищені лабораторні роботи, а також неявка на модульну контрольну роботу оцінюються в 0 балів незалежно від причини невиконання (неявки).

Сумарна оцінка (від 0 до 100 балів) виставляється у відомість модульного контролю. Модуль зараховується, якщо сумарний бал складає не менше 60 балів, і зараховано всі лабораторні роботи, які є складовими даного модуля.

Здобувач вищої освіти, який не з'явився на модульну контрольну роботу, або ж його модульна оцінка складає від 0 до 34 балів, зобов'язаний скласти (перескласти) модуль до початку підсумкового контролю у строки, визначені викладачем дисципліни та погоджені деканатом факультету.

### Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

**Екзаменаційна методика оцінювання.** До складання екзамену допускаються здобувачі вищої освіти, які мають підсумковий доекзаменаційний рейтинговий бал не менше 35 і, яким зараховано всі лабораторні роботи.

Підсумкова рейтингова доекзаменаційна оцінка визначається як середньоарифметичне значення двох модулів.

Здобувач вищої освіти, доекзаменаційний рейтинговий бал якого складає від 0 до 34 балів, зобов'язаний покращити його до початку екзамену під час чергування викладачів на кафедрі у строки, визначені викладачем дисципліни та погоджені деканатом факультету. В протилежному випадку, здобувач не допускається до екзамену, і у нього виникає академічна заборгованість.

Екзамен з навчальної дисципліни здобувач вищої освіти може не складати, якщо він успішно пройшов усі модульні контролю та його влаштовує підсумкова доекзаменаційна рейтингова оцінка за навчальний рік. Здобувачі вищої освіти, рейтинговий бал яких становить від 35 до 59, екзамен складають обов'язково. Здобувач освіти може підвищити на екзамені рейтинговий бал, при цьому, за результатами складання екзамену оцінка не може бути менша за доекзаменаційний рейтинговий бал.

Екзамен проводиться в усній формі. Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Оцінювання результатів навчання на екзамені здійснюється за 100-бальною шкалою. Оцінка за екзамен вноситься у відомість обліку успішності.

### Таблиця відповідності оцінок за різними шкалами оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	Зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## Критерії оцінювання курсової роботи

Рейтинг студента складається з балів, які він отримує за самостійне виконання курсової роботи у відповідності до теми.

Виконання курсової роботи, зокрема, передбачає:

1. Створення працюючого програмного продукту або інформаційно-аналітичної системи, які би відповідали призначенню, визначеному обраною темою, забезпечували потрібну функціональність для проведення комп'ютерного моделювання та реалізації поставлених завдань.

2. Оформлення роботи згідно вимог, які передбачені «Методичними рекомендаціями до написання та оформлення наукових робіт студентів спеціальності 113 Прикладна математика».

3. захист курсової роботи.

Усі етапи виконання роботи повинні виконуватись вчасно у відповідності до графіка навчального процесу. Загальна система балів включає оцінку змісту роботи (до 50 балів), її оформлення (до 20 балів) та захисту (до 30 балів).

1. Програмний продукт чи інформаційно-аналітична система: «відмінно» (45-50 балів), відповідає усім вимогам, визначеним під час постановки задачі, повністю забезпечує потрібну функціональність для реалізації поставлених завдань; «добре» (37-44 бали), може бути допущена незначна неточність в реалізації одної з функцій або незначне зауваження до інтерфейсу; «задовільно» (30-36 бали), загалом працююча програма чи система з суттєвими зауваженнями до функціональності, або неврахування вимоги стійкості коду, або недостатньо розвинений інтерфейс (наприклад, такий, що не дає доступу до усіх функціональних можливостей, або використання термінології, не зрозумілої ймовірному користувачу, або інше подібне); «незадовільно» (0 балів), програма чи система не забезпечує роботу більше 40% потрібних функцій або виконана не самостійно (цей факт може бути з'ясований під час захисту або співбесіди під час демонстрації працездатності програми, під час перевірки на наявність плагіату).

