

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Механіко-математичний факультет**  
**Кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь**



**Затверджено**

На засіданні  
кафедри математичної статистики і  
диференціальних рівнянь  
механіко-математичного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 22.06.2023 р.)

Завідувач кафедри: Олег БУГРІЙ

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**“ Глибоке навчання ”,**  
**що викладається в межах ОПШ “ Статистичний аналіз даних ”**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з**  
**спеціальності 112 - Статистика**

Львів 2023 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Глибоке навчання
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1, 79000
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Механіко-математичний факультет Кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	11 - Математика та статистика 112 - Статистика
<b>Викладачі дисципліни</b>	Бугрій О.М., доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри математичної статистики і диференціальних рівнянь, Власов В.А., кандидат фізико-математичних наук, асистент кафедри математичної статистики і диференціальних рівнянь
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:oleh.buhrii@lnu.edu.ua">oleh.buhrii@lnu.edu.ua</a> , <a href="http://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/buhrii_o_m">http://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/buhrii_o_m</a> ; <a href="mailto:vitaly.vlasov@lnu.edu.ua">vitaly.vlasov@lnu.edu.ua</a> , <a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/vlasov_v_a">https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/vlasov_v_a</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю). Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 267. м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/gnav-112-bak23">https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/gnav-112-bak23</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “Глибоке навчання” є нормативною дисципліною зі спеціальності 112 – Статистика для освітньої програми “Статистичний аналіз даних”, яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 3-х кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Курс розроблено для ознайомлення студентів з підходами до побудови моделей машинного навчання з використанням нейронних мереж
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<i>Мета:</i> ознайомити з основними поняттями та методами побудови моделей машинного навчання з використанням нейронних мереж <i>Цілі:</i> викласти основні положення глибокого навчання, показати підходи до дизайну архітектур нейронних мереж, оптимізація та регуляризація нейронних мереж, конволюційні нейронні мережі та лінгвістичні моделі.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	1) Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. <i>Deep Learning</i> . MIT Press, 2016 <a href="http://www.deeplearningbook.org">www.deeplearningbook.org</a> 2) Michael A. Nielsen. <i>Neural Networks and Deep Learning</i> . Published online, 2018. <a href="http://neuralnetworksanddeeplearning.com">neuralnetworksanddeeplearning.com</a> 3) Eugene Charniak. <i>Introduction to Deep Learning</i> . MIT Press, 2019. 4) Eli Stevens, Luca Antiga, Thomas Viehmann. <i>Deep Learning with PyTorch</i> . Manning, 2020. 5) François Chollet. <i>Deep Learning with Python, Second Edition</i> . Manning, 2021. 6) Ovidiu Calin. <i>Deep Learning Architectures: A Mathematical Approach</i> .

	<p>Springer, 2020.</p> <p>7) Aston Zhang, Zachary C. Lipton, Mu Li, Alexander J. Smola. <i>Dive into Deep Learning, 1<sup>st</sup> ed.</i> Cambridge University Press, 2023. <a href="https://d2l.ai">d2l.ai</a></p> <p>8) Andrew Ng, Younes Bensouda Mourri, Kian Katanforoosh. <i>Deep Learning Specialisation.</i> DeepLearningAI – Coursera, 2022. <a href="https://www.coursera.org/specializations/deep-learning">https://www.coursera.org/specializations/deep-learning</a></p> <p>9) Stanford University, CS230 Deep Learning, 2022. <a href="https://cs230.stanford.edu/">https://cs230.stanford.edu/</a></p>
<b>Обсяг курсу</b>	Загальний обсяг: 90 годин. Аудиторних занять: 48 год., з них 32 год. лекційних та 16 годин лабораторних занять. Самостійної роботи: 42 год.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде:</p> <p><b>знати:</b> формулювання основних задач глибокого навчання, методи побудови та тренування глибоких нейронних мереж, застосування глибоких нейронних мереж</p> <p><b>вміти:</b> використовувати алгоритми глибокого навчання для класифікації табличних даних, текстових та візуальних даних.</p> <p>В результаті засвоєння матеріалу даного курсу студент набуде таких <b>загальних (ЗК) і спеціальних (фахових) (СК) компетентностей:</b></p> <p>ЗК-1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК-2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК-3. Знання й розуміння предметної області та професійної діяльності. ЗК-5. Здатність спілкуватися іноземною мовою. ЗК-6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. ЗК-7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК-8. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел. ЗК-10. Здатність працювати в команді. ЗК-11. Здатність до професійного спілкування з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами в інших галузях знань). ЗК-12. Здатність працювати автономно. ЗК-13. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.</p> <p>СК-2. Здатність застосовувати у професійній діяльності знання та навички в галузях теорії ймовірностей, математичної статистики, теорії випадкових процесів. СК-3. Здатність здійснювати логічні математичні міркування із чітким зазначенням припущень та висновків. СК-4. Здатність до математичного формулювання задач та вибору методів їх розв'язання. СК-5. Здатність до кількісно-статистичного мислення. СК-6. Здатність до ймовірнісного мислення, що передбачає сприйняття стохастичної природи явищ. СК-7. Здатність робити якісні висновки з кількісних даних. СК-8. Уміння працювати з інформаційними базами даних. СК-9. Здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження та аналізувати дані цих досліджень. СК-10. Здатність проводити дослідження ймовірнісно-статистичних моделей та інтерпретувати одержані результати. СК-11. Здатність використання обчислювальної техніки, спеціалізованих мов програмування та програмних засобів для розв'язання задач і здобуття</p>

