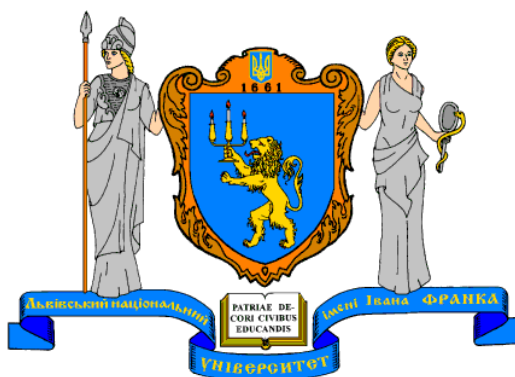


Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка

Л.М. Зомчак



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для проведення семінарських занять

з курсу “Еколого-економічне моделювання”

Львів 2022

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри економічної кібернетики Львівського національного університету імені Івана Франка (Протокол №1 від 30 серпня 2022 року).

Рецензенти:

Вдовин М.Л.

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри статистики
(Львівський національний університет імені Івана Франка)

Комар М.І.

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри економічної кібернетики
(Львівський національний університет імені Івана Франка)

Методичні матеріали для проведення семінарських занять з курсу «Еколого-економічне моделювання» / Укладач Зомчак Л.М.. Львів: Малий видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. -2022. – 22 с.

© Львів, 2022

ВСТУП

“Еколого-економічне моделювання” – одна з вибірових дисциплін, що завершує фундаментальну підготовку спеціалістів за фаховим спрямуванням – “Економічна кібернетика”.

Наприкінці ХХ ст.. вперше в економіці виникли проблеми нового плану, перш за все зумовлені життєдіяльністю людей, пов'язані зі зниженням рівня забруднення і техногенного навантаження на природу, збереженням природного потенціалу, пошуком нових ресурсозберігаючих і екологічних технологій. Прицьому постало питання про розробку математичних моделей економічного розвитку нового покоління, які враховують вимогу раціонального природокористування.

У зв'язку із складністю безпосереднього вивчення деяких еколого-економічних систем і процесів, обмеженістю можливостей натурних спостережень важливу роль у екологічних дослідженнях відіграє моделювання – загальнонауковий метод пізнання, що дозволяє вивчати об'єкт за допомогою посередника – моделі. Це уявна чи матеріалізована система, яка відображає реальну екосистему чи процес так, що її дослідження дає нам про нього нову інформацію. Якщо модель досить точно імітує існуючу дійсність, зберігаючи принципову структуру реального явища, то виникають необмежені можливості для експериментування: вводячи необхідні дані в модель, ми можемо передбачати результати тих чи інших впливів людини на екологічний процес, отримувати потрібні характеристики при зміні параметрів моделі, і, що важливо, – на основі прогнозів стану довкілля – розробляти заходи із запобігання негативним наслідкам антропогенного впливу.

Метою освоєння дисципліни є набуття знань, формування компетенцій, навичок, які забезпечують коректну формалізацію різних класів еколого-економічних систем, розробку та реалізацію методів розв'язування, змістовну інтерпретацію результатів розв'язування задач в еколого-економічних системах.

Наукову основу курсу складають теоретичні моделі, математичний апарат, сучасні концепції та парадигми, які визначають підходи до вивчення характеристик еколого-економічних систем. У курсі розглянуто головні типи прикладних задач системного аналізу, які базуються на розумінні економіки як складної системи, методи аналізу та синтезу складних економічних систем різного рівня, теорія основних методів системного аналізу в економіці та керування з урахуванням екологічної складової тощо.

Екологічний аспект почали враховувати в економічних дослідженнях приблизно з 70-их років ХХ ст. У кінці ХХ ст. моделювання еколого-економічних систем і процесів уже розглядається як окрема дисципліна, яка займається вивченням особливостей структури, функціонування, стану та динаміки реальних еколого-економічних систем, зв'язків і процесів всередині них, між ними та із зовнішнім середовищем за допомогою відповідних їм моделей. Основним завданням даної науки є розробка методів та принципів створення моделей еколого-економічних систем і процесів, а також методів їх подальшого дослідження.

