Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНО - ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛІНИ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра
за освітньою програмою «Економічна аналітика»
спеціальності 051 Економіка

Укладачі: Капустян В.О., Мажара Г.А., Черноусова Ж.Т.

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2024

УДК 330.4

Укладачі: *Капустян Володимир Омелянович*, д-р фіз.-мат. наук, проф.
Мажара Гліб Анатолійович, д-р філос. з екон., доц.
Черноусова Жанна Трохимівна, канд. фіз.-мат. наук

Рецензент *Зозульов О.В.,* канд. екон. наук, проф., професор кафедри промислового маркетингу КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний редактор *Фартушний І.Д.*, канд. фіз.-мат. наук, доц.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 7 від 09.05.2024 р.)
за поданням вченої ради факультету менеджменту та маркетингу
(протокол № 8 від 25.03.2024 р.)

330 **Моделювання соціально-економічних систем і процесів**. Навчально-методичний комплекс дисципліни [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Економічна аналітика» спец. 051 Економіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. О. Капустян, Г. А. Мажара, Ж. Т. Черноусова. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 46 с.

Навчальний посібник містить навчально-методичний комплекс дисципліни «Моделювання соціально-економічних систем і процесів», яка призначена для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Економічна аналітика» спеціальності 051 «Економіка». У посібнику наведено тематичний план дисципліни, викладено зміст та методичні поради до вивчення тем, запитання для їх опрацювання. Посібник включає тематику, орієнтовні завдання для практичних занять, а також методичні рекомендації до виконання завдань для самостійного опрацювання студентами, питання для складання заліку з дисципліни. Надано критерії поточного та підсумкового контролю.
Навчально-методичний комплекс сприятиме засвоєнню студентами знань та набуттю практичних навичок з системного підходу до побудови та аналізу математичних моделей економічних явищ та процесів для ухвалення ефективних рішень.

УДК 330. 4

Реєстр. № НП 23/24-409. Обсяг 2,0 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
https://kpi.ua
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024

ЗМІСТ

Вступ…….. 4
1 Опис навчальної дисципліни..... 5
2 Тематична програма дисципліни.....… 8
3 Вивчення тем дисципліни..... 11
4 Орієнтовна тематика практичних занять та методика виконання завдань 17
5 Самостійна робота студентів..... 30
6 Поточний та підсумковий контроль…….. 39
7 Навчально-методичні матеріали..... 43
8 Інформаційні ресурси..…… 46

ВСТУП

Розвиток економіки України в сучасних умовах формування ринкових відносин, військових викликів і невизначеності післявоєнної відбудови вимагає застосування сучасного теоретико-методичного базису для обгрунтування ефективних рішень як для функціонування підприємств різної форми власності, окремих її галузей, так і національної економіки вцілому.

За умов ускладнення та інтенсифікації глобальної конкуренції та виходу українських виробників на світові ринки зростає роль застосування точних кількісних моделей як для забезпечення їх конкурентоспроможності, так і у формуванні поведінки їх взаємодії із ринковими контрагентами в умовах ризиків щодо зовнішніх впливів..

Слід зазначити, що в економіці вкрай обмежене застосування локальних експериментів для з'ясування «правильності» прийнятих рішень. Тому метод економіко- математичного моделювання є чи не основним при прийнятті як економічних, так і управлінських рішень та прогнозуванні їх наслідків в майбутньому з урахуванням ризиків різної природи.

Задача цього навчального посібника – надати магістранту допомогу щодо впорядкування та засвоєння теоретичного матеріалу відносно економіко-математичного інструментарію дослідження соціально-економічних систем і процесів з різним горизонтом планування, вибору та обґрунтуванню конкретної моделі із існуючого арсеналу, потреби в її модифікації, або розробки нової моделі для вирішення проблемної економічної ситуації в напрямку теми досліджень при підготовці дисертації ОС «магістр».

Матеріал дисципліни розділено на чотири частини, в яких відображено:
1) нелінійні моделі мікроекономіки: моделювання та аналіз поведінки виробників, споживачів, співробітництва та конкуренції в детермінованих умовах та умовах невизначеності;
2) моделі макроекономіки: моделі міжгалузевого балансу споживачів та рівноваги на різних ринках;

3) малосекторні моделі економічного зростання та їх застосування для аналізу оптимального збалансованого зростання економіки, мети суспільного розвитку, науково- технічного прогресу;

4) застосування сучасних програмних продуктів для аналізу та прогнозування розвитку соціально-економічних систем.

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

В межах дисципліни розглядається специфіка моделювання соціально-економічних систем і процесів, явищ і процесів на мікро та макро рівнях з великим часовим горизонтом, виділення ключових екзогенних та ендогенних факторів, встановлення зв'язків між ними, формалізація цих факторів у вигляді деякої системи стаціонарних або динамічних співвідношень. Такі моделі мають ряд особливостей при визначенні екзогенних параметрів: потрібно використовувати алгоритми передбачення та адаптації при дослідженні їх динаміки.

Визначається мета розв'язання проблемної економічної задачі та встановлюються шляхи її досягнення. При цьому враховується як поведінка виробників, так і споживачів на різних ринках. Обгрунтовується апарат дослідження економіко- математичної моделі та програмні засоби її реалізації.

