

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра математичної економіки, економетрії,
фінансової та страхової математики

Затверджено

на засіданні кафедри математичної
економіки, економетрії, фінансової та
страхової математики
механіко-математичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 12 від 30 серпня 2022 р.)

Завідувач кафедри



[Signature] проф. Кирилич В. М.

Силабус з навчальної дисципліни
«Мережеві ігри»,
що викладається в межах ОПП «Комп'ютерна алгебра, криптологія та теорія ігор»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів
із спеціальності 111 – математика

Назва дисципліни	Мережеві ігри
Адреса викладання дисципліни	вул. Університетська, 1, 79-000, м. Львів, Механіко-математичний факультет ЛНУ ім. Івана Франка
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет, кафедра математичної економіки, економетрії, фінансової та страхової математики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 – математика і статистика; 111 – математика;
Викладачі дисципліни	Куриляк Андрій Олегович, к.ф.-м.н., доцент кафедри математичної економіки, економетрії, фінансової та страхової математики
Контактна інформація викладачів	Електронна пошта: andriy.kurylyak@lnu.edu.ua , веб-сторінка: https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/kuryliak-a-o
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Кафедра математичної економіки, економетрії, фінансової та страхової математики, ауд. 354, в день проведення практичних занять (година за попередньою домовленістю). Он-лайн консультації через Zoom; для погодження часу слід писати на електронну пошту andriy.kurylyak@lnu.edu.ua чи дзвонити
Сторінка дисципліни	https://new.mmf.lnu.edu.ua/
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Мережеві ігри» є вибірковою дисципліною освітньої програми «Комп'ютерна алгебра, криптологія та теорія ігор» спеціальності 111 – Математика для підготовки бакалавра, яка викладається в 7 семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено так, щоб надати учасникам необхідні знання з теорії ігор, необхідні для того, щоб знаходити рівноваги та ціну анархії у різних моделях мережі. Тому в дисципліні представлено як огляд різних моделей мережі, так і процесів та інструментів, які потрібні для обчислення ціни анархії даних мереж.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Мережеві ігри» є ознайомлення студентів із завданнями практичних занять для оволодіння сучасними методами знаходження рівноваг, пошуку оптимальної маршрутизації та обчислення ціни анархії у різних моделях мереж.
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 1. Roughgarden T. Selfish Routing and the Price of Anarchy. — MIT Press, 2005. 2. Fudenberg D., Tirole J. Game Theory. Cambridge — MIT Press, 1996. 3. Gibbons R. A. Primer in Game Theory. — Prentice Hall, 1992. 4. Christodoulou G., Koutsoupias E. On the price of anarchy and stability of correlated equilibria of linear congestion games// Lecture Notes in Comp. Sci. — V.3669. — 2005. — P. 59–70. 5. Korillis Y. A., Lazar A. A., Orda A. Avoiding the Braess's paradox for traffic networks// J. Appl. Probability — V.36. — 1999. — P. 211–222. 6. Wardrop J. G. Some theoretical aspects of road traffic research// Proceedings of the Inst. Civil Engineers. 1952. — P. 325–378 7. V. Zverovich and E. Avineri, Braess' paradox in a generalised traffic network, Journal of Advanced Transportation. – V.49(1). – 2015. — P. 114–138.