Предмет навчальної дисципліни є інструментарій економіко-математичного моделювання з урахуванням екологічного чинника: математичні моделі еколого-економічних об'єктів, процесів, ситуацій; методи та алгоритми проведення модельних експериментів; методологія математичного моделювання еколого-економічних систем тощо.

Об'єктом вивчення навчальної дисципліни є економіка, її підрозділи та процеси, що у них відбуваються, конкретні моделі, методи та алгоритми розглядаються у зв'язку з відповідними проблемами аналізу та управління в економічних системах з урахуванням екологічного чинника.

Завдання – навчити студентів застосовувати методи математичного моделювання синергетичної економіки для вирішення

прикладних економічних проблем, ознайомити з головними підходами до моделювання економіки.

Основними завданнями дисципліни є:

- Освоєння студентами основ математичного моделювання еколого-економічних систем, процесів та об'єктів;
- Оволодіння методами прийняття рішень у різних класах еколого-економічних систем;
- Набуття студентами практичних навичок математичного моделювання еколого-економічних систем і застосування теорії прийняття рішень до практичних задач.

Після завершення цього курсу студент буде:

Знати: фундаментальні засади математичного моделювання еколого-економічних систем, методи прийняття рішень у різних класах еколого-економічних систем, методи дослідження та моделювання складних еколого-економічних систем.

Вміти: Ідентифікувати та дослідити умови виникнення надзвичайних ситуацій, будувати моделі їхнього розвитку, оцінювати їхні соціально-економічні наслідки; Аналізувати соціально-економічні об'єкти і процеси з використанням класичних методів моделювання; Проводити системний аналіз і моделювати соціально-економічні системи різних рівнів; Розробляти та досліджувати математичні моделі функціонування еколого-економічних систем та об'єктів; Аналізувати економічні об'єкти і процеси з урахуванням впливу на навколишнє середовище та екологічної складової; Будувати прогноз динаміки впливу факторів зовнішнього середовища на показники діяльності підприємства/організації; Розробляти та досліджувати економіко-математичні моделі діяльності соціально-економічних об'єктів та систем для аналізу та вдосконалення системи керування ними; Моделювати вплив факторів внутрішнього та зовнішнього середовища на фінансову діяльність економічних об'єктів; Застосовувати математичні методи та моделі для

дослідження еколого-економічної взаємодії та стійкості розвитку еколого-економічних систем

Вивченню дисципліни «Еколого-економічне моделювання» передують такі дисципліни: лінійна алгебра, економетрія, дослідження операцій, економічна кібернетика моделювання економіки, моделі економічної динаміки, імітаційне моделювання, системний аналіз тощо.

Ключові слова: Еколого-економічна система, сталий розвиток, глобальні моделі динаміки, системна динаміка, балансові еколого-економічні моделі.

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Поняття, основні елементи та характеристики еколого-економічних систем

Поняття еколого-економічних систем.

Типи еколого-економічних систем.

Головні аспекти взаємодії людини та навколишнього середовища.

Ефективність функціонування природно-виробничої системи.

Головні види забруднень.

Тема 2. Концепція сталого розвитку

Історичні етапи становлення та передумови виникнення концепції сталого розвитку.

Поняття сталого розвитку та його критерії.

Головні співвідношення сталого розвитку.

Оцінки сталості.

Стійкість територій.

Тема 3. Оптимізаційні моделі еколого-економічних систем

Модель оптимізації випуску продукції з заданими нормативами забруднень.

Лінійний і нелінійний випадки задачі оптимізації випуску.

Модель оптимізації доходу виробника з штрафними санкціями для усунення забруднення.

Врахування оплати наднормативного навантаження на навколишнє середовище в оптимізаційних моделях.

Тема 4. Балансові еколого-економічні моделі

Балансова модель зі збільшенням витрат ресурсів.

Балансова модель рівноважних цін.

Тема 5. Статична міжгалузева модель Леонтьєва-Форда

Поняття балансових еколого-економічних моделей.