Вивчення дисципліни дозволяє оволодіти методами створення економіко-математичних моделей, їх застосування для планування діяльності суб'єктів господарювання з великим горизонтом планування, аналізу та прогнозування траєкторій зростання показників.

Предметом навчальної дисципліни є методи та засоби створення економіко-математичних моделей для розв'язання економічних задач з великим горизонтом планування, їх обґрунтування, дослідження, програмна реалізація та практична імплементація.

Програму дисципліни «Моделювання соціально-економічних систем і процесів» складено відповідно до освітньо-професійної програми

«Економічна аналітика» підготовки магістрів зі спеціальності 051 «Економіка». Навчальна дисципліна належить до циклу *професійної підготовки: обов'язкові освітні компоненти.*

Основне призначення дисципліни «Моделювання соціально-економічних систем і процесів» – надати магістрантам знання щодо побудови, дослідження, програмної реалізації та практичної імплементації економіко-математичних моделей для розв'язання економічних задач (зокрема, довгострокового планування) при підготовці магістерської дисертації.

Вивчення дисципліни дозволяє сформувати у магістранта комплексний підхід до вирішення економічних та управлінських завдань у сфері виробництва, споживання, поведінки економічних агентів на різних ринках з великим горизонтом планування.

Для цього потрібно вміти створювати математичні моделі проблемних ситуацій економічних процесів з великим горизонтом планування та проводити їх аналіз; формувати економічні і управлінські рішення щодо діяльності суб'єкту господарювання на основі результатів економіко-математичного моделювання; визначати числові та якісні характеристики поведінки економічних агентів для їх раціональної діяльності; формалізувати задачі теорії раціонального вибору та економічного зростання; розробляти та використовувати неокласичні моделі економічного зростання для різних економічних суб'єктів в умовах трансформаційної економіки; застосовувати програмні засоби реалізації моделей.

Метою дисципліни є оволодіння технологією застосування аналітичного інструментарію дослідження основних показників мікро- та макроекономічних систем і процесів. *Предметом дисципліни* є аналітичні моделі діяльності економічних агентів щодо випуску та споживання товарів на різних ринках як в детермінованих умовах, так і в умовах невизначеності та малосекторні моделі економічного зростання.

Призначенням дисципліни є формування у студентів *загальних і фахових компетентностей*:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність збирати, аналізувати та обробляти статистичні дані, науково-аналітичні матеріали, які необхідні для розв'язання комплексних економічних проблем, робити на їх основі висновки;
- здатність використовувати сучасні інформаційні технології, методи та прийоми дослідження економічних та соціальних процесів, адекватні встановленим потребам дослідження;
- здатність визначати ключові тренди соціально-економічного та людського розвитку;
- здатність обґрунтовувати управлінські рішення щодо ефективного розвитку суб'єктів господарювання;
- здатність до розробки сценаріїв і стратегій розвитку соціально-економічних систем;
- здатність проводити модельні експерименти в аналітиці соціально-економічних систем і процесів, використовуючи математичне, імітаційне, статистичне і комп'ютерне моделювання.

Програмні результати навчання, після засвоєння дисципліни, спрямовані на набуття ряду знань, умінь і навичок вирішення складних спеціалізованих задач та практичних проблем економічної сфери фахівцями з економічної аналітики:

- формулювати, аналізувати та синтезувати рішення науково-практичних проблем;
- збирати, обробляти та аналізувати статистичні дані, науково-аналітичні матеріали, необхідні для вирішення комплексних економічних завдань;
- приймати ефективні рішення за невизначених умов і вимог, що потребують застосування нових підходів, методів та інструментарію соціально-економічних досліджень;

- визначати та критично оцінювати стан та тенденції соціально-економічного розвитку, формувати та аналізувати моделі економічних систем та процесів;
- розробляти сценарії і стратегії розвитку соціально-економічних систем; приймати оптимальні економічні рішення в умовах ризику та невизначеності, моделюючи тенденції і перспективи розвитку соціально-економічних процесів, явищ та систем.

2 ТЕМАТИЧНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Структура та зміст навчальної дисципліни подано впорядкованим переліком тем із стислим змістом, завданнями для кожної теми та переліком літератури за кожною темою.

Тема 1. Алгоритмічні моделі в економіці. Рейтингове оцінювання

Розглянуто основні підходи до моделювання економіки:

1) системна динаміка,

2) дискретно - подієве моделювання, агентне моделювання.

Наведено аналіз аналітичного апарату моделювання: рейтингування, теорія скінченновимірних екстремальних задач (нелінійне програмування, статичні ігри), теорія нескінченновимірних екстремальних задач (оптимальне керування, диференціальні ігри).

Тема 2. Поведінка виробників, споживачів і моделі їх взаємодії

Розглянуто моделі поведінки споживачів та виробників на довершеному ціновому ринку. Ці моделі зводяться до статичних екстремальних задач з обмеженнями. Отримано умови оптимальності для них і проведено їх аналіз. У випадку олігопольного ринку виробництва моделі зводяться до задач теорії некооперативних ігор. Наведено їх розв'язок у вигляді різних ситуацій рівноваги (гарантованої, по Нешу, по Бержу) і дано аналіз таких розв'язків.