2. Оформлення роботи: «відмінно» (19-20 балів) відповідає практично усім (90-100%) вимогам, щодо текстового матеріалу, містить потрібний ілюстративний та графічний матеріал, лістинг програмних модулів повний та має змістовні коментарі; «добре» (15-18 балів), вимоги виконано на рівні 75-90%, або робота має зауваження щодо повноти забезпечення ілюстративним матеріалом або до якості виконання даного матеріалу; «задовільно» (12-14 балів), робота може мати значні зауваження щодо якості текстового матеріалу та повноти забезпечення ілюстративним матеріалом (крім обов'язкових складових); «незадовільно», робота не має необхідних складових, або не відповідає більшості вимог, автору запропоновано переробити пояснювальну записку і далі діяти відповідно загального графіку перездач заборгованостей.

3. захист курсової роботи: «відмінно» (27-30 балів), студент демонструє вільне володіння теоретичним матеріалом, відповідає на усі додаткові теоретичні і практичні запитання стосовно своєї роботи, обґрунтовує обрані методи дослідження та технології для реалізації; «добре» (22-26 балів), під час відповідей на теоретичні питання можливі незначні неточності; «задовільно» (18-21 балів), можливі неправильні відповіді, які свідчать про виконання роботи з використанням деяких готових алгоритмів без їх творчого опрацювання; «незадовільно» (0 балів), студент не може продемонструвати готовий програмний продукт, не може його коректно прокоментувати, що свідчить про роботу у співавторстві.

Максимальна сума балів складає 100. Сума балів за кожний з трьох складових оцінювання курсової роботи переводиться до підсумкової оцінки згідно таблиці відповідності оцінок за різними шкалами оцінювання.

### Визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті

Визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті здійснюється на добровільній основі та передбачає підтвердження того, що здобувач досяг необхідних результатів навчання наявним іменним сертифікатами успішного проходження онлайн-курсу «Introduction to Machine Learning: Supervised Learning» платформи Coursera

(<https://www.coursera.org/programs/program-dierzhavnii-vishchii-navchal-nii-zaklad-uzhghorods-kii-natsional-nii/learn/introduction-to-machine-learning-supervised-learning?source=search>). Таким чином, отриманим сертифікатом може бути перезарахований Модуль 1 та оцінений, на основі рейтингів успішності за даним онлайн-курсом наданим здобувачем.

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1

**Тема 1.** Основні поняття та задачі машинного навчання.

Історія виникнення методів машинного навчання. Завдання і проблеми, які вирішуються методами машинного навчання. Приклади областей застосування машинного навчання. Оцінка якості машинного навчання. Види даних: структуровані таблиці, тексти, зображення, звук. Ознаки. Основні проблеми МН. Недостатній розмір даних. Нерепрезентативні данні. Данні поганої якості. Несуттєві ознаки. Математична формалізація задачі машинного навчання. Метод градієнтного спуску. Задачі навчання із учителем. Задачі навчання без учителя.

**Тема 2.** Моделі алгоритмів для задач навчання із учителем.

Задача класифікації та регресії. Функціонали якості: функції втрат. Зведення задачі навчання до задачі оптимізації. Метод градієнтного спуску. Проблеми перенавчання та недонавчання. Модель поліноміальної регресії. Регуляризація. Модель логістичної регресії. Метод опорних векторів (SVM). Правила налаштування ваг: випадки задач із м'яким та жорстким зазором. Види ядер: лінійне, поліноміальне, Гаусівське радіальне, сигмоїдне. Налаштування гіперпараметрів SVM. Гіперпараметрична оптимізація GridSearchCV. Матриця невідповідності (CONFUSION MATRIX). Помилки I та II роду. Математичні підходи до побудови ансамблів. Процедура Bootstrap. Незміщене оцінювання помилок (Out-of-bag). Ансамблі дерев прийняття рішень: Random Forest. Налаштування гіперпараметрів Random Forest. Стекінг. Бекінг. Бустинг. Метрики точності. Gradient Boosting.