Приклади балансових еколого-економічних моделей.

Система позначень та формулювання статичної моделі Леонтьєва-Форда.

Умови існування невід'ємних розв'язків.

Модель оптимізації доходу.

Модель міжгалузевих залежностей цін.

Модель з залученням витрат ресурсів.

Тема 6. Глобальні системно-динамічні моделі

Принципи побудови системно-динамічних моделей.

Модель Форрестера: змінні, головні рівняння, залежності.

Результати моделі Форрестера за різних сценаріїв.

Модель «Світ -3 » та її результати.

Інші модифікації моделі Форрестера.

Тема 7. Модель Месаровича-Пестеля

Структура моделі Месаровича-Пестеля.

Підмоделі моделі.

Головні результати моделі Месаровича-Пестеля.

Тема 8. Загальні диференціальні моделі біології та екології. Моделювання динаміки популяцій

Головні поняття загальних диференціальних моделей біології та екології.

Динаміка популяцій жертви і хижака.

Система позначень моделі.

Рівняння динаміки та його розв'язування.

Врахування міжвидової конкуренції в моделі.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Тема 1. Поняття, основні елементи та характеристики еколого-економічних систем

Перелік питань для обговорення:

Поняття еколого-економічних систем.

Типи еколого-економічних систем.

Головні аспекти взаємодії людини та навколишнього середовища.

Ефективність функціонування природно-виробничої системи.

Головні види забруднень.

Завдання для самостійної роботи:

Головні проблеми природокористування

Регіональні аспекти екологічної безпеки

Контрольні завдання та теми для обговорення:

Що розуміють під поняттям «еколого-економічна система»?

Які властивості еколого-економічних систем можете назвати

У чому полягають головні аспекти взаємодії людини та навколишнього середовища?

Як оцінити ефективність функціонування природно-виробничої системи?

Які види забруднень ви можете назвати?

Які об'єкти належать до екологічно небезпечних?

У чому полягає економічна цінність природи?

Як оцінити реальну ціну природних ресурсів?

Дайте класифікацію еколого-економічних систем.

Назвіть головні соціально-економічні проблеми сучасності.

Теми рефератів:

Соціально-економічні проблеми сучасності

Проблеми природокористування в Україні

Тема 2 Концепція сталого розвитку

Перелік питань для обговорення:

Історичні етапи становлення та передумови виникнення концепції сталого розвитку.

Поняття сталого розвитку та його критерії.

Головні співвідношення сталого розвитку.

Оцінки сталості.

Стійкість територій.

Завдання для самостійної роботи:

Стан сталого розвитку в Україні та перспективи.

Контрольні завдання та теми для обговорення:

Сформулюйте суть концепції сталого розвитку.

Яка відмінність між лінійним і нелінійним підходами в економіці? Коли який із них доцільно застосовувати?

Сформулюйте головні співвідношення сталого розвитку.

Сформулюйте критерії сталого розвитку

У чому суть стійкості територій?

Тема 3. Оптимізаційні моделі еколого-економічних систем

Перелік питань для обговорення:

Модель оптимізації випуску продукції з заданими нормативами забруднень.

Лінійний і нелінійний випадки задачі оптимізації випуску.

Модель оптимізації доходу виробника з штрафними санкціями для усунення забруднення.

Врахування оплати наднормативного навантаження на навколишнє середовище в оптимізаційних моделях.

Завдання для самостійної роботи:

Модель оптимізації доходу від випуску продукції з урахуванням технологічного впливу на навколишнє середовище

Контрольні завдання та теми для обговорення:

Сформулюйте модель оптимізації випуску продукції з заданими нормативами забруднень.

Яка відмінність між лінійним і нелінійним випадками задачі оптимізації випуску.? Коли який із них доцільно застосовувати?

Сформулюйте модель оптимізації доходу виробника з штрафними санкціями для усунення забруднення.

Як враховують оплату наднормативного навантаження на навколишнє середовище в оптимізаційних моделях?

Як зробити м'якшими дуже жорсткі екологічні обмеження в оптимізаційних моделях?

