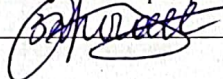


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Економічний факультет
Кафедра економічної кібернетики

Затверджено

На засіданні кафедри
економічної кібернетики
економічного факультету
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № _____ від _____ 20__ р.)

Завідувач кафедри

 доц. к.е.н. Артими-Дрогомирецька З.Б.

Силабус з навчальної дисципліни
«Моделювання синергетичних процесів»,
що викладається в межах
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 051 «Економіка»

Львів 2022 р.

Назва дисципліни	Моделювання синергетичних процесів
Адреса викладання дисципліни	Львівський національний університет імені Івана Франка, економічний факультет м. Львів, просп. Свободи, 18
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Економічний факультет, кафедра економічної кібернетики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань 05 «Соціальні та поведінкові науки» Спеціальність 051 «Економіка» Освітня програма «Економічна кібернетика»
Викладачі дисципліни	Зомчак Лариса Миколаївна, к.е.н., доцент, доцент кафедри економічної кібернетики
Контактна інформація викладачів	Larysa.zomchak@lnu.edu.ua
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через Zoom, Microsoft Teams або подібні ресурси. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або дзвонити.
Сторінка курсу	Сторінка курсу http://e-learning.lnu.edu.ua/
Інформація про дисципліну	Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для того, щоб проводити прикладні дослідження синергетичних процесів. Тому у курсі представлено як огляд підходів до моделювання синергетичних процесів, так і процесів та інструментів, які потрібні для їхньої реалізації.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Моделювання синергетичних процесів» є вибірковою дисципліною з спеціальності 051 «Економіка» освітньої програми «Економічна кібернетика», яка викладається в 2 семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Мета курсу формування системи теоретичних знань та практичних навичок щодо моделювання структурних і динамічних властивостей синергетичних процесів та нелінійних економічних систем як засобу дослідження та управління складними явищами у макро-, мезо- й мікроекономічних системах.
Література для вивчення дисципліни	Базова література: 1. Білоус В. С. Синергетика та самоорганізація в економічній діяльності. - Навч. посіб./ В. С. Білоус — К. : КНЕУ, 2007. — 376 с 2. Вітлінський, В. В., Діордіца, С. Г., Захарченко, П. В., Іванов, М. М., Кібальник, Л. О., Курбанов, К. Р., ... & Якимчук, Б. Б. Емерджентні методи для емерджентної економіки. 2017. 324 с. 3. Вознюк, О. В. (2013). Синергетика економічних систем: навчальний посібник. http://eprints.zu.edu.ua/26247/1/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%D1%8E%D0%BA_%D1%81%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D0%B5%D0%BA%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5

%D0%BC_2003.pdf

4. Дербенцев, В. Д., Сердюк, О. А., Соловйов, В. М., & Шарапов, О. Д. (2010). Синергетичні та еконофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем.

<http://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/0564/1045/1/Monogr.pdf>

5. Методологія наукових досліджень у статистиці: навч. посібник / [Матковський С. О., Вдовин М. Л., Гринькевич О. С., Зомчак Л. М., Лагоцький Т. Я., Панчишин Т. В.] – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015. – 280 с.

6. Рогоза, М. Є., Рамазанов, С. К., & Мусаєва, Е. К. (2010). Нелінійні моделі та аналіз складних систем: навчальний посібник: в 2 ч. <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/1732>

7. Сергеева Л.Н. Нелинейная экономика: модели и методы./Научн. Редактор д.э.н., проф.. Ю.Г.Лысенко/ Л.Н. Сергеева. – Запорожье :”Полиграф” – 218 с.

8. Черняк, О. І., Захарченко, П. В., & Клебанова, Т. С. Теорія хаосу в економіці. Бердянськ, 2014. 244 с.

9. Zhang, W. B. (2013). *Synergetic economics: time and change in nonlinear economics* (Vol. 53). Springer Science & Business Media. https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=b6n1CAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=nonlinear+economics+book&ots=e5QOqec4a9&sig=a4oqUW9nhfzc0ceE0C6Wt3QIElQ&redir_esc=y#v=onepage&q=nonlinear%20economics%20book&f=false

10. Rosser, J. B. (2013). *From catastrophe to chaos: a general theory of economic discontinuities*. Springer Science & Business Media https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=eZnbBwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP8&dq=bifurkation+economics+book&ots=xKSZ9Tc32K&sig=aUpQa_LHoieeFuMP0oLxPbi4TDA&redir_esc=y#v=onepage&q=bifurkation%20economics%20book&f=false

Додаткова література:

11. Бакурова А. В. Самоорганізація соціально-економічних систем: моделі і методи : монографія / А. В. Бакурова ; Класич. приват. ун-т. - Запоріжжя : КПУ, 2010. - 328 с.