Тема 3. Модель міжгалузевого балансу

Розглянуто модель міжгалузевого балансу, яка об'єднує і виробників і споживачів. Модель зводиться до системи лінійних рівнянь і нерівностей високого порядку. Розвинуто спеціальний апарат невід'ємних матриць, в межах якого встановено продуктивність моделі і формули побудови наближених рзв'язків. Дано узагальнення моделі на нелінійний випадок і її динамічний варіант.

Тема 4. М оделі ринків і теорія загальної рівноваги

Розглянуто моделі ринкової рівноваги для випадку максимально агрегованої економіки: класична модель, модель Кейнса. Перша модель припускає повну зайнятість, а друга – лише часткову зайнятість і визначає роль держави при використанні такого ресурсу як надлишок робочої сили. У випадку максимальної дезагрегованості економіки розглянуто модель рівноваги типу Вальраса і для її частинного випадку встановлено умови рівноваги.

Тема 5. Теорія сподіваної корисності та її застосування в моделюванні при невизначеності

Розглянуто основи теорії сподіваної корисності Неймана - Моргенштерна. Встановлено теорему про існування функції корисності типу середнього від корисності випадкових альтернатив, які задовольняють системі аксіом. Побудовано і досліджено моделі страхування при ймовірності небажаної події та моделі поведінки виробників (оптимальний план) в умовах цінової невизначеності.

Тема 6. Аналіз односекторних моделей економічного зростання

Односекторні моделі економічного зростання типу Р. Солоу. Залежність ендогенних параметрів від збурення екзогенних параметрів: елементи

порівняльної статики. Золоте правило накопичення. Розрахунок джерел економічного зростання та оцінка темпів зростання при переході до стійкого стану. Абсолютна та умовна конвергенція

Тема 7. Трьохсекторна модель економічного зростання. Стагнація. Умови збалансованого економічного зростання

Розглянуто трьохсекторну модель економічного зростання. Вона складається із системи нелінійних диференціальних рівнянь третього порядку і чотирьох статичних балансових рівнянь. В якості управляючих параметрів виступають розподіли інвестицій і робочої сили по секторам (матеріальний, фондоутворюючий, споживчий). Розглянуто задачу стагнації економіки (застою), коли інвестиції і кількість робочої сили у фондоутворюючий ссектор буде фіксованою. Знайдено умови збалансованого економічного зростання.

Тема 8. Оптим альні трьохсекторні моделі економічного розвитку. Застосування принципу максимума

Співвідношення оптимальних управляючих правил перехідного та стаціонарного режимів. Оптимальна односекторна модель економічного зростання. Постановка задачі оптимального керування для трьохсекторної моделі збалансованого економічного зростання. Застосування принципу максимума. Аналіз співвідношень принципу максимума. Формування висновків

Тема 9. Застосування сучасни х програмних продуктів для аналізу та прогнозування розвитку соціально-економічних систем

Наведено огляд пакетів прикладних програм для побудови і дослідження моделей соціально-економічних систем і процесів. Пакети бувають універсальними (типу Matlab) і спеціалізованими (типу Times) для побудови моделей рівноваги. Кожен пакет має свою мову програмування. На цій мові і створюються відповідні комп'ютерні моделі.

3 ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Принципи моделювання економічних процесів

Зміст заняття

Системна динаміка

Дискретно - подієве моделювання

Рейтингування

Теорія скінченновимірних екстремальних задач (нелінійне програмування, статичні ігри)

Теорія нескінченновимірних екстремальних задач (оптимальне керування, диференціальні ігри)

Контрольні питання та завдання:

1. Назвіть основні підходи до моделюванні економічних систем і процесів.
2. Сформулюйте схему побудови стаціонарної багатофакторної моделі економічного явища.
3. Які Ви знаєте однокритеріальні і багатокритеріальні неокласичні моделі економічних систем?
4. Сформулюйте схему побудови стаціонарних балансових моделей.

Рекомендована та використана література: [1, 4, 5, 7, 8, 9]

Тема 2. Поведінка виробників, споживачів і моделі їх взаємодії

Зміст заняття

Моделі поведінки споживачів та виробників на довершеному ціновому ринку

Статичні екстремальнихі задачі з обмеженнями, умови оптимальності для них

Задачі теорії некооперативних ігор

Ситуації рівноваги (гарантованої, по Нешу, по Бержу)

Контрольні питання та завдання:

1. Яким чином формалізується відношення нестрогої переваги при впорядкуванні векторів?
2. Які Ви знаєте неокласичні моделі споживання ?
3. Назвіть основні неокласичні моделі теорії виробництва для випадку одно продуктової і багато продуктової фірми.
4. В чому полягає особливість неокласичних моделей у випадку монопольного положення фірми на ринку товарів і ресурсів?
5. В чому полягає особливість неокласичних моделей у випадку олігопольного положення фірм на ринку товарів і ресурсів?