Теми рефератів:

Екологічні моделі у різних галузях виробництва

Моделювання екологічної складової при видобуванні ресурсів

Багатокритеріальні оптимізаційні моделі з екологічною складовою

Модель оптимізації з комплексом екологічних обмежень

Тема 4. Балансові еколого-економічні моделі

Перелік питань для обговорення:

Система позначень та формулювання балансових моделей.

Балансова модель зі збільшенням витрат ресурсів.

Балансова модель рівноважних цін.

Завдання для самостійної роботи:

Продуктивність матриці затрат продукції на одиницю знищення забруднювачів

Продуктивність матриці знищення забруднювачів на одиницю випуску продукції

Контрольні завдання та теми для обговорення:

Сформулюйте суть балансової моделі.

Сформулюйте балансову модель зі збільшенням витрат виробництва

Сформулюйте балансову модель рівноважних цін.

Як дослідити на продуктивність матрицю знищення забруднювачів на одиницю випуску продукції?

Сформулюйте модель міжгалузевих залежностей цін

Дайте економічну інтерпретацію параметрів балансової моделі

Теми рефератів:

Балансові моделі рівноважних цін з екологічними податками та штрафами

Балансові моделі з урахуванням витрат ресурсів

Тема 5. Статична міжгалузева модель Леонтьєва-Форда

Перелік питань для обговорення:

Система позначень та формулювання статичної моделі Леонтьєва-Форда.

Умови існування невід'ємних розв'язків.

Модель оптимізації доходу.

Модель міжгалузевих залежностей цін.

Модель з залученням витрат ресурсів.

Завдання для самостійної роботи:

Продуктивність матриці затрат продукції на одиницю знищення забруднювачів

Продуктивність матриці знищення забруднювачів на одиницю випуску продукції

Контрольні завдання та теми для обговорення:

Сформулюйте статичну модель Леонтьєва-Форда.

Сформулюйте умови існування невід'ємних розв'язків статичної моделі Леонтьєва-Форда

Як дослідити матрицю затрат продукції на одиницю знищення забруднювачів на продуктивність?

Як дослідити на продуктивність матрицю знищення забруднювачів на одиницю випуску продукції?

Сформулюйте модель міжгалузевих залежностей цін

Дайте економічну інтерпретацію параметрів статичної моделі Леонтьєва-Форда

Теми рефератів:

Модифікації моделей Леонтьєва-Форда

Балансові моделі з комплексом екологічних обмежень

Тема 6. Глобальні системно-динамічні моделі

Перелік питань для обговорення:

Загальні принципи побудови системно-динамічних моделей.

Головні поняття та підходи системної динаміки.

Математичні основи імітаційного моделювання динамічних систем.

Постановка, змінні та рівняння моделі Форрестера.

Структурна модель Дж. Форрестера та її реалізації.

Сектори моделі.

Головні результати моделі Форрестера.

Завдання для самостійної роботи:

Проблеми стійкості системно-динамічних моделей

Ітераційний сценарій в моделі Форрестера

Реалізація науково-технічного прогресу за Форрестером

Стратегія стабілізованої моделі світу

Контрольні завдання та теми для обговорення:

У чому суть та особливості системно динамічних моделей? Які можливості їх застосування до моделювання еколого-економічних систем?

Сформулюйте головні етапи побудови системно-динамічних моделей в економіці.

Як дослідити стійкість системно-динамічних моделей в економіці?

Охарактеризуйте загальну методологію побудови імітаційних моделей динамічних систем

Дайте декілька визначень головних понять системної динаміки.

Назвіть головні підходи системної динаміки в еколого-економічному моделюванні.

Якими були перші моделі системної динаміки в еколого-економічному моделюванні. До яких висновків вони прийшли.

Які глобальні змінні вводить Форрестер у своїй моделі? Чому саме такі? Як ви б доповнили модель Форрестера?

Що описують головні диференціальні рівняння моделі Форрестера?

До яких результатів дійшов Форрестер та як їх інтерпретувати?