#### Модуль 2.

**Тема 3.** Моделі алгоритмів для задач навчання без учителя.

Кореляційні і причинно-наслідкові зв'язки. Кореляція ознак і структура даних. Латентні структури в даних. Формальна і ефективна розмірність даних. Структура і шум у даних. Зниження розмірності даних. Метод головних компонент (PCA). Математичні основи: статистичний підхід, власні значення та власні вектори. Пояснювальна дисперсія. Сингулярний розклад матриць (SVD). Методи редукції простору ознак. Нелінійне зниження розмірності. T-розподілене вкладення стохастичної близькості. Поняття перплексії. Типи структур кластерів. Кластерна модель, що базується на щільності: DBScan. Поняття міри подібності: аксіоматичний підхід. Кластеризація даних за різними мірами подібності. Структурування простору ознак за кластерами різних геометричних форм. Проблема кластеризації категоріальних даних.

**Тема 4.** Вступ до теорії нейронних мереж.

Вступ в нейронні мережі. Математична модель й властивості штучного нейрона. Класифікація нейронних мереж і їх властивостей. Згорткові Мережі (CNN). Рекурентні Мережі (RNN). Автоенкодері. Топології нейронних мереж. Нейронні мережі прямого поширення. Прості одношарові мережі. Перцептрон Розенблата. Лінійна роздільність і лінійна нероздільність класів. Функції активації. Процес навчання нейронних мереж. Градієнтне навчання багатшарових нейронів. Метод зворотного поширення помилки. Технологія глибоких нейронних мереж. Застосування навченої нейронної мережі. Проблема перенавчання нейромережі. Нейронні мережі зі зворотними зв'язками. Нейромережі Хопфілда та Елмана. Основні функціона-

льні можливості програм моделювання нейронних мереж. Застосування штучних нейронних мереж. Бібліотеки типу Keras , TensorFlow і PyTorch.

### 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>2-й семестр</b>												
<b>Модуль 1.</b>												
Тема 1. Основні поняття та задачі машинного навчання.	8	4				4						
Тема 2. Моделі алгоритмів для задач навчання із учителем.	52	10		16		26						
Модульна контрольна робота	8	2				6						
<i>Разом за модуль</i>	<i>68</i>	<i>16</i>		<i>16</i>		<i>36</i>						
<b>Модуль 2.</b>												
Тема 3. Моделі алгоритмів для задач навчання без учителя.	34	6		12		16						
Тема 4. Вступ до теорії нейронних мереж..	40	12		10		18						
Модульна контрольна робота	8	2				6						
<i>Разом за модуль</i>	<i>82</i>	<i>20</i>		<i>22</i>		<i>40</i>						
<b>Разом за семестр</b>	<b>150</b>	<b>36</b>		<b>38</b>		<b>76</b>						

### 6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Регресійні моделі.	4	
2	Метод опорних векторів.	6	
3	Ансамблі дерев прийняття рішень. Random Forest	6	
4	Методи зменшення розмірності простору ознак.	8	
5	Кластерна модель DBScan.	4	
6	Робота в малих творчих групах. Нейронні мережі прямого поширення.	5	
7	Робота в малих творчих групах. Нейронні мережі зі зворотни-	5	

	ми зв'язками.		
		<b>Разом</b>	38

#### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Основні поняття та задачі машинного навчання.	4	
2	Моделі алгоритмів для задач навчання із учителем.	26	
3	Підготовка до модульного контролю №1.	6	
4	Моделі алгоритмів для задач навчання без учителя.	16	
5	Вступ до теорії нейронних мереж.	18	
6	Підготовка до модульного контролю №2.	6	
	<b>Разом</b>	76	