	<p>додаткової інформації.</p> <p>СК-12. Здатність застосовувати ймовірно-статистичні методи в міждисциплінарному контексті.</p> <p>СК-13. Здатність подавати статистичні процедури та результати їхнього застосування у формі, придатній для цільової аудиторії, до якої звертаються, як усно, так і письмово.</p> <p>СК-14. Здатність до аналізу основ і властивостей статистичних алгоритмів та розуміння переваг і обмежень тих чи інших підходів, у тому числі до оцінки їх обґрунтованості й ефективності.</p> <p>СК-15. Здатність аналізувати основи і властивості базових економічних та фінансових структур, інтерпретувати показники фінансової діяльності, користуватися методами оптимального керування економічних та природних процесів.</p> <p>СК-16. Здатність застосовувати у професійній діяльності знання та навички з машинного навчання, обробки зображень і природної мови.</p> <p>СК-17. Здатність моделювати та пояснювати дані просторових і часових вибірок за допомогою знань і навичок з регресійного аналізу.</p> <p>і здобуде такі <b>результати навчання (РН)</b>:</p> <p>РН-2. Вміти працювати зі спеціальною літературою іноземною мовою.</p> <p>РН-11. Вміти аналізувати та прогнозувати лінійні статистичні моделі та моделі регресії, оцінювати їхні параметри.</p> <p>РН-12. Вміти збирати та обробляти дані, застосовувати статистичні процедури для аналізу даних за допомогою обчислювальної техніки та програмних засобів.</p> <p>РН-14. Володіти сучасними інформаційними технологіями для створення презентацій, роботи з базами даних, пошуку інформації та обміну нею.</p> <p>РН-17. Знати методи моделювання природничих та/або соціальних процесів.</p> <p>РН-18. Вміти застосовувати ймовірно-статистичні моделі та методи для розв'язання прикладних проблем і задач.</p> <p>РН-19. Вміти оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.</p> <p>РН-20. Вміти використовувати ймовірнісні та статистичні методи аналізу фінансових показників діяльності суб'єктів ринку.</p> <p>РН-21. Вміти застосовувати у професійній діяльності знання та навички з машинного навчання, обробки зображень і природної мови, інших галузей науки про дані.</p>
<b>Ключові слова</b>	Глибоке навчання, нейронна мережа, згорткові нейронні мережі, лінгвістичні моделі, структурування проектів машинного навчання.
<b>Формат курсу</b>	Очний
<b>Теми</b>	Див. <b>Схема курсу</b>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення даного курсу студенти потрібні базові знання з: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Програмування;</li> <li>- Машинного навчання.</li> </ul>
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час</b>	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія)

<b>викладання курсу</b>	
<b>Необхідне обладнання</b>	<p>Для проведення лекційних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор).</p> <p>Для проведення практичних/лабораторних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet.</p> <p>Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Windows 10, програмні додатки (MS Teams, MS Excel, Jupyter Notebook з вбудованим компілятором мови програмування Python).</p>
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Змістовий модуль 1: 1% семестрової оцінки за активну роботу на заняттях, 8% семестрової оцінки за виконання практичних аудиторних завдань, 16% семестрової оцінки за виконання домашніх завдань, максимальна кількість балів 25.</li> <li>• Змістовий модуль 2: 1% семестрової оцінки за активну роботу на заняттях, 8% семестрової оцінки за виконання практичних аудиторних завдань, 16% семестрової оцінки за виконання домашніх завдань, максимальна кількість балів 25.</li> <li>• іспит: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50.</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що роботи студентів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування та втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні завдань є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні/лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані при поточному контролі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p><b>Оцінювання практичних робіт</b> відбувається шляхом оцінки роботи студента під час проведення практичної роботи в аудиторії та захисту написаної студентом вдома практичної роботи.</p>