12. Козик В.В. Застосування біофізичних моделей у практичній економіці: монографія / В.В. Козик, Ю.І. Сидоров. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 180 с.

13. Коляда, Ю. В., & Коляда, Ю. В. (2019). Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки. http://projects.dune-hd.com/bitstream/handle/2010/33960/19-5555_K.pdf?sequence=1&isAllowed=y

14. Кузьмін О.Є. Досягнення і проблеми еволюційної економіки: монографія / О.Є Кузьмін, Ю.І. Сидоров, В.В. Козик. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 252 с.

15. Шарапов О.Д. Економічна кібернетика: Навч. посібник./ Шарапов О.Д., Дербенцев В.Д., Семьонов Д.І. – К.:КНЕУ, 2004. – 231 с

16. Arthur, W. B. (2013). *Complexity economics. Complexity and the Economy*. https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=AOxjBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Complexity+Economics+&ots=DaOt_Q9m3&sig=ISgyx8mTJef95IqaBdQmcvjeoo8&redir_esc=y#v=onepage&q=

	<p>Complexity%20Economics&f=false</p> <p>17. Arthur, W. B. (2021). Foundations of complexity economics. <i>Nature Reviews Physics</i>, 1-10. https://www.nature.com/articles/s42254-020-00273-3</p> <p>18. Santa Fe Institute: Home https://www.santafe.edu/</p> <p>19. Complexity Explorer https://www.complexityexplorer.org/</p> <p>20. Fractal Foundation https://fractalfoundation.org/</p> <p>21. The Nonlinear Dynamics Group https://web.archive.org/web/20160310065017/http://lagrange.physics.drexel.edu/</p> <p>22. The Chaos Hypertextbook https://hypertextbook.com/chaos/</p> <p>23. CHAOS: CLASSICAL AND QUANTUM Predrag Cvitanović, Roberto Artuso, Ronnie Mainieri, Gregor Tanner, Gábor Vattay, Niall Whelan and Andreas Wirzba http://chaosbook.org/</p>
Обсяг курсу	32 години аудиторних занять: 16 годин лекцій та 16 годин практичних занять; 58 години самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <p>Знати: структурні та динамічні характеристики економічної системи; моделі прогнозування характеристик економічної системи; основні методи оцінки якості функціонування; методи оцінки структурних змін; методи дослідження та моделювання складних соціально-економічних систем;</p> <p>Вміти: Збирати, систематизувати й аналізувати інформацію про систему управління економічною системою; Аналізувати соціально-економічні об'єкти і процеси на засадах синергетики і суміжних теорій; Ідентифікувати та дослідити умови виникнення надзвичайних ситуацій, будувати моделі їхнього розвитку, оцінювати їхні соціально-економічні наслідки; Досліджувати стійкість системи згідно теорії її самоорганізації, а також виявляти сценарії переходу до хаосу; Розробляти математичні моделі динаміки розвитку економічних процесів; Моделювати тенденції макро- та мікроекономічного розвитку; Застосовувати або модифікувати існуючі програмні засоби для розв'язування задач; Алгоритмізувати процес пошуку ефективного рішення; Розробляти економіко-математичні моделі прогнозування розвитку економічних систем, перевіряти їх адекватність; Будувати прогноз динаміки розвитку економічних процесів; Збирати, систематизувати й аналізувати інформацію у вигляді часових рядів, проводити їх аналіз методами синергетичної економіки, реалізовувати реконструкцію атрактора економічних систем; Виявляти фрактальні властивості та нелінійну динаміку в економічних системах, застосовувати методи моделювання хаотичної динаміки в економіці; Моделювати поведінку фінансових посередників на ринку; Здійснювати вибір певного середовища програмування для розв'язування побудованої задачі.</p>
Ключові слова	Синергетика, теорія хаосу, нелінійні науки, нелінійна динаміка, біфуркація, атрактор, дисипативна система, динамічна система, реконструкція атрактора
Формат курсу	Очний /заочний
	Проведення лекцій, практичних занять та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Тема 1. Концептуальні засади синергетики та нелінійної економіки Тема 2 Нелінійні науки