#### 6.5. Індивідуальна робота

Етапи курсової роботи	Кількість годин
Уточнення технічного завдання.	1
Опрацювання літератури дослідження.	4
Визначення задачі машинного навчання, підбір датасету, вибір методу розв'язання.	5
Розробка та тестування програмного забезпечення або реалізація обчислювального експерименту у спеціалізованому ПЗ.	10
Оформлення курсової роботи.	6
Підготовка презентаційних матеріалів доповіді.	4
<b>Разом</b>	30

#### Порядок написання курсової роботи

Під час виконання курсової роботи для обговорення можливих питань та контролю виконання студент має регулярно спілкуватися з керівником відповідно до розкладу консультацій викладачів кафедри або в дистанційному режимі.

1. Здобувач має право вибрати наукового керівника написанням відповідної заяви. У випадку, якщо студент не скористався своїм правом вибору, наукового керівника йому призначає кафедра.

2. Тема курсової роботи визначається керівником курсової роботи або обирається студентом і погоджується науковим керівником. Наближену тематику курсової роботи можна переглянути за покликанням: <https://docs.google.com/document/d/1-kd-VnmPWL3U711O0KZS81LddCulfq-EptGxdv98s/edit?usp=sharing>. Після вибору та уточнення теми курсової роботи студент починає вивчати рекомендовану та самостійно дібрану літературу. На цьому етапі студент має визначити план подальшої роботи над проектом та основні розділи курсової роботи. Необхідно оцінити повноту наявного матеріалу, час на виконання подальших етапів роботи, виявити питання, що вимагають особливої уваги. Усі питання, що виникають у студента, мають бути обговорені з керівником.

3. Здобувач проводить теоретичні та прикладні дослідження, обирає відповідний метод розв'язання проблеми, програмний продукт або технологію та оформлює першу редакцію роботи. Вона надається керівнику для вивчення та перевірки змісту, форми та відповідності нормам і вимогам. На консультаціях розглядаються зауваження та пропозиції з коректування роботи, визначаються доповнення та виправлення.

4. Здобувач враховує зауваження та пропозиції керівника та доробляє і оформлює роботу згідно вимог описаних в Методичних рекомендаціях до написання та оформлення наукових робіт студентів спеціальності 113 «Прикладна математика». Далі робота згідно Положення про академічну доброчесність в «Ужгородському національному університеті». URL: <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/12223> проходить процедуру перевірки наявності плагіату.

5. Здобувач готує презентацію тез та доповідь на захист дотримуючись рекомендацій описаних в Методичних рекомендаціях до написання та оформлення наукових робіт студентів спеціальності 113 «Прикладна математика».

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**

Технічні засоби – комп'ютер.

Програмне забезпечення: Google Colaboratory (<https://colab.research.google.com/>) або обране студентом ПЗ.

## **8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

### **Основна література**

1. Попередня обробка та аналіз даних: лабораторний практикум для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика» /Уклад.: Н. Е. Кондрук. Ужгород: УжНУ, 2023. 41 с.
2. Субботін С. О. Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. 184 с
3. Могильний С. Б. Машинне навчання з використанням мікрокомп'ютерів: навч.-метод. посіб. / за ред. О. В. Лісового та ін. К., 2019. 226 с.
4. Штовба С.Д. Machine learning: стартовий курс : електронний навчальний посібник / Штовба С.Д., Козачко О.М. Вінниця : ВНТУ, 2020. 81 с.
5. Deisenroth M. P. Mathematics for machine learning / M. P. Deisenroth, A. A. Faisal, C. S. Ong. – New York : Cambridge University Press, 2020. 412 p.
6. Кондрук, Н. Е. Способи визначення подібності категоріальних впорядкованих даних. Радіoeлектроніка, інформатика, управління. - 2023. №. 2. С. 31-36. DOI: 10.15588/1607-3274-2023-2-4.
7. Kondruk N. Clustering method based on fuzzy binary relation / N. Kondruk //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 2(4). С. 10–16. DOI: 10.15587/1729–4061.2017.94961
8. Кондрук, Н. Е. Використання довжинної міри подібності в задачах кластеризації /Н. Е. Кондрук //Радіoeлектроніка, інформатика, управління. 2018. № 3 (46) С. 98-105. DOI: 10.15588/1607-3274-2018-3-11.
9. Кондрук Н. Е. Аналіз технік зменшення розмірності в машинному навчанні // Науковий вісник Ужгородського університету : серія: Математика і інформатика Ужгород : Видавництво УжНУ "Говерла", 2023. Вип. 1 (42). с. 149 – 155.
10. Kondruk, N.E., Malyar, M.M. Analysis of Cluster Structures by Different Similarity Measures. Cybernetics and Systems Analysis, 2021. 57. Pp. 436–441. <https://doi.org/10.1007/s10559-021-00368-4>