Рекомендована та використана література: [4, 5, 6]

Тема 3. Модель міжгалузевого балансу

Зміст заняття

Модель міжгалузевого балансу

Системи лінійних рівнянь і нерівностей високого порядку

Апарат невід'ємних матриць

Продуктивність моделі

Формули побудови наближених

рзв'язків

Узагальнення моделі на нелінійний випадок та її динамічний варіант

Контрольні питання та завдання:

1. Сформулюйте основні припущення при побудові балансової моделі Леонтьєва у вигляді системи рівнянь і нерівностей.
2. Що таке нерозкладні невід’ємні матриці? Який їх економічний зміст?
3. Сформулюйте теорему про продуктивність моделі Леонтьєва.

4. Наведіть формули наближених розв’язків моделі Леонтьєва.
5. Яка ідеологія узагальнення моделей міжгалузевого балансу до нелінійного і динамічного варіантів?

Рекомендована та використана література: [4, 5, 6]

Тема 4. М оделі ринків і теорія загальної рівноваги

Зміст заняття

Моделі ринкової рівноваги для випадку максимально агрегованої економіки: класична модель, модель Кейнса

Випадок максимальної дезагрегованості економіки. Модель рівноваги типу Вальраса

Умови рівноваги для частинного випадку моделі Вальраса

Контрольні питання та завдання:

1. Які економічні засади класичної моделі рівноваги максимально агрегованої економіки?
2. Які економічні засади моделі рівноваги Кейнса максимально агрегованої економіки?
3. Які економічні засади моделі рівноваги Вальраса максимально дезагрегованої економіки?
4. Сформулюйде основні теореми про нерухому точку для встановлення продуктивності моделей рівноваги.
5. Які умови існування рівноваги у моделі типу Вальраса?

Рекомендована та використана література: [4, 5, 6]

Тема 5. Теорія сподіваної корисності та її застосування в моделюванні при невизначеності

Зміст заняття

Основи теорії сподіваної корисності Неймана - Моргенштерна

Теорема про існування функції корисності типу середнього від корисності випадкових альтернатив, які задовольняють системі аксіом

Моделі страхування при ймовірності небажаної події

Моделі поведінки виробників (оптимальний план) в умовах цінової невизначеності

Контрольні питання та завдання:

1. Сформулюйте аксіоми сподіваної корисності Неймана – Моргенштерна.
2. Сформулюйте теорему про існування сподіваної корисності.
3. Яким чином використовується теорія сподіваної корисності при формуванні моделей страхування майна від нещасних випадків?
4. Чому зменшується випуск продукції в стохастичній моделі поведінки фірми порівняно з її детермінованим варіантом?
5. В чому полягає вплив несиметричності інформації щодо цін на товарних ринках ?

Рекомендована та використана література: [4, 5, 6]

Тема 6. Аналіз односекторних моделей економічного зростання

Зміст заняття

Односекторні моделі економічного зростання типу Р. Солоу

Елементи порівняльної статики

Золоте правило накопичення

Розрахунок джерел економічного зростання

Оцінка темпів зростання при переході до стійкого стану

Абсолютна та умовна конвергенція

Контрольні питання та завдання:

1. На яких економічних припущеннях будуються одно секторні моделі економічного зростання ?
2. Яким чином визначається вплив на ендогенні параметри моделі збурення її екзогенних параметрів?
3. В чому полягає золоте правило накопчення для односекторної моделі економічного зростання?
4. Які існують джерела економічного зростання для моделі Солоу?
5. Що таке абсолютна та умовна конвергенція?

Рекомендована та використана література: [1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]

Тема 7. Трьохсекторна модель економічного зростання. Стагнація. Умови збалансованого економічного зростання

Зміст

Трьохсекторна модель економічного зростання

Системи нелінійних диференціальних рівнянь третього порядку

Задача стагнації економіки (застою)

Умови збалансованого економічного зростання

Контрольні питання та завдання:

1. На яких економічних припущеннях будується трьохсекторна модель економічного зростання?
2. При яких умовах відбувається стагнація економіки в трьохсекторній моделі?
3. Які умови збалансованого економічного зростання в трьохсекторній моделі економіки?
4. Які баланси враховано в трьохсекторній моделі економіки?

5. В чому полягає золоте правило розподілу праці та інвестицій між секторами в трьохсекторній моделі економіки?

Рекомендована та використана література: [1, 4, 5, 6, 7, 9, 11]

Тема 8. Оптим альні трьохсекторні моделі економічного розвитку. Застосування принципу максимума

Зміст заняття

Оптимальні управляючі правила перехідного та стаціонарного режимів

Оптимальна односекторна модель економічного зростання

Задача оптимального керування для трьохсекторної моделі збалансованого економічного зростання

Застосування принципу максимума

Контрольні питання та завдання:

1. Які особливості формулювання задач оптимального керування для трьохсекторної моделі економіки ?
2. Які умови рівноваги в оптимальній трьохсекторній моделі економіки ?
3. Яким чином відбувається перерозподіл інвестицій та трудових ресурсів при переозброєнні економіки регіону на основі трьохсекторної моделі економічного зростання ?
4. Яким чином відбувається співробітництво секторів економіки на основі трьох секторної моделі ?
5. Яким чином сектора економіки конкурують на внутрішньому і зовнішньому ринках товарів ?