Як реалізовується ітераційний сценарій в моделі Форрестера?

Як реалізовується науково-технічний прогрес за Форрестером?

Які початкові дані задав Форрестер? Який горизонт прогнозування був у моделі? Чи справдились результати моделювання?

Теми рефератів:

Економічна інтерпретація нестійкості явищ

Коливальні режими в економічній динаміці

Модифікації моделі Форрестера

Структурна системно-динамічна модель «Світ-3»

Модифікації моделі Форрестера з керуванням

Тема 7. Модель Месаровича-Пестеля

Перелік питань для обговорення:

Кібернетична модель світу Месаровича-Пестеля.

Структура моделі Месаровича-Пестеля.

Підмодель економіки.

Підмодель енергетики.

Підмодель демографії.

Головні результати моделі Месаровича-Пестеля.

Завдання для самостійної роботи:

Умова збалансованості в під моделі економіки моделі Месаровича-Пестеля

Головні характеристики споживання енергетичних ресурсів в під моделі енергетики

Аспекти демографічної політики в під моделі демографії

Контрольні завдання та теми для обговорення:

Сформулюйте «кібернетичну модель світу» Месаровича-Пестеля.

З яких під моделей складається модель Месаровича-Пестеля?

Запишіть умову збалансованості в підмоделі економіки моделі Месаровича-Пестеля

Назвіть головні характеристики споживання енергетичних ресурсів в під моделі енергетики

Чим зумовлений вибір саме такої структури моделі Месаровича-Пестеля? Що б ви змінили в ній?

Які результати було отримано при розв'язуванні моделі Месаровича-Пестеля?

Який математичний апарат використано в моделі Месаровича-Пестеля?

Теми рефератів:

Органічне зростання в моделі Месаровича-Пестеля

Прогнозні розрахунки моделі Месаровича-Пестеля та їхня актуальність

Моделювання світового розвитку

Тема 8. Загальні диференціальні моделі біології та екології. Моделювання динаміки популяцій

Перелік питань для обговорення:

- Динаміка популяцій жертви і хижака.
- Система позначень моделі.
- Рівняння динаміки та його розв'язування.
- Врахування міжвидової конкуренції в моделі.

Завдання для самостійної роботи:

- Принципи математичного моделювання екосистем
- Особливості моделювання динаміки популяцій та математичний апарат

Контрольні завдання та теми для обговорення:

- Сформулюйте ідею моделей динаміки популяцій?
- Як шукають оптимальний розв'язок моделей динаміки популяцій?
- Як враховують міжвидову конкуренцію в моделях?
- Які інтерпретації моделей типу «хижак-жертва» ви можете дати?
- Які модифікації моделей типу «хижак-жертва» ви знаєте?
- У чому переваги та недоліки динамічних моделей?
- Що розуміють під поняттями «фазовий портрет», «фазова траєкторія»?

Теми рефератів:

- Узагальнені моделі типу «хижак-жертва»
- Моделювання озерної екосистеми
- Врахування оподаткування в моделюванні динаміки популяцій

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література:

1. Економіка довкілля і природних ресурсів: навчальний посібник / за заг. ред. П. Т. Бубенка; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. –Х.: ХНУМГ, 2014. 280 с.
<https://core.ac.uk/download/pdf/33756495.pdf>
2. Кліменко О. М.Ю Мащенко А. Інвайронментальна економіка:навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.030501 "Економічна теорія" . Х. : ХНЕУім. С. Кузнеця, 2015. –176с.
3. Моделювання та прогнозування стану довкілля. Підручник./ Лаврик В.І., Боголюбов В.М., Полетаєва Л.М., Юрасов С.М., Ільїна В.Г. К.: Альма-матер, 2010.
4. Ляшенко І. М., Мукоєд А. П. Моделювання біологічних та екологічних процесів: навч. посібник [для студ. вищих навч. закл., що навч. за напрямами: математика, прикладна математика, біологія, екологія]. К.: ВПЦ «Київський ун-т», 2002. 340с. – (Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка).
5. Ляшенко І.М., Коробова М.В., Столяр А.М. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів. Тернопіль: Навчальна книга–Богдан, 2006. 304 с.
6. 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, 2014. – 280 с.
7. Притула М. М. Моделювання та прогнозування економіко-екологічних процесів. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2013. 252 с.
8. Costanza, R., Cumberland, J. H., Daly, H., Goodland, R., Norgaard, R. B., Kubiszewski, I., & Franco, C. (2014). *An introduction to ecological economics*. CRC Press.
9. Spash, C. L. (Ed.). (2017). *Routledge handbook of ecological economics: Nature and society*. Taylor & Francis.
<https://books.google.com.ua/books?hl=uk&lr=&id=VzQIDwAAQBAJ&oi>