	<p>8. A. Nagurney, D.C. Parkes, P. Daniele, The Internet, evolutionary variational inequalities, and the time-dependent Braess paradox, Computational Management Science. — V.4(4). — 2007. — P. 355–375.</p> <p>9. Y.A. Korilis, A.A. Lazar, A. Orda, Avoiding the Braess paradox in noncooperative networks, Journal of Applied Probability. V.36(1). — 1999— P. 211–222.</p> <p>10. W. Byung-Wook, A differential game model of Nash equilibrium on a congested traffic network, Networks, — V.23(6). — 1993. — P. 557–565.</p>
Обсяг курсу	120 годин. З них: 48 годин аудиторних занять (24 години лекцій і 24 години практичних занять) та 72 год. самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Знати теоретичні аспекти мережевих ігор. – Вміти застосовувати основні методи теорії ігор для знаходження рівноваг у різних моделях мережі, знаходити ціну анархії у різних моделях мережі, а також шукати оптимальну маршрутизацію. <p>Курс забезпечує набуття таких компетентностей та програмних результатів навчання:</p> <p>Загальні компетентності</p> <p>ЗК-1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;</p> <p>ЗК-2 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;</p> <p>ЗК-4 Здатність спілкуватися державною мовою як усно, такі письмово;</p> <p>ЗК-5 Здатність спілкуватися іноземною мовою;</p> <p>ЗК-7 Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями;</p> <p>ЗК-8 Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел;</p> <p>ЗК-9 Здатність приймати обґрунтовані рішення;</p> <p>ЗК-13 Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.</p> <p>Фахові компетентності спеціальності</p> <p>СК-1 Здатність формулювати проблеми математично та в символній формі з метою спрощення їхнього аналізу й розв'язання;</p> <p>СК-2 Здатність подавати математичні міркування та висновки з них у формі, придатній для цільової аудиторії, а також аналізувати та обговорювати математичні міркування інших осіб, залучених до розв'язання тієї самої задачі;</p> <p>СК-4 Здатність конструювати формальні доведення з аксіом та постулатів і відрізнити правдоподібні аргументи від формально бездоганих;</p> <p>СК-5 Здатність до кількісного мислення;</p> <p>СК-6 Здатність розробляти і досліджувати математичні моделі явищ, процесів та систем;</p> <p>СК-8 Здатність до аналізу математичних структур, у тому числі до оцінювання обґрунтованості й ефективності використовуваних математичних підходів;</p> <p>СК-13 Здатність до побудови математичних моделей прийняття оптимальних рішень в умовах конфлікту чи невизначеності.</p> <p>Програмні результати навчання</p> <p>РН-3 Знати принципи <i>modus ponens</i> (правило виведення логічних висловлювань) та <i>modus tollens</i> (доведення від супротивного) і використовувати умови, формулювання, висновки, доведення та наслідки математичних тверджень;</p> <p>РН-4 Розуміти фундаментальну математику на рівні, необхідному для</p>

	<p>досягнення інших вимог освітньої програми;</p> <p>РН-5 Мати навички використання спеціалізованих програмних засобів комп'ютерної та прикладної математики і використовувати інтернет-ресурси;</p> <p>РН-6 Знати методи математичного моделювання природничих та/або соціальних процесів;</p> <p>РН-9 Уміти працювати зі спеціальною літературою іноземною мовою;</p> <p>РН-10 Розв'язувати задачі придатними математичними методами, перевіряти умови виконання математичних тверджень, коректно переносити умови та твердження на нові класи об'єктів, знаходити й аналізувати відповідності між поставленою задачею й відомими моделями;</p> <p>РН-11 Розв'язувати конкретні математичні задачі, які сформульовано у формалізованому вигляді; здійснювати базові перетворення математичних моделей;</p> <p>РН-20 Розв'язувати основні математичні задачі аналізу даних; застосовувати базові загальні математичні моделі для специфічних ситуацій, мати навички управління інформацією, і застосування комп'ютерних засобів статистичного аналізу даних;</p> <p>РН-24 Вміти аналізувати та оцінювати методи шифрування та складність їх обчислень, будувати математичні моделі прийняття оптимальних рішень в умовах конфлікту чи невизначеності.</p>
Ключові слова	Ціна анархії, парадокс Браеса, рівновага, модель Вальдропа, модель Пігу, оптимальна маршрутизація, функція затримки, потенціал моделі, витрати системи, роздільний та нероздільний трафік.
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	<ol style="list-style-type: none"> 1. КР-модель оптимальної маршрутизації з нероздільним трафіком. 2. Ціна анархії. 3. Рівновага у чистих стратегіях. 4. Парадокс Браеса. 5. Повністю змішана рівновага у задачі з різними користувачами і однаковими каналами. 6. Повністю змішана рівновага у задачі з однаковими користувачами і різними каналами. 7. Повністю змішана рівновага у загальному випадку. 8. Ціна анархії у моделі з паралельними каналами і нероздільним трафіком. 9. Ціна анархії у моделі з лінійними витратами системи і нероздільним трафіком для довільної мережі. 10. Ціна анархії у моделі з максимальними витратами системи і нероздільним трафіком для довільної мережі. 11. Модель Вальдропа оптимальної маршрутизації з роздільним трафіком. 12. Модель з паралельними каналами. 13. Модель Пігу. 14. Модель Пігу та парадокс Браеса. 15. Потенціал у моделі з роздільним трафіком для довільної мережі. 16. Витрати системи у моделі з роздільним трафіком для опуклих функцій затримки. 17. Ціна анархії у моделі з роздільним трафіком для лінійної функції затримки.