Рекомендована та використана література: [1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]

Тема 9. Застосування сучасни х програмних продуктів для аналізу та прогнозування розвитку соціально-економічних систем

Зміст заняття

Пакети прикладних програм для побудови і дослідження моделей соціально-економічних систем і процесів

Універсальні пакети (типу Matlab)

Спеціалізовані пакети (типу Times) для побудови моделей рівноваги

Контрольні питання та завдання:

1. Які особливості універсальних пакетів прикладних програм для розв’язання задач моделювання раціональних стратегій розвитку соціально-економічних систем і процесів ?
2. Які особливості спеціалізованих пакетів прикладних програм для розв’язання задач моделювання раціональних стратегій розвитку соціально – економічних систем і процесів ?
3. Яка структура внутрішніх мов програмування універсальних пакетів прикладних програм для розв’язання задач моделювання раціональних стратегій розвитку соціально – економічних систем і процесів ?
4. Яка структура внутрішніх мов програмування спеціалізованих пакетів прикладних програм для розв’язання задач моделювання раціональних стратегій розвитку соціально – економічних систем і процесів ?

Рекомендована та використана література: [6, 7, 8, 9]

4 ОРІЄНТОВНА ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ

Тема 1. Вивчення розвитку економіки України за допомогою статичної моделі Леонтьєва

Методичні поради до розв'язання аналітичного завдання

1. Знайдіть статистичні дані зі «Статистичних щорічників України» за три підряд роки по галузі економіки України, яка розвивається і буде вивчатися.
2. Виходячи з міжгалузевих балансів «витрати − випуск» за два роки поспіль розрахуйте агреговані таблиці міжгалузевого балансу, які містять обрану галузь та «інші галузі», кінцеві споживчі витрати загалом, валове нагромадження капіталу загалом, сальдо експорт-імпорт по цим двом «галузям».
3. За допомогою індексів споживчих цін зведіть отримані дані за другий рік, що подані у грош.од., до цін першого (базисного) року.
4. Знайдіть вектор випуску продукції і заповніть схему міжгалузевого балансу на другий рік, виходячи з даних міжгалузевого балансу за перший рік, якщо є відомим вектор кінцевої продукції на другий рік.
5. За допомогою індексів споживчих цін зведіть отримані дані на другий рік у цінах першого (базисного) року до цін другого року. Порівняйте отримані дані з реальними. Зробіть висновки.

Основні галузі економіки України, які розвиваються:

1. Сільське господарство
2. Промисловість переробна
3. Добувна промисловість
4. Будівництво

5. Інформація та телекомунікації
6. Операції з нерухомим майном
7. Професійна, наукова та технічна діяльність
8. Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок

Тема 2. Вивчення розвитку економіки України за допомогою динамічної моделі Леонтьєва

Методичні поради до розв'язання аналітичного завдання

І. Підготовчий етап

Позначимо через вектор X − валовий Випуск галузей економіки,

вектор C – кінцеві Споживчі витрати,

вектор H – валове нагромадження,

вектор E – сальдо Експорт-імпорт,

A – матрицю прямих матеріальних витрат, яка знаходиться на основі матриці Проміжного споживання,

B – матрицю коефіцієнтів капіталомісткості приростів виробництва (b_{ij} – витрати виробничого нагромадження i - ої галузі на одиницю приросту випуску j - ої галузі).

Тоді можемо подати міжгалузевий баланс наступним чином:

$X = A \cdot X + H + C + E$, або

$X = A \cdot X + B\frac{dX}{dt} + C + E$, коли час є неперервним.

У випадку дискретного часу маємо:

$X = A \cdot X + B \cdot \Delta X + C + E$, де ΔX – вектор-стовпчик приростів виробництва галузей за *наступний* рік.

Нехай $B=\begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}$.

Знайдемо її. Вона має 2·2 = 4 невідомих елементів. Тому для однозначного знаходження матриці *B* необхідно не менше 4 рівнянь. Розглянемо міжгалузеві баланси за три послідовні роки.

Маємо $B \cdot \Delta X = H$. Тоді $B \cdot \Delta X^{(j)} = H^{(j)}$,

де $\Delta X^{(j)}$ – прирости виробництва галузей за $j+1$ - ий рік,

$\Delta X^{(j)} = X^{(j+1)} - X^{(j)}$,

$H^{(j)}$ – валове нагромадження за j - ий рік.

$b_{i1}\,\Delta x_1^{(j)} + b_{i2}\,\Delta x_2^{(j)} = H_i^{(j)}$, де i – номер галузі, i = 1, 2;

$b_{11}\,\Delta x_1^{(1)} + b_{12}\,\Delta x_2^{(1)} + 0 + 0 = H_1^{(1)}$,

$b_{11}\,\Delta x_1^{(2)} + b_{12}\,\Delta x_2^{(2)} + 0 + 0 = H_1^{(2)}$,

$0 + 0 + b_{21}\,\Delta x_1^{(1)} + b_{22}\,\Delta x_2^{(1)} = H_2^{(1)}$,

$0 + 0 + b_{21}\,\Delta x_1^{(2)} + b_{22}\,\Delta x_2^{(2)} = H_2^{(2)}$,

де j – номер року, j = 1, 2.

Щоб сформувати блочну матрицю коефіцієнтів системи 4-х рівнянь, спочатку фіксуємо номер галузі, а потім змінюємо номер року.

