

**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.)

Завідувача кафедри



\_\_\_\_\_ проф. Кирилич В. М.

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Принципи системного та динамічного програмування»,**  
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.

<b>Назва дисципліни</b>	Принципи системного та динамічного програмування
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Механіко-математичний факультет, ауд. 372
<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 та статистика; 111 – математика; спеціалізація математична економіка та економетрика
<b>Викладачі дисципліни</b>	Оліскевич Маріанна Олександрівна, доктор економічних наук, професор
<b>Контактна інформація викладачів</b>	marianna.oliskevych@lnu.edu.ua <a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/oliskevych-m-o">https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/oliskevych-m-o</a>
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	ауд. 354 – кафедра математичної економіки, економетрії, фінансової та страхової математики, четвер 16.30 он-лайн консультації marianna.oliskevych@lnu.edu.ua
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/department/meefsm">https://new.mmf.lnu.edu.ua/department/meefsm</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Принципи системного та динамічного програмування» є вибірковою дисципліною із спеціальності 111 – математика для освітньої програми математична економіка та економетрика підготовки магістра, яка викладається в II семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Навчальну дисципліну розроблено так, щоб надати учасникам необхідні знання з теорії та методів динамічного програмування, розв'язання багатокрокових задач оптимального управління, системного моделювання. В дисципліні представлено огляд концепцій розроблення імітаційних моделей, моделей системної динаміки, вивчення динаміки процесів за невизначеного середовища.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Принципи системного та динамічного програмування» є ознайомлення студентів із завданнями моделювання на підставі принципів системного та динамічного програмування, набуття навичок застосування динамічного програмування до аналізу економічних проблем, побудови моделей системної динаміки
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bertsekas, Dimitri P. (2017). Dynamic Programming and Optimal Control. 4th Edition. Athena Scientific. 576P.</li> <li>2. Bather, John. (2000). Decision Theory: An Introduction to Dynamic Programming and Sequential Decisions. Wiley Publisher. 208P.</li> <li>3. Brunton, Steven L. and Kutz, J. Nathan (2019). Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control. Cambridge University Press. 492P.</li> <li>4. Duggan, Jim (2016). System Dynamics Modeling with R. Springer International Publishing. 180P.</li> <li>5. Kim, Jongrae (2022). Dynamic System Modeling and Analysis with MATLAB and Python: For Control Engineers. IEEE Press Series on Control Systems Theory and Applications. Wiley Publisher. 336 P.</li> <li>6. Biswajit Bhowmik (2010). Dynamic Programing – its principles, applications, strengths and limitations. International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(9), pp. 4822-4826.</li> <li>7. Wheat, I. David, Oliskevych M., Novik A. (2021). Get Started with Macro Modeling Cavana, R.Y., Dangerfield, B., Pavlov, O.V., Radzicki,</li> </ol>

	M.J., Wheat, I.D. // Feedback Economics. Economic Modeling with System Dynamics. Springer International Publishing. 630 p. 8. Ljungqvist L., Sargent T. (2018). Recursive Macroeconomic Theory. The MIT Press Cambridge, 4th Ed., 1480 p.
<b>Обсяг курсу</b>	180 годин. З них: 48 години аудиторних занять (32 години лекцій і 16 години практичних занять) та 132 год. самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	Після завершення цього курсу студент буде: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Знати основні теоретичні принципи динамічного та системного програмування, методи розв'язання динамічних проблем</li> <li>– Вміти ідентифікувати динамічні проблеми; структурно представляти та ілюструвати взаємозв'язки між елементами систем на рівні окремих проектів, проводити верифікацію моделі, аналізувати результати моделювання за умови зміни параметрів та структурних шоків</li> </ul> Курс забезпечує набуття таких компетентностей та програмних результатів навчання: ЗК4, ЗК5, ЗК7, ФК1, ФК7, ФК9, ПРН4, ПРН10, ПРН16, ПРН19
<b>Ключові слова</b>	Динамічне програмування, системна динаміка, імітаційна модель
<b>Формат курсу</b>	Очний Проведення лекцій, практичних занять та консультації для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	Тема 1. Детерміновані моделі. Багатоетапні задачі прийняття рішень. Мережі, та їх застосування. Опуклість. Тема 2. Стохастичні моделі. Стохастичне динамічне програмування. Загальні принципи. Оптимальна зупинка. Особливості. Тема 3. Марківські процеси прийняття рішень. Мінімізація середніх витрат. Тема 4. Основи системної динаміки. Петлі зворотного зв'язку. Аналіз чутливості моделі до зміни параметрів. Тема 5. Тестування моделей системної динаміки. Калібрація. Тема 6. Застосування прикладних пакетів Stella Architect, R. Тема 7. Застосування принципів динамічного програмування до аналізу економічних процесів. Моделі ринку праці.
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з математичного та функціонального аналізу, теорії ймовірностей і статистики, математичної економіки, основ економетрії достатніх для сприйняття категоріального апарату й методів побудови моделей із використанням системного та динамічного програмування, розуміння джерел динаміки поведінки змінних та взаємозв'язків між змінними
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентації, лекції, практичні заняття, дискусії, консультації.
<b>Необхідне обладнання</b>	Використання програмного забезпечення і операційних систем, MS Word, Stella Architect, R.