=fnd&pg=PP1&dq=ecological+economics&ots=JQ0HgS2ox-
&sig=eA6e0jU4aekWDczWYNi0Iji_L2s&redir_esc=y#v=onepage&q=ec
ological%20economics&f=false

Додаткова література:

10. Гринів Л. С. Екологічна економіка: Навч. посібник. / Л.С. Гринів – Львів: „Магнолія 2006”, 2010. – 380 с.

11. Кіотський протокол [Електронний ресурс]: United Nations Framework Convention on Climate Change. – Режим доступу: www.unfccc.int/files/na/application/kp_book1_ru.pdf

12. Babenko, V., Zomchak, L., & Nehrey, M. (2021). Ecological and economic aspects of sustainable development of Ukrainian regions. In E3S Web of Conferences (Vol. 280, p. 02003). EDP Sciences. DOI: 10.1051/e3sconf/202128002003

13. Forrester J.W. Urban Dynamics. Cambridge MA, Productivity Press, 1970.

14. Forrester J.W. World Dynamics. (2 ed.) / Forrester J.W. – Cambridge MA, Productivity Press, 1973.

15. Forrester J.W. World Dynamics. (2 ed.). Cambridge MA, Productivity Press, 1973.

16. Hritonenko N. Mathematical modeling in economics, ecology and the environment / Hritonenko N., Yatsenko Y. – Dordrecht/Boston/London : Kluwer Academic Publishers, 2013. – 298 p.

17. IZARD W. Ecological – Economic Analysis for Regional Development. N.Y.: Academic Press, 1969. 320 p.

18. Kallis, G., & Norgaard, R. B. (2010). Coevolutionary ecological economics. *Ecological economics*, 69(4), 690-699. https://www.kth.se/polopoly_fs/1.198022.1600689270!/Menu/general/column-content/attachment/KallisNorgaardCoevolution2010.pdf

19. Meadows D. The Limits to Growth / Meadows D., Meadows D., Randers J., Behrens III W. – N. Y., 1972.

20. Meadows D., Dennis I., et al. Waltham. Dynamics of Growth in

a Finite Word / MA: Pegasus Communications, 1974. 637 p.

21. Mesarovic M., Pestel E. Mankind at the Turning Point / – N. Y., 1974.

22. Sen, A. (2013). *A survey of sustainable development: social and economic dimensions* (Vol. 6). Island Press.

23. Shmelev, S. (Ed.). (2016). *Green economy reader: Lectures in ecological economics and sustainability* (Vol. 6). Springer.

24. Spash, C. L. (2012). New foundations for ecological economics. *Ecological Economics*, 77, 36-47.

25. The Limits to Growth / Meadows D., Meadows D., Randers J., Behrens III W. – N. Y., 1972.

26. Zomchak, L., Nehrey, M., Oliskevych, M., Voronenko, I., & Rogoza, N. (2023). Economic Growth and Environmental Degradation: Data Intelligence for Sustainable Environment. *Journal of Information Technology Management*, 15(1), 163-177.
DOI: 10.22059/jitm.2023.91150

Підписано до друку 01.09.2022. Формат 60x90/16.
Умовн. друк. арк. 2,5 Тираж 50. Зам.
Надруковано у Малому видавничому центрі
Львівського національного університету імені Івана Франка
79008, м. Львів, проспект Свободи, 18