Цей блок буде мати вигляд:

$Б = \begin{pmatrix} \Delta x_1^{(1)} & \Delta x_2^{(1)} \\ \Delta x_1^{(2)} & \Delta x_2^{(2)} \end{pmatrix}$, а блочна матриця коефіцієнтів $\begin{pmatrix} Б & O \\ O & Б \end{pmatrix}$,

стовпчик правих частин $(H_1^{(1)}, H_1^{(2)}, H_2^{(1)}, H_2^{(2)})^{\mathrm{T}}$.

2. Основний етап

1. Знайдіть матриці ***A*** та ***B***, використовуючи дані агрегованих та зведених до базисного року таблиць «Витрати – випуск».

2. Визначте трендові залежності кінцевого споживання ***C*(*t*)** плюс сальдо Експорт-Імпорт ***E*(*t*)** кожної галузі у вигляді експоненційного тренду $\boldsymbol{C_0 e^{rt}}$, використовуючи:

1) опцію вставки лінії тренда в точкову діаграму Excel або

2)за допомогою інструмента «Регресія» Анализу даних (Надбудови Excel) – тут треба логарифмувати співвідношення, щоб звести до лінійної моделі: $\boldsymbol{Y = C_0 e^{rt}}$, $\ln Y = \ln C_0 + rt$.

Потім, для знаходження C_0, експоненціюйте знайдену константу в лінеаризованій моделі.

3) Або наступним чином.

Оскільки $r = (dC/dt) / C = (dC / C) / dt$, то

$r_1=(C(2)-C(1)) / C(1)$ та $r_2=(C(3)-C(2)) / C(2)$ відносно першого та другого років відповідно;

а також за формулою $r=\sqrt{(C(2)/C(1)) \cdot (C(3) /C(2))}$ -1,

оскільки $K \cdot K = K1 \cdot K2$, де K – середня зміна показника в певну кіль-сть разів.

По кожній з галузей темп ***r*** може бути різний, тому можна знайти темп споживання кожної галузі за наведеними вище формулами, потім можна обчислити середнє арифметичне темпів кожної галузі для визначення спільного темпу обох галузей.

Тоді $C_{01}= C_1(1)$**,** $C_{02}= C_2(1)$**.**

3. Розв’яжіть отриману модель $X = A \cdot X + B\frac{dX}{dt} + \boldsymbol{C_0 e^{rt}}$ вручну, перейшовши до Y.

   В отриманому розв’язку поверніться до X.

4. Проаналізуйте отриманий розв’язок, побудуйте схематичні графіки.

5. Побудуйте графіки в Excel. Порівняйте графіки зі схематичними.
6. Перетворіть дискретну модель $X = A \cdot X + B \cdot \Delta X + C_0 e^{rt}$ до системи різницевих рівнянь першого порядку:

   $X(t+1) = B^{-1}(X(t) - AX(t) + BX(t) - C_0 e^{rt})$, $X_0 = X(1)$

   та розв'жіть її чисельно на два наступних роки.

   Побудуйте графіки та порівняйте розв'язок такої моделі з розв'язком вручну неперервної моделі та статистикою.

Тема 3. Вивчення розвитку економіки України за допомогою однопродуктових моделей Харрода-Домара та Кейнса

Методичні поради до розв'язання аналітичного завдання

1. Знайдіть статистичні дані (зі «Статистичних щорічників України») за три поспіль роки по галузі економіки України, яка буде вивчатися.

2. В таблицях міжгалузевих балансів «витрати – випуск» знайдіть складові Валового продукту Y обраної галузі (у стовпчику): Оплата праці, Податки, Субсидії, Валовий прибуток.

3. За допомогою індексів споживчих цін зведіть дані за другий та третій роки, до цін першого (базисного) року.

4. Оскільки в моделі Харрода-Домара $Y(t)=I(t)+C(t)$ Державні витрати окремо не розглядаються, то Споживання $\boldsymbol{C}$ буде складатися з Оплати праці+Податків+ Субсидії. Інвестиції $\boldsymbol{I}$ дорівнюють Валовому прибутку.

4а) Із співвідношення $I(t)=B\frac{dY}{dt}$ необхідно знайти коефіцієнт приростної капіталомісткості B. Для цього знайдіть B_1 з рівняння $I(1)=B_1(Y(2)-Y(1))$ та B_2 з рівняння $I(2)=B_2(Y(3)-Y(2))$, а потім їх середнє арифметичне.

4б) Оскільки в моделі Харрода-Домара Споживання задається екзогенно, знайдіть трендову залежність Споживання від часу у вигляді $\boldsymbol{C}(t)=\boldsymbol{C}(1)e^{rt}$, де темп зміни споживання r знайдіть як :

1) середнє арифметичне темпів $r_1=(C(2)-C(1))/C(1)$ та $r_2=(C(3)-C(2))/C(2)$;

2) а також за формулою $r=\sqrt{(C(2)/C(1))\cdot(C(3)/C(2))}$ -1;

оскільки $r = (\mathrm{d}C/dt) / C = (dC / C) / dt$.

4в) Зведена модель Харрода-Домара має вигляд $Y(t)= B\frac{dY}{dt}+C(t)$. Розв'яжіть отриману модель вручну.

