

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

проф. Кирилич В. М.

**Силабус з навчальної дисципліни
«Оптимальне керування економічними і соціальними
системами»,**

що викладається в межах ОПШ Математична економіка та економетрика
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів із спеціальності
111 – математика, спеціалізації математична економіка та економетрика.

Назва дисципліни	Оптимальне керування економічними і соціальними системами
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; спеціалізація математична економіка та економетрика
Викладачі дисципліни	Кирилич Володимир Михайлович, д. ф.-м. н., професор, завідувач кафедри математичної економіки, економетрії, фінансової та страхової математики
Контактна інформація викладачів	Електронна пошта: volodymyr.kyrylych@lnu.edu.ua, веб-сторінка: https://new.mmflnu.edu.ua/employee/kyrylych-v-m
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення практичних занять (за попередньою домовленістю та за умови проведення аудиторних занять). В іншому випадку можливі он-лайн консультації через Zoom чи MSTeams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або дзвонити.
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Оптимальне керування економічними і соціальними системами» є нормативною дисципліною із спеціальності 111 – математика для освітньої програми математична економіка та економетрика підготовки магістра, яка викладається в I семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено так, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для того, щоб розв'язувати математичні моделі соціально-економічних процесів. У дисципліні представлено як огляд концепцій побудови відповідних моделей, так і процесів та інструментів, які потрібні для моделювання та числового розв'язування і аналізу одержаних результатів.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни «Оптимальне керування економічними і соціальними системами» є ознайомлення студентів із завданнями практичних занять для оволодіння сучасними підходами та інструментами для моделювання соціально-економічних систем, їхнього аналізу, одержання числових результатів та їх верифікація.
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 1. Моклячук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. Підручник.– К.: Київський університет, 2004.– 384с. 2. Кирилич В. М., Терещук О. В., Флюд В. М. Оптимальне керування соціально-економічними системами в середовищі Matlab. Навч. посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021.– 412с. 3. Lawrence C. Evans. (2017). An Introduction to Mathematical Optimal Control Theory, University of California, Berkeley. 300 P.Lewis, F., Draguna, L., Vrabie, L., Vassilis, L. Syrmos, L. (2012). Optimal Control. Willey & Sons, Inc. 540 P 4. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології.– К, 2002.– 203 с. 5. Sethi S. P., Tomson G. L. (2012). Optimal Control Theory. Applications to Management and Economics. Springer. 414p.
Обсяг курсу	120 годин. З них: 48 годин аудиторних занять (32 години лекцій і 16 годин практичних занять) та 72 год. самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде: – Знати теоретичні аспекти моделювання соціально-економічних процесів.

	<p>– Вміти застосовувати основні методи оптимального керування для розв'язування конкретних математичних моделей економічного та соціального характеру</p> <p>Курс забезпечує набуття таких компетентностей та програмних результатів навчання: ЗК1-2, ЗК4-5, ЗК8, ФК1, ФК4-5, ФК8-10, ПРН1-2, ПРН9, ПРН11, ПРН14-18, ПРН20.</p>
Ключові слова	Оптимальне керування, принцип максимуму Понтрягіна, математична модель, динамічне програмування, рівняння Беллмана, функції Беллмана і Кротова
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	<ol style="list-style-type: none"> 1. Задачі, що приводять до варіаційного числення. 2. Поняття функціоналу. 3. Функціональні простори. 4. Варіація функціоналу. 5. Необхідна умова екстремуму функціоналу. Рівняння Ейлера 6. Функціонали, що залежать від похідних вищого порядку. 7. Функціонали від декількох функцій. 8. Функціонали, залежні від декількох змінних. 9. Умовний екстремум функціоналу із інтегральними та іншими зв'язями. 10. Задачі варіаційного числення із рухомими кінцями. Умови трансверсальності. 11. Друга варіація функціоналу. Достатні умови екстремуму. 12. Рівняння Якобі. 13. Прямі методи. Метод Рітца. 14. Принцип максимуму Понтрягіна. 15. Рівняння Беллмана. 16. Теорема Кротова. 17. Оптимальне керування однопродуктовою макроекономічною моделлю. 18. Застосування оптимального керування до трудових ресурсів. 19. Модель оптимального керування економічним зростанням. 20. Моделювання технологічних змін. 21. Модель боротьби із забрудненням. 22. Моделі керованого технічного оновлення. 23. Модель поширення забруднення води. 24. Моделі ланцюга лісових насаджень. 25. Математичні моделі біологічних співтовариств. 26. Застосування теорії оптимального керування в маркетингу.
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці семестру Іспит – письмовий
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з математичного аналізу, лінійної алгебри, диференціальних рівнянь тощо, достатніх для сприйняття категоріального апарату оптимального керування, розуміння джерел чисельних методів розв'язування практичних задач.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, практичні заняття, консультації, дискусії.
Необхідне обладнання	Використання ноутбуку, доступ до інтернету, Office 365

<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • практичні/самостійні тощо: 25% семестрової оцінки: максимальна кількість балів 25; • контрольні заміри (модулі): 25% семестрової оцінки: максимальна кількість балів 25; • іспит: 50% семестрової оцінки: максимальна кількість балів 50. <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>Відвідування 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> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до екзамену (чи питання до контрольної роботи)</p>	<p>Оптимальне керування економічними і соціальними системами</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Деякі необхідні відомості з теорії диференціальних рівнянь та функціонального аналізу. 2. Задачі, що приводять до варіаційного числення. 3. Поняття функціоналу та задачі оптимізації. 4. Функціональні простори. 5. Модель Солоу як приклад застосування диференціальних рівнянь до моделювання економічних процесів. 6. Дослідження перехідних режимів у моделі Солоу-Свана. Золоте правило накопичення.

