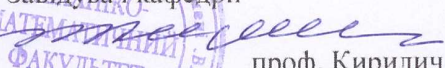


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Механіко-математичний факультет**  
**Кафедра математичної економіки, економетрії, фінансової та страхової математики**

**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**

**“Системи комп'ютерної математики”**

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

Львів – 2022

<b>Назва дисципліни</b>	СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Університетська, 1, 79-000, м. Львів.
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Механіко-математичний факультет, кафедра математичної економіки, економетрії, фінансової та страхової математики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	11 – математика і статистика; 111 – математика; спеціалізація математична економіка та економетрика
<b>Викладачі дисципліни</b>	Флюод Володимир Михайлович, к.ф.-м.н., доцент.
<b>Контактна інформація викладачів</b>	volodymyr.flyud@lnu.edu.ua
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	On-line консультації через MS Teams. Для погодження часу on-line консультацій слід звертатися до викладача на його електронну пошту: volodymyr.flyud@lnu.edu.ua
<b>Сторінка дисципліни</b>	Курс на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “Системи комп'ютерної математики” є дисципліною за вибором із спеціальності 111 – математика для освітньої програми математична економіка та економетрика підготовки магістра, яка викладається в I семестрі в обсязі 5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Розглядаються сучасні методи побудови алгоритмів на мові програмування <i>Python</i> та їх застосування при розв'язуванні задач, які служать моделями у математичній економіці.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Мета дисципліни – вдосконалити знання та вміння студентів у програмуванні у середовищі <i>Python</i> , за допомогою яких навчити досліджувати задачі математичної економіки.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Beck Amir. Introduction to nonlinear optimization : theory, algorithms, and applications with MATLAB . - SIAM. - 2014.</li> <li>2. Igor Griva, Stephen G. Nash, Ariela Sofer. Linear and nonlinear optimization. 2nd ed. - SIAM. - 2009.</li> <li>3. Xin-She Yang. Introduction to Mathematical Optimization – From Linear Programming to Metaheuristics. - University of Cambridge, United Kingdom. - 2008.</li> <li>4. Stephen P. Boyd. Convex Optimization. - Cambridge University Press. - 2009.</li> <li>5. Richard M. Murray. Optimization-Based Control. Control and Dynamical Systems. - California Institute of Technology. - Version v2.2d (23 Feb 2022).</li> <li>6. Betts, John T. Practical methods for optimal control and estimation using nonlinear programming. 2nd ed. - SIAM. - 2010</li> <li>7. Leonard D. Berkovitz, Negash G. Medhin. Nonlinear Optimal Control Theory. - CRC Press. - 2013.</li> <li>8. Peter I. Kogut r Günter R. Leugering. Optimal Control Problems for Partial Differential Equations on Reticulated Domains. Approximation and Asymptotic Analysis. - Springer. - 2011.</li> <li>9. Suresh P. Sethi, Gerald L. Thompson. Optimal Control Theory. Applications to Management Science and Economics. Second Edition. - Springer. - 2006.</li> <li>10. Francisco J. Blanco-Silva. Learning SciPy for Numerical and Scientific Computing. - Birmingham. - 2013.</li> <li>11. Robert Johansson. Numerical Python: Scientific Computing and Data Science Applications with Numpy, SciPy and Matplotlib. Second Edition. - Apress Media LLC. - 2013</li> </ol>

	<p>12. John Hunter, Darren Dale, Eric Firing, Michael Droettboom. Matplotlib. Release 1.5.1.(10.01.2016) -- p.2864</p> <p>13. John Hunter, Darren Dale, Eric Firing, Michael Droettboom. Matplotlib. Release 1.5.3.(05.12.2016) -- p.2792 (<a href="http://matplotlib.org/Matplotlib.pdf">http://matplotlib.org/Matplotlib.pdf</a>)</p> <p>14. NumPy User Guide. Release 1.11.0.dev0+c0e48cf. Written by the NumPy community. -- October 29, 2015. -- p.137.</p> <p>15. Gael Varoquaux, Emmanuelle Gouillart, Olaf Vahtras. SciPy. 2015 Edition.-- p.367.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	150 годин. З них: 32 години аудиторних занять (16 годин лекцій і 16 годин практичних занять) та 118 год. самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– знати: алгоритми розв’язування задач оптимізації, лінійного програмування, алгоритми розв’язування крайових задач для диференціальних рівнянь, розв’язування задач оптимального керування системами диференціальних рівнянь звичайних і з частинними похідними, задачі які мають місце у математичній економіці та економетрії у програмних середовищах <i>Python</i>;</li> <li>– вміти: побудувати алгоритми та написати програми у середовищі <i>Python</i> знаходження розв’язку задач нелінійної оптимізації, послуговуватися візуалізацією для аналізу одержаних результатів, будувати алгоритми знаходження наближених розв’язків крайових задач для диференціальних рівнянь і систем, які використовуються у моделюванні економічних систем.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Програмне середовище <i>Python</i> , різницеві схеми, схема Кранка-Ніколсона, метод дихотомії, лінійне програмування, нелінійна оптимізація, локальний екстремум функції, умовний локальний екстремум функції багатьох змінних, метод Ньютона, метод штрафних функцій, градієнтні методи, оптимальне керування.
<b>Формат курсу</b>	Очний Проведення лекцій, практичних занять та консультації для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Основи програмування у середовищі <i>Python</i>.</li> <li>• Основи візуалізації у середовищі <i>Python</i>.</li> <li>• Розв’язування задач оптимізації у <i>Python</i>.</li> <li>• Написання процедур у <i>Python</i>. Методи пошуку екстремуму функції однієї змінної: золотого перерізу, дихотомії, Ньютона.</li> <li>• Безумовний та умовний екстремум. Задача математичного програмування. Градієнтні методи. Метод штрафних функцій.</li> <li>• Чисельне диференціювання та інтегрування. Методи обчислення наближеного розв’язку початкових та крайових задач для систем звичайних диференціальних рівнянь.</li> <li>• Різницеві методи знаходження наближеного розв’язку одновірних початкових динамічних задач для рівнянь з частинними похідними другого порядку.</li> <li>• Задачі оптимального керування для системи звичайних диференціальних рівнянь.</li> <li>• Оптимальне керування рівняннями із частинними похідними.</li> </ul>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік в кінці семестру