4г) Проаналізуйте отриманий розв’язок, побудуйте схематичні графіки. Побудуйте графіки в Excel. Порівняйте графіки.

5. Оскільки в моделі Кейнса Валовий внутрішній продукт $Y(t)=I(t)+C(t)+E(t)$, де E − Державні витрати, то Споживання C буде складатися тільки з Оплати праці, Державні витрати E=Податки+Субсидії. Інвестиції I дорівнюють Валовому прибутку.

5а) Зі співвідношення $I(t)=B\frac{dY}{dt}$ необхідно знайти коефіцієнт приростної капіталомісткості B. Для цього знайдіть B_1 з рівняння $I(1)=B_1(Y(2)-Y(1))$

та B_2 з рівняння $I(2)=B_2(Y(3)-Y(2))$, а потім їх середнє арифметичне.

5б) Оскільки в моделі Кейнса Державні витрати задаються екзогенно, задайте Державні витрати у вигляді $E(t)=const$ як середнє арифметичне значень за три роки.

5в) В моделі Кейнса Споживання задається ендогенно: $C(t)=aY(t)+b$,

де a –коефіцієнт схильності до споживання, b –кінцеве споживання.

Цю залежність знайдіть двома способами. 1)знайшовши лінійний тренд;

2) розв’язавши три системи рівнянь, де a_i та b_i – невідомі, i=1, 2, 3.

$$C(1)=a_1Y(1)+b_1,\ C(2)=a_1Y(2)+b_1;$$

$$C(2)=a_2Y(2)+b_2,\ C(3)=a_2Y(3)+b_2;$$

$$C(1)=a_3Y(1)+b_3,\ C(3)=a_3Y(3)+b_3;$$

та знайшовши середні арифметичні начення a та b.

5г) Модель Кейнса можна звести до вигляду $\frac{dY}{dt}=\frac{1-a}{B}Y(t)-\frac{1}{B}(b+E(t))$. Розв'яжіть отриману модель вручну.

5д) Проаналізуйте отриманий розв'язок, побудуйте схематичні графіки. Побудуйте графіки в Excel. Порівняйте графіки.

6. Порівняйте моделі Харрода-Домара та Кейнса та зробіть висновки.

Тема 4. Вивчення динаміки замкненої та агрегованої економіки за допомогою моделі Солоу-Свена

I. Підготовчий етап

1. Знайдіть статистичні дані по рокам (зі «Статистичних щорічників України») по галузі економіки України, яка буде вивчатися, по:

- валовому продукту ***Y*** ((Оплата праці+Податки+Субсидії)+Валовий прибуток) (зі Стовпчику),
- по основним засобам K (наприклад, див. стор. 180 Збірника «Статистичний щорічник України» за 2022 р.),
- по середньооблікові кількості штатних працівників L (наприклад, див. стор. 48 Збірника «Статистичний щорічник Українаи» за 2022 р.),

2. За допомогою індексів цін зведіть дані до цін базисного року.

3. За статистичними даними оцініть по рокам норму амортизації μ (наприклад, див. стор.182 Збірника «Статистичний щорічник України» за 2022 р. про Ступінь зносу основних засобів).

4. За статистичними даними оцініть по рокам темп приросту n середньорічної кількості працівників *в еквіваленті повної зайнятості (це принципово)*.

   Річний темп приросту $n(t+1) = \Delta L/L = (L(t+1) - L(t)) / L(t)$, $t=1, 2$.

   Потім знайдіть середнє арифметичне отриманих значень.

5. За допомогою надбудови Excel «Аналіз даних/ Регресія» знайдіть виробничу функцію (Кобба-Дугласа) галузі економіки, яка вивчається.

Необхідно знайти оцінки коефіцієнтів виробничої функції вигляду:

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{1-\propto},$$

де A − технологічний коефіцієнт;

α, 1- α − коефіцієнти еластичності по капіталу та праці відповідно.

Приведіть виробничу функцію до лінійного вигляду шляхом логарифмування:

$$\ln(Y) = \ln(A) + \alpha \cdot \ln(K) + (1-\propto) \cdot \ln(L).$$

Звідки отримаєте:

$$\ln(Y/L) = \ln(A) + \alpha \cdot \ln(K/L).$$

Тоді $\ln(Y/L)$ грає роль $\boldsymbol{Y}$, а $\ln(K/L)$ грає роль $\boldsymbol{X_1}$, $\ln(A)$ – константа.

Потім, щоб знайти $\boldsymbol{A}$, необхідно знайдену константу експоненціювати (тобто знайти експоненту від значення $\ln(A)$).

Проведіть аналіз отриманої моделі за даними, що містяться в звіті програми «Аналіз даних/Регресія».

II. Основний етап

1. Запишіть рівняння $0=f(k) - (\mu+n)k - c=f(k) - \lambda k- c$, де $\lambda=\mu+n$,

   зі своїми даними та побудуйте графік залежності питомого споживання c від капіталооснащеності k в стані рівноваги, тобто $c=f(k) - \lambda k$.