	<p>Бали оцінювання аудиторного виконання практичних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <p>100% – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання;</p> <p>75% – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал та принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання;</p> <p>50% – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує з помірними недоліками;</p> <p>25% – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, код програми не функціонує належним чином;</p> <p>0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми не відповідає темі/не функціонує взагалі.</p> <p>Бали оцінювання домашнього завершення виконання практичних робіт та наданого звіту нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <p>100% – звіт цілком і повністю відображає індивідуальне завдання студента, містить правильні висновки, ілюстрований (за потреби) відповідними графіками і таблицями які правильно відображають суть виконаного завдання, студент має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання;</p> <p>75% – звіт в достатній мірі відображає індивідуальне завдання студента, містить допустимі висновки, ілюстрований (за потреби) відповідними графіками і таблицями які частково відображають суть виконаного завдання, студент достатньо розуміє принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання;</p> <p>50% – звіт містить загальні формулювання завдання, висновки нечіткі, необхідні ілюстрації чи таблиці відсутні, студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та представлений код програми, надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує з помірними недоліками;</p> <p>25% – звіт не містить формулювання завдання, висновки необґрунтовані чи неповні, необхідні ілюстрації чи таблиці відсутні, студент погано розуміє розглянутий матеріал та представлений код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, код програми не функціонує належним чином;</p> <p>0 – звіт відсутній/не відповідає темі, студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми не відповідає темі/не функціонує взагалі.</p> <p><b>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:</b></p> <p>Нарахування балів відбувається за публікацію студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, за участь студента у діяльності наукових гуртків, семінарів, круглих столів, конкурсів, участь у заходах неформальної освіти, за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо),</p>
--	--

	курсах провідних ІТ компаній за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни
<b>Питання до екзамену</b>	Основи нейронних мереж, логістична регресія, побудова нейронних мереж з одним та багатьма шарами, оптимізаційні алгоритми, підбір гіперпараметрів, згорткові нейромережі, механізми уваги.
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

**Схема курсу “Глибоке навчання”  
для студентів спеціальності 112 - Статистика**

Тижні	Лекційний курс		Лабораторні заняття		К-сть год СР	Літе- ратура
	Назва теми	К-сть год	Назва теми	К-сть год		
1	2	3	4	5	6	7
1	Вступ до глибокого навчання. Що таке нейронна мережа.	2				[1], [2], [3], Сайт курсу
2	Основи нейронних мереж.	2	Навчання з учителем з нейронними мережами. Логістична регресія, побудована з використанням нейронних мереж.	2	5	[1], [2], [3], Сайт курсу
3	Неглибокі нейронні мережі.	2				[2], [8], [9], Сайт курсу
4	Глибокі нейронні мережі.	2	Побудова нейронної мережі з одним прихованим шаром. Побудова глибокої нейронної мережі крок за кроком.	2	6	[1], [2], [5], [6], Сайт курсу
5	Практичні аспекти нейронних мереж.	2				[1], [2], [8], Сайт курсу
6	Алгоритми оптимізації нейронних мереж.	2	Dropout & Normalisation. Оптимізаційні алгоритми.	2	5	[1], [6], Сайт курсу
7	Підбір гіперпараметрів для нейронних мереж.	2				[1], [2], [7], [8], [9], Сайт курсу
8	Вступ до PyTorch фреймворку.	2	Підбір гіперпараметрів, нормалізація батчів. Основи бібліотеки PyTorch.	2	6	[4], [8], Сайт курсу
9	Оптимізація та імплементація стратегій проектів машинного навчання.	2				[6], [8], Сайт курсу
10	Основи згорткових нейронних мереж.	2	Поділ тренувального датасету на train/test/dev. Оптимізаційні метрики. Основи ConvNet.	2	5	[1], [3], [4], [6], [7], Сайт курсу
11	Приклади згорткових нейронних мереж.	2				[3], [4], [6], Сайт курсу
12	Розпізнавання об'єктів на зображеннях.	2	Deep Convolutional Networks. Алгоритми ідентифікації зображень.	2	5	[2], [4], [5], Сайт курсу
13	Розпізнавання облич та передача стилю.	2				[2], [5], [8], Сайт курсу
14	Рекурентні нейронні	2	Face Recognition. LSTM.	2	5	[1], [4], [6],



	мережі.					Сайт курсу
15	Механізми уваги для лінгвістичних моделей.	2				[3], [6], Сайт курсу
16	Підсумкове заняття.	2	Sequence Models & Attention Mechanism.	2	5	[1]-[9], Сайт курсу
	<b>Разом</b>	<b>32</b>		<b>16</b>	<b>42</b>	
	Викладач: <b>Бугрій О.М.</b>		Викладач: <b>Власов В.А.</b>			