<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Оцінювання проводиться протягом семестру за такими видами робіт:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Індивідуальні/самостійні проекти доповіді: 50% семестрової оцінки: максимальна кількість балів 50;</li> <li>• контрольні заміри (модулі): 50% семестрової оцінки: максимальна кількість балів 50.</li> </ul> <p>Загалом протягом семестру 100 балів.</p> <p><b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконають декілька видів письмових робіт (тести, побудова і аналіз моделей).</p> <p><b>Академічна доброчесність:</b> 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><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів письмових 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 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><b>Питання до екзамену (чи питання до контрольної роботи)</b></p>	<p>Матеріали на залік розміщуються на сайті предмету <a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/department/meefsm">https://new.mmf.lnu.edu.ua/department/meefsm</a></p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкет-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні курсу.</p>

### Схема курсу

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота	Література, *** Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Динамічне програмування, застосування, переваги і обмеження.	лекція	Biswajit Bhowmik (2010). Dynamic Programming – its principles, applications, strengths and limitations. International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(9), pp. 4822-4826.	Опрацювати питання лекції 2 год	
2	Детерміновані моделі. Багатоетапні задачі прийняття рішень.	лекція, практична	Bertsekas, Dimitri P. (2017). Dynamic Programming and Optimal Control. 4th Edition. Athena Scientific. 576P. Bather, John. (2000). Decision Theory: An Introduction to Dynamic Programming and Sequential Decisions. Wiley Publisher. 208P.	Опрацювати питання лекції, провести моделювання 4 год	
3-4	Мережі, та їх застосування. Опуклість.	лекції, практична	Brunton, Steven L. and Kutz, J. Nathan (2019). Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control. Cambridge University Press. 492P.	Опрацювати питання лекції, провести моделювання 6 год	
5-6	Стохастичне динамічне програмування. Загальні принципи.	лекції, практична		Опрацювати питання лекції, провести моделювання 6 год	
7-8	Стохастичні моделі. Оптимальна зупинка. Особливості.	лекції, практична		Опрацювати питання лекції, провести моделювання 6 год	

9	Марківські процеси прийняття рішень. Мінімізація середніх витрат.	лекція		Опрацювати питання лекції, провести моделювання 2 год	
10	Пакети прикладних програм для реалізації симуляцій. Stella Architect. R. Vensim.	лекція, практична	<a href="https://www.iseesystems.com">https://www.iseesystems.com</a> <a href="https://vensim.com">https://vensim.com</a>	Опрацювати питання лекції, провести моделювання 4 год	
11	Основи системної динаміки. Петлі зворотного зв'язку. Reinforcing loop. Збіжність до рівноваги.	лекція	Duggan, Jim (2016). System Dynamics Modeling with R. Springer International Publishing. 180P.	Опрацювати питання лекції 2 год	
12	Balancing loop. Збіжність до рівноваги. Атрактор. STEP і IMPULSE функції. Способи моделювання впливу тимчасових і постійних шоків.	лекція, практична	Kim, Jongrae (2022). Dynamic System Modeling and Analysis with MATLAB and Python: For Control Engineers. IEEE Press Series on Control Systems Theory and Applications. Wiley Publisher. 336 P.	Опрацювати питання лекції, провести моделювання 4 год	
13	Тестування моделей системної динаміки. Калібрація.	лекція	Wheat, I. David, Oliskevych M., Novik A. (2021). Get Started with Macro Modeling Cavana, R.Y., Dangerfield, B., Pavlov, O.V., Radzicki, M.J., Wheat, I.D. // Feedback Economics. Economic Modeling with System Dynamics. Springer International Publishing. 630 p.	Опрацювати питання лекції 2 год	
14	Аналіз чутливості моделі до зміни параметрів.	лекція, практична		Опрацювати питання лекції, провести моделювання 4 год	
15-16	Застосування принципів динамічного програмування до аналізу економічних процесів. Моделі ринку праці.	лекції, практична		Опрацювати питання лекцій, провести моделювання 6 год	