	<p>7. Варіація функціоналу. 8. Необхідна умова екстремуму функціоналу. Рівняння Ейлера 9. Умовний екстремум функціоналу із інтегральними та іншими зв'язями. 10. Задачі варіаційного числення із рухомими кінцями. Умови трансверсальності. 11. Принцип максимуму Понтрягіна. Функція Гамільтона. 12. Економічна інтерпретація принципу максимуму. 13. Рівняння Беллмана. 14. Теорема Кротова. 15. Оптимальне керування однопродуктовою макроекономічною моделлю. 16. Застосування оптимального керування до трудових ресурсів. 17. Модель оптимального керування економічним зростанням. 18. Моделювання технологічних змін. 19. Модель боротьби із забрудненням. 20. Моделі керованого технічного оновлення. 21. Модель поширення забруднення води. 22. Моделі ланцюга лісових насаджень. 23. Математичні моделі біологічних співтовариств. 24. Застосування теорії оптимального керування в маркетингу. 25. Задача оподаткування на моделі “затрати–випуск” 26. Оптимальне керування в теорії біопопуляції.</p> <p>Література.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кирилич В. М., Терещук О. В., Флюд В. М. (2021). Оптимальне керування соціально-економічними системами в середовищі Matlab. Навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 412с. 2. Дерев'янку Т., Кирилич В., Мільченко О. (2021). Задачі оптимального керування гіперболічними системами. GlobeEdit. Chisinau. 140 с. 3. Моклячук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. Підручник.– К.: Київський університет, 2004.– 384с. 4. Lewis, F., Draguna, L., Vrabie, L., Vassilis, L. Syrmos, L. (2012). Optimal Control. Willey & Sons, Inc. 540 P 5. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології.– К, 2002.– 203 с. 6. Lawrence C. Evans. (2017). An Introduction to Mathematical Optimal Control Theory, University of California, Berkeley. 300 P. 7. Sethi S. P., Tomson G. L. Optimal Control Theory. Applications to Management and Economics.– Springer, 2002.– 414p. 8. Hritonenko N., Yatsenko Yu. Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment: Springer, 2013.– 296p. 9. Gornson D. A., Haurie A. B., Leizarowitz A. Infinite Horisont Optimal Control: Springer, 1991.– 295p. 10. Lachowicz M.-A. Teoria Sternowania.– UW: Warshawa, 2012.– 88p. http://www.mimuw.edu.pl/~lahowic
Опитування	Анкет-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні курсу.

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота	Література, *** Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Деякі необхідні відомості з теорії диференціальних рівнянь та функціонального аналізу	лекція	Кирилич В. М., Терещук О. В., Флюд В. М.	Опрацювати питання лекції 2 год	
2	Поняття функціоналу та задачі оптимізації. Функціональні простори	лекція, практична	Оптимальне керування соціально-економічними системами в середовищі Matlab. Навч. посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021.– 412с.	Опрацювати питання лекції, практичної 4 год	
3	Модель Солоу як приклад застосування диференціальних рівнянь до моделювання економічних процесів. Дослідження перехідних режимів у моделі Солоу-Свана. Золоте правило накопичення	лекція		Опрацювати питання лекції 2 год	
4	Варіація функціоналу. Необхідна умова екстремуму функціоналу. Рівняння Ейлера	лекція, практична	Моклячук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі.	Опрацювати питання лекції, практичної 4 год	
5	Формулювання задач оптимального керування	лекція	Підручник.– К.: Київський університет, 2004.– 384с.	Опрацювати питання лекції 2 год	
6	Принцип максимуму Понтрягіна. Функція Гамільтона. Економічна інтерпретація принципу максимуму	лекція, практична		Опрацювати питання лекції, практичної 4 год	
7	Динамічне програмування. Функція Беллмана та рівняння Беллмана. Теорема Кротова	лекція	Lachowicz M.-A. Teoria Sternowania.– UW: Warszawa, 2012.– 88p. http://www.mimuw.edu.pl/~lahowic	Опрацювати питання лекції 2 год	
8	Оптимальне керування однопродуктовою макроекономічною моделлю	лекція, практична		Опрацювати питання лекції, практичної 4 год	
9	Еколого-економічна задача оптимального керування	лекція		Опрацювати питання лекції 2 год	
10	Оптимізація впливу податків на економічну систему	лекція, практична		Опрацювати питання лекції, практичної 4 год	
11	Задача оподаткування на моделі “затрати–випуск”	лекція		Опрацювати питання лекції 2 год	
12	Оптимальне керування в теорії біопопуляції	лекція, практична		Опрацювати питання лекції, практичної 4 год	

13	Застосування оптимального керування до трудових ресурсів	лекція		Опрацювати питання лекції 2 год	
14	Модель оптимального керування економічним зростанням	лекція, практична		Опрацювати питання лекції, практичної 4 год	
15	Моделювання технологічних змін. Модель боротьби із забрудненням	лекція		Опрацювати питання лекції 2 год	
16	Застосування теорії оптимального керування в маркетингу	лекція, практична		Опрацювати питання лекції, практичної 4 год	