	<p>18. Потенціал у моделі Вардропа з паралельними каналами для персоналізованих лінійних функцій затримки.</p> <p>19. Потенціал у моделі Вардропа з паралельними каналами для персоналізованих опуклих функцій затримки.</p> <p>20. Ціна анархії довільної мережі для персоналізованих лінійних функцій затримки.</p>
Підсумковий контроль, форма	<p>Залік в кінці семестру</p> <p>Залік – письмовий</p>
Пререквізити	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з математичного аналізу, лінійної алгебри, диференціальних рівнянь, теорії ігор, тощо, достатніх для сприйняття категоріального апарату мережевих ігор.</p>
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Презентації, лекції, дискусії.</p>
Необхідне обладнання	<p>використання програмного забезпечення і операційних систем, комп'ютерне обладнання.</p>
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • практичні/самостійні тощо: 10% семестрової оцінки: максимальна кількість балів 10; • контрольні заміри (модулі): 30% семестрової оцінки: максимальна кількість балів 30; • залік: 60% семестрової оцінки: максимальна кількість балів 60. <p>Загалом – 100 балів.</p> <p>Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають декілька видів письмових робіт.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їхніми оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента 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 і практичні заняття курсу. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів письмових 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 на поточному тестуванні, самостійній роботі 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>

	Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.
Питання до заліку (чи питання до контрольної роботи)	<ol style="list-style-type: none"> 1. КР-модель оптимальної маршрутизації з нероздільним трафіком. 2. Ціна анархії. 3. Рівновага у чистих стратегіях. Парадокс Браеса. 4. Повністю змішана рівновага у задачі з різними користувачами і однаковими каналами. 5. Повністю змішана рівновага у задачі з однаковими користувачами і різними каналами. 6. Повністю змішана рівновага у загальному випадку. 7. Ціна анархії у моделі з паралельними каналами і нероздільним трафіком. 8. Ціна анархії у моделі з лінійними витратами системи і нероздільним трафіком для довільної мережі. 9. Ціна анархії у моделі з максимальними витратами системи і нероздільним трафіком для довільної мережі. 10. Модель Вальдропа оптимальної маршрутизації з роздільним трафіком. 11. Модель Пігу та парадокс Браеса. 12. Потенціал у моделі з роздільним трафіком для довільної мережі. 13. Витрати системи у моделі з роздільним трафіком для опуклих функцій затримки. 14. Ціна анархії у моделі з роздільним трафіком для лінійної функції затримки. 15. Потенціал у моделі Вардропа з паралельними каналами для персоналізованих лінійних та опуклих функцій затримки. 16. Ціна анархії довільної мережі для персоналізованих лінійних функцій затримки.
Опитування	Анкет-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні курсу.

Схема курсу

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота	Література, *** Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	КР-модель оптимальної маршрутизації з нероздільним трафіком	лекція, практична	Roughgarden T. Selfish Routing and the Price of Anarchy. — MIT Press, 2005.	3 год	
2	Ціна анархії	лекція, практична	Roughgarden T. Selfish Routing and the Price of Anarchy. — MIT Press, 2005.	3 год	

3	Рівновага у чистих стратегіях. Парадокс Браеса	лекція, практична	Fudenberg D., Tirole J. Game Theory. Cambridge — MIT Press, 1996. Gibbons R. A. Primer in Game Theory. — Prentice Hall, 1992.	3 год	
4	Повністю змішана рівновага у задачі з різними користувачами і однаковими каналами	лекція, практична		3 год	
5	Повністю змішана рівновага у задачі з однаковими користувачами і різними каналами	лекція, практична		3 год	
6	Повністю змішана рівновага у загальному випадку	лекція, практична		3 год	
7	Ціна анархії у моделі з паралельними каналами і нероздільним трафіком	лекція, практична		3 год	
8	Ціна анархії у моделі з лінійними витратами системи і нероздільним трафіком для довільної мережі	лекція, практична		3 год	
9	Ціна анархії у моделі з максимальними витратами системи і нероздільним трафіком для довільної мережі	лекція, практична		3 год	
10	Модель Вальдропа оптимальної маршрутизації з роздільним трафіком	лекція, практична		3 год	
11	Модель Пігу та парадокс Браеса	лекція, практична		3 год	
12	Потенціал у моделі з роздільним трафіком для довільної мережі	лекція, практична		3 год	
13	Витрати системи у моделі з роздільним трафіком для опуклих функцій затримки	лекція, практична		3 год	
14	Ціна анархії у моделі з роздільним трафіком для лінійної функції затримки	лекція, практична		3 год	
15	Потенціал у моделі Вардропа з паралельними каналами для персоналізованих лінійних та опуклих функцій затримки	лекція, практична		3 год	
16	Ціна анархії довільної мережі для персоналізованих лінійних функцій затримки	лекція, практична		3 год	