<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з математичного аналізу, теорії ігор, математичної економіки, теорії диференціальних рівнянь.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентація, лекції, практичні заняття, дискусії, обговорення одержаних результатів, консультації.
<b>Необхідне обладнання</b>	Комп'ютер, проєктор, графічний планшет, мережеве обладнання, доступ до інтернету.
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> <li>практичні/самостійні тощо: максимальна кількість балів 50;</li> </ul> Дисципліна завершується заліком у вигляді залікової контрольної роботи, максимальна кількість балів 50. Загалом протягом семестру 100 балів.
<b>Питання до екзамену (чи питання до контрольної роботи)</b>	Матеріали на залік розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>
<b>Опитування</b>	Анкет-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні курсу.

### СХЕМА КУРСУ

Тиждень.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота	Література, *** Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Основи програмування у середовищі <i>Python</i> , синтаксис, основні функції програми.	лекція	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Опрацювати матеріал лекції 2 год	
2	Визначення функції користувача, <i>lambda</i> -функції; підключення та використання математичних модулів <i>numpy</i> , <i>scipy</i> , <i>matplotlib</i> ; найпростіші операції; умовні оператори; оператори циклу.	практичне заняття	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Вправи 1; 2 год	
3	Основи візуалізації у середовищі <i>Python</i> . Побудова та оформлення графіків на площині та просторі.	лекція	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Опрацювати матеріал лекції 2 год	
4	Лінійна алгебра у <i>Python</i> : визначення матриць та дії над ними; розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь.	практичне заняття	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Вправи 2; 2 год	
5	Розв'язування задач оптимізації у <i>Python</i> : пошук безумовного та умовного екстремуму, задача лінійного програмування за допомогою внутрішніх функцій середовища.	лекція	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Опрацювати матеріал лекції 2 год	

6	Побудова дво- та тривимірних графіків явної, неявної, параметричної функцій.	практичне заняття	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Вправи 3; 2 год	
7	Написання процедур у <i>Python</i> . Методи пошуку екстремуму функції однієї та багатьох змінних.	лекція	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Опрацювати матеріал лекції 2 год	
8	Обчислення екстремуму функції однієї та багатьох змінних за допомогою процедур, написаних у <i>Python</i> .	практичне заняття	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Вправи 4; 2 год	
9	Чисельне диференціювання та інтегрування. Методи обчислення наближеного розв'язку початкових та крайових задач для систем звичайних диференціальних рівнянь.	лекція	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Опрацювати матеріал лекції 2 год	
10	Математичний аналіз у <i>Python</i> : диференціювання, інтегрування, обчислення границі функції, суми числового ряду.	практичне заняття	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Вправи 5; 2 год	
11	Різницеві методи знаходження наближеного розв'язку початкових і крайових задач для звичайного диференціального рівняння. Чисельне розв'язування одномірних початкових динамічних задач для рівнянь з частинними похідними другого порядку.	лекція	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Опрацювати матеріал лекції 2 год	
12	Написання процедур обчислення наближеного розв'язку початкових та крайових задач для системи звичайних диференціальних рівнянь.	практичне заняття	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Вправи 6; 2 год	
13	Оптимальне керування: методи знаходження чисельного розв'язку задачі оптимального керування.	лекція	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Опрацювати матеріал лекції 2 год	
14	Написання алгоритмів чисельного розв'язування задачі оптимального керування системами звичайних диференціальних рівнянь	практичне заняття	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Вправи 7; 2 год	
15	Побудова алгоритмів та написання програм у <i>Python</i> знаходження наближеного розв'язку задачі оптимального керування дифузійними процесами	лекція	Матеріали розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Опрацювати матеріал лекції 2 год	
16	Захист програм та алгоритмів.	Залікова робота	Матеріали на залік розміщені на порталі дистанційного навчання Moodle кафедри <a href="http://lnu.edu.ua">ЛНУ: Всі курси (lnu.edu.ua)</a>	Вибрані завдання із Вправ 1-7 2 год	