

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
“ Теорія складних мереж ”,
що викладається в межах ОПШ
“ Статистичний аналіз даних ”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 112 - Статистика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Теорія складних мереж
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет Кафедра математичної статистики і диференціальних рівнянь
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 - Математика та статистика 112 – Статистика
Викладачі дисципліни	Головатий Юрій Данилович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри математичної статистики і диференціальних рівнянь
Контактна інформація викладачів	yuriy.golovaty@lnu.edu.ua , http://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/golovaty_yu_d ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, 79000
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 267, головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, 79000
Сторінка курсу	https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/tsmer-112-bak23
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Теорія складних мереж” є вибірковою дисципліною з спеціальності 112-Статистика для освітньої програми “Статистичний аналіз даних”, яка викладається в 5-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс присвячений математичному і статистичному аналізу складних графових структур даних. Акцент зроблено на методах дослідження таких реальних мереж як соціальні мережі, логістичні, інфраструктурні, банківські мережі
Мета та цілі дисципліни	<i>Мета:</i> ознайомити студентів з основами теорії складних мереж, класифікацією мережевих структур та застосуванням таких структур до статистичного моделювання процесів, що відбуваються в соціальних, логістичних, інфраструктурних мережах. <i>Цілі:</i> навчити основним методам статистичного моделювання явищ і процесів в великих структурах зі складною геометрією, дати студентам набір сучасних алгоритмів для ефективного аналізу великих даних в мережевих структурах.
Література для вивчення дисципліни	Методичні матеріали 1. Головатий Ю. Д. Електронний навчальний курс “Алгоритми і структури даних” (атестований Організаційно-методичним центром електронного навчання ЛНУ імені Івана Франка, червень 2022 р.) https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=5002 . Рекомендована література 2. Newman, Mark. Networks. Oxford university press, 2018. 3. Newman, Mark, Albert-László Barabási, and Duncan J. Watts. The

	<p>structure and dynamics of networks. Princeton university press, 2011.</p> <p>4. Van Der Hofstad, R. Random graphs and complex networks, 2009.</p> <p><i>Додаткова література та інтернет-ресурси</i></p> <p>5. Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., & Hwang, D. U. (2006). Complex networks: Structure and dynamics. Physics reports, 424(4-5), 175-308.</p> <p>6. Roughgarden T. Algorithms Illuminated. Part 2: Graph algorithms data structures. Cambridge University Press, 2018.</p> <p>7. Social and Information Network Analysis, Jure Leskovec, Stanford.</p> <p>8. The structure of Information Networks , Jon Kleinberg, Cornell University.</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 годин лабораторних занять. Самостійної роботи: 56 год.
Очікувані результати навчання	У результаті вивчення даного курсу студент повинен: знати: класифікацію складних мережевих систем, методи дослідження складних мереж, основні статистичні параметри мереж; вміти: створювати математичні моделі процесів в складних мережевих структурах, проводити аналіз великих даних в соціальних мережах, застосовувати сучасні алгоритми роботи на випадкових графах.
Ключові слова	Складна система, мережева структура даних, випадковий граф, безмасштабна мережа, мережа малого світу, кластеризація, спільноти на графах.
Формат курсу	Очний
Теми	<p>Тема 1. Вступ до теорії складних мереж.</p> <p>Тема 2. Історія вивчення мереж. Емпіричні результати.</p> <p>Тема 3. Випадкові графи.</p> <p>Тема 4. Модель безмасштабної мережі Барабаши-Альберт.</p> <p>Тема 5. Модель Воттса-Строгаца. Малі світи.</p> <p>Тема 6. Метрики центральності на графах.</p> <p>Тема 7. Алгоритм PageRank пошуковика Google.</p> <p>Тема 8. Структурні властивості мереж.</p> <p>Тема 9. Розбиття графів.</p> <p>Тема 10. Метрики кластеризації на графах.</p> <p>Тема 11. Пошук спільнот в мережах.</p> <p>Тема 12. Математичне моделювання епідемій в мережах.</p> <p>Тема 13. Оптимізація логістичних і сервісних мереж.</p> <p>Тема 14. Методи візуалізації складних мереж.</p> <p>Тема 15. Графовий оператор Лапласа і його властивості.</p> <p>Тема 16. Спектральні методи дослідження графів.</p>
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	<p>Для вивчення цього курсу студенти повинні мати базові знання з</p> <ul style="list-style-type: none"> - теорії ймовірності, - дискретної математики, - програмування, <p>а також володіти синтаксисом мови Python.</p>

Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія)
Необхідне обладнання	Комп'ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання поточної успішності проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за схемою:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Виконання та захист лабораторних робіт – 50 балів. • Командний виступ з презентацією сучасних проблеми теорії алгоритмів – 10 балів. • Тести з теорії мереж – 40 балів. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Академічна доброчесність: 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>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні 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>Література. 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>Політика виставлення балів. 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>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання для контрольного тестування	Для проведення контрольного тестування створено банк питань в середовищі MOODLE на платформі e-learning.lnu.edu.ua , який містить понад 100 завдань з усіх теоретичних і практичних розділів курсу.
Опитування	<p>Незалежні опитування студентів проводять на двох платформах.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Студентське оцінювання електронного навчального курсу на платформі MOODLE https://e-learning.lnu.edu.ua/mod/questionnaire/view.php?id=113511 ○ Опитування щодо якості навчальних дисциплін в системі “Деканат” https://dekanat.lnu.edu.ua.

**Схема курсу “ Теорія складних мереж ”
для студентів спеціальності 112 – Статистика**

Тижні	Лекційний курс		Практичні заняття		Навчальна література
	Назва теми	Години	Назва теми	Години	
1	2	3	4	5	6
1	Вступ до теорії складних мереж	2	Засоби генерації графів різних типів у Python	2	[2]
2	Історія вивчення мереж. Емпіричні результати.	2	Візуалізація графів у Python	2	[2,3]
3	Випадкові графи.	2	Генерування випадкових графів до робота з ними	2	[2,3,7]
4	Модель безмасштабної мережі Барабаші-Альберт	2	Статистичний аналіз графів в Python	2	[2,3,7]
5	Модель Воттса-Строгаца. Малі світи.	2	Аналіз ймовірнісних розподілів степенів вершин для різних типів мереж	2	[2,3,4]
6	Метрики центральності на графах.		Розрахунок метрик центральності для різних типів мереж	2	[2,4]
7	Алгоритм PageRank пошуковика Google.	2	Випадкові блукання серфера в Інтернеті як марківський процес	2	[2,4,8]
8	Структурні властивості мереж.	2	Безмасштабні графи в Python	2	[1, 3,4]
9	Розбиття графів.	2	Алгоритми розбиття графів	2	[1, 3,4]
10	Метрики кластеризації на графах.	2	Обчислення оптимальності поділу графа на кластери у різних метриках	2	[2, 3,4]
11	Пошук спільнот в мережах	2	Алгоритми пошуку спільнот	2	[2,3]
12	Математичне моделювання епідемій в мережах.	2	Дослідження мереж шляхом кластеризації	2	[1, 3,4]
13	Оптимізація логістичних і сервісних мереж.	2	Динамічні задачі на графах	2	[1, 2,4]
14	Методи візуалізації складних мереж.	2	SIR моделі на графах	2	[3,4]
15	Графовий оператор Лапласа і його властивості.	2	Візуалізація графів	2	[2]
16	Спектральні методи дослідження графів.	2	Алгоритми спектральної кластеризації	2	[2]
	Разом	32		32	
	Лектор: Юрій Головатий		Викладач: Юрій Головатий		