11. Кондрук Н. Е. Використання мір подібності в методах класифікації. // Науковий вісник Ужгородського університету : серія: Математика і інформатика – Ужгород : Видавництво УжНУ "Говерла", 2021. Вип. 38, №1 . с. 143 – 148. DOI: [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2021.38\(1\).143-148](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2021.38(1).143-148).
12. Методичні рекомендації до написання та оформлення наукових робіт студентів спеціальності 113 «Прикладна математика») / Уклад.: Н.Е. Кондрук, М.М. Маляр, Ю.Ю. Млавець, П.П. Мулеса, М.М. Шаркаді. Ужгород: УжНУ, 2023. 32 с.

#### Допоміжна література

1. Кононова К. Ю. Машинне навчання: методи та моделі: підручник для бакалаврів, магістрів та докторів філософії спеціальності 051 «Економіка» / К. Ю. Кононова. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2020. 301 с.
2. Субботін, С. О. Нейронні мережі : навчальний посібник / С. О. Субботін, А. О. Олійник ; під заг. ред. проф. С. О. Субботіна. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. 132 с.
3. Руденко, О. Г. Штучні нейронні мережі / О. Г. Руденко, Є. В. Бодянський. Харків : Компанія СМІТ, 2006. 404 с.
4. Слабоспицький. О. С. Задачі класифікації : навч. посіб. / О. С. Слабоспицький. К. : Видавництво «Людмила», 2020. 43 с

#### Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Хмарне середовище Google Colaboratory. URL: <https://colab.research.google.com/>
2. Вступ до машинного навчання. Доступно з електронного джерела: [http://specials.kunsht.com.ua/machinelearning1?fbclid=IwAR2SJsCVAMHQox0VrooZircCowq6rJcOFxS5128Yg\\_QoSta0Xik0v1uVLo8](http://specials.kunsht.com.ua/machinelearning1?fbclid=IwAR2SJsCVAMHQox0VrooZircCowq6rJcOFxS5128Yg_QoSta0Xik0v1uVLo8)
3. Курс «Machine Learning» (Coursera), автор – проф. Ендрю Ін. URL: <https://www.coursera.org/learn/machine-learning>
4. Курс CS230 – «Deep Learning» (Stanford), автор – проф. Ендрю Ін. URL: <https://cs230.stanford.edu/> 4. Проект Deep Learning. URL: <https://www.deeplearning.ai/>
5. Конспект лекцій курсу «Machine Learning» (проф. Ендрю Ін, Coursera), автор – Алекс Холхаус. URL: <http://www.holehouse.org/mlclass/>
6. Візуалізація кластеризації. Доступно з електронного джерела: <https://www.naftaliharris.com/blog/visualizing-k-means-clustering/>
7. Машинне навчання простими словами. Доступно з електронного джерела: <http://www.mmf.lnu.edu.ua/ar/1739>, <http://www.mmf.lnu.edu.ua/ar/1743>