	<p>Тема 3. Економіка як об'єкт моделювання нелінійних наук та теорії хаосу</p> <p>Тема 4. Основні поняття теорії синергетики</p> <p>Тема 5. Теоретичні методи синергетики. Лінійний аналіз стійкості динамічних систем</p> <p>Тема 6. Структурна стійкість і біфуркація динамічних систем</p> <p>Тема 7. Практичні методи теорії хаосу. Алгоритм реконструкції атратора системи.</p> <p>Тема 8. Класичні та додаткові алгоритми оброблення економічних часових рядів</p>
Підсумковий контроль, форма	залік
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін макроекономіка, мікроекономіка, вища математика, теорія ймовірностей та математична статистика, дослідження операцій, економетрія, моделювання економіки, системний аналіз.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, практичні заняття, колаборативне навчання (форми – групові проекти, спільні розробки) проектно-орієнтоване навчання, дискусії.
Необхідне обладнання	R, Python
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 заняття: 70% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 70 • контрольні заміри (модулі): 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30 <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до заліку чи екзамену.	Сторінка курсу https://econom.lnu.edu.ua/course/modelyuvannya-synerhetychnyh-protsesiv-v-ekonomitsi
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Лекції, год	Практичні заняття, год
1	<p>Тема 1. Концептуальні засади синергетики та нелінійної економіки</p> <p>Синергетика в контексті поснекласичного етапу розвитку науки. Поняття «синергетика». Категорії синергетики. Зв'язок синергетики та кібернетики. Міждисциплінарний характер синергетики. Історичні етапи розвитку синергетичного підходу в науці. Німецька школи синергетики Германа Хакена. Бельгійська школа синергетики Іллі Пригожина, модель феномена самоорганізації (брюсселятор). Московська школа синергетики. Американська школа Інституту досліджень складних адаптивних систем у Санта-Фе. Особливості кожної зі шкіл. Перспективи подальшого розвитку синергетики.</p>	2	2
2	<p>Тема 2. Нелінійні науки</p> <p>Фрактальна математика. Теорія хаосу. Теорія природних структурних утворень. Солітони. Клітинні автомати. Теорія складних систем.</p>	2	2
3	<p>Тема 3. Економіка як об'єкт моделювання нелінійних наук та теорії хаосу</p> <p>Особливості економіки як об'єкту моделювання теорії синергетики. Доцільність застосування синергетичних методів в економіці. Еволюційний та революційний розвиток системи. Етапи деградації та руйнування системи. Поняття стійкості системи в теорії її самоорганізації. Моделювання адаптації фірми на основі класичного логістичного відображення. Павутиноподібна модель фірми як логістичне відображення.</p>	2	2
4	<p>Тема 4. Основні поняття теорії синергетики</p> <p>Поняття відкритих та дисипативних структур. Поняття хаосу та динамічного в синергетиці. Основні типи атракторів, дивні атрактори. Точки біфуркації.</p>	2	2
5	<p>Тема 5. Теоретичні методи синергетики. Лінійний аналіз стійкості динамічних систем.</p> <p>Основні поняття якісної теорії диференціальних рівнянь. Фазовий простір. Лінійна система для двох змінних. Власні значення. Динаміка та рівновага. Стійкість за Ляпуновим. Консервативні та дисипативні системи. Лінеаризація нелінійної системи. Прямий метод Ляпунова. Параметри порядку й принцип підпорядкованості в синергетиці. Принцип порядку Хакена. Показники Ляпунова. Дискретне відображення та його побудова. Сценарій переходу до хаосу по Фейгенбауму.</p>	2	2

6	<p>Тема 6. Структурна стійкість і біфуркація динамічних систем</p> <p>Стійкість за Ляпуновим. Консервативні та дисипативні системи. Лінеаризація нелінійної системи. Прямий метод Ляпунова. Структурна стійкість. Поняття біфуркації. Біфуркації станів рівноваги: біфуркація зриву рівноваги, біфуркація Андронова-Хопфа (народження циклу), біфуркація типу вилки. Біфуркація періодичних розв'язків: біфуркація виникнення або зникнення пари траєкторій, біфуркація подвоєння періода, біфуркація народження тору.</p>	2	2
7	<p>Тема 7. Практичні методи теорії хаосу. Алгоритм реконструкції атратора системи.</p> <p>Особливості економічних часових рядів. Нелінійність та нестационарність економічних часових рядів. Стохастичні характеристики атракторів: фрактальна розмірність, інформаційна розмірність, кореляційна розмірність. Алгоритм Грасберга-Прокаччі реконструкції атракторів. Методи вибору часової затримки (методи авто кореляційної функції та взаємної інформації). Методи вибору розмірності простору вкладення (метод кореляційної розмірності та метод фальшивих найближчих сусідів).</p>	2	2
8	<p>Тема 8. Класичні та додаткові алгоритми оброблення економічних часових рядів</p> <p>Спеціальні методи дослідження нелінійної динаміки часових рядів. Алгоритм Бенеттіна, алгоритм Вульфа обчислення максимального показника Ляпунова. Методи обчислення показника Херста. Класифікація часових рядів на основі показника Херста. R/S аналіз економічних часових рядів. BDS-тест, метод сурогатних даних. Метод рекурентних графіків аналізу економічних часових рядів.</p>	2	2
	Всього	16	16