2. Знайдіть Максимальне значення Питомого Споживання та відповідне значення капіталооснащеності; Максимальне значення Капіталооснащеності (це досягається при нульовому питомому споживанні).
3. За статистичними даними оцініть рівень питомого споживання $\bar{c}=C/L$ галузі економіки, яка досліджується.

   Візьмемо Споживання=Валовий внутрішній продукт-Валовий прибуток (в стовпчику). Він знаходиться між нульовим та максимальним значеннями. Для цього проміжного рівня питомого споживання знайдіть (розрахуйте за формулою та покажіть на графіку) відповідні значення капіталооснащеності $\bar{k}$.

   Тобто розв'яжіть рівняння $\bar{c}=f(\bar{k}) - \lambda\bar{k}$.
4. За статистичними даними оцініть рівень капіталооснащеності $k=K/L$ галузі економіки, яка вивчається.
5. Порівняйте знайдені з рівняння значення зі статистичним значенням. Зробіть висновки щодо стану економіки галузі й напрямку її розвитку. Проілюструйте графічно.

Тема 5. Вивчення динаміки замкненої та агрегованої економіки за допомогою моделі оптимального економічного зростання Солоу-Свена-Рамсея

Методичні поради до розв'язання аналітичного завдання

Розглянемо односекторну модель оптимального економічного зростання − модель Солоу-Свена-Рамсея.

Варіаційне формулювання завдання управління економічною системою на проміжку $[0, T]$ має наступний вигляд: вимагається максимізувати функціонал

$$J[k(\cdot)]=\int_0^T e^{-\delta t}U\{f[k(t)]-\lambda k(t)-\dot{k}(t)\}dt, \qquad (5.1)$$

де δ, λ − коефіцієнти, на множині допустимих траєкторій $k(t) \in R_+$ таких, що $k(0)=k_0$, $k(T)=k_T$.

Тут k_0, k_T − задані додатні сталі. (5.2)

Якщо знехтувати умовою (3.2), то завдання максимізації функціонала є простою варіаційною задачею, причому інтегрант має спеціальний вигляд:

$$F(t, k, \dot{k})=U[f(k) - \lambda k - \dot{k}]. \quad (5.3)$$

Для пошуку екстремалей в задачі (1) запишемо рівняння Ейлера, яке набуде вигляду:

$$\frac{d}{dt}\{F'_{\dot{k}}(t, k, \dot{k})\} - F'_k(t, k, \dot{k})=0, \quad (5.4)$$

де функція $F(t, k, \dot{k})$ визначена співвідношенням (3.3). Введемо позначення

$$c(t)= f(k) - \lambda k - \dot{k}. \quad (5.5)$$

За допомогою позначення (5.5) рівняння (5.4) можна переписати у вигляді:

$$\frac{dc(t)}{dt}= - \frac{U'(c(t))}{U''(c(t))}\{f'[k(t)] - (\lambda+\delta)\}. \quad (5.6)$$

Сукупність співвідношень (5.5), (5.6) еквівалентна рівнянню (5.4) і є необхідною умовами екстремуму для даної варіаційної задачі. Якщо сукупність змінних задовольняє цій системі, то вона (а також траєкторія економічної системи, що відповідає їй) називається Ейлеровой.

Враховуючи вигляд міри відносної несхильності до ризику в сенсі Эрроу-Пратта

$$\sigma(c)= -c\frac{U''(c)}{U'(c)} = - \frac{\partial(U'(c))}{U'(c)} : \frac{\partial c}{c}, \quad (5.7)$$

запишемо отриману систему рівнянь у вигляді:

$$\frac{dk(t)}{dt}=f[k(t)] - \lambda k(t) - c(t)= \boldsymbol{Q(k, c)}; \frac{dc(t)}{dt}= \frac{c(t)}{\sigma[c(t)]}\{f'[k(t)] - (\lambda+\delta)\}= \boldsymbol{P(k, c)}. \quad (5.8)$$

Система (5.8) доповнюється граничними умовами $k(0)=k_0$, $k(T)=k_T$.

Часто в задачах економічного зростання можна обмежитися функціями корисності спеціального виду. Вважається, що економічні агенти поводяться таким чином, що їх відносна несхильність до ризику (5.7) може вважатися сталою: $\boldsymbol{\sigma(c)=const}$ >0.

Для подальших досліджень (якщо не зробити спеціальних часткових припущень про характер продуктивності праці $y=f(k)$, що пов'язаний з виглядом виробничої функції) вимагається провести якісний аналіз системи. Такий аналіз припускає визначення станів рівноваги та їх типів, а також побудову «полів напрямів».

Стани рівноваги системи (5.8) визначаються рівняннями:

$$\boldsymbol{f(k) - \lambda k - c=0, \quad c\{f'(k) - (\lambda+\delta)\}/ \sigma(c) = 0.}$$

Дуже зручним є графічний аналіз цих рівнянь, що ґрунтується на властивостях неокласичної виробничої функції $y=f(k)$. На площині (k, c) для економічного аналізу представляє інтерес розташування станів рівноваги і траєкторій тільки в першому квадранті.

1) Виберіть функцію корисності $U(c)$ таку, щоб $\boldsymbol{\sigma(c)=const}$. Та норму дисконтування δ.
2) Запишіть модель оптимального економічного зростання із власними показниками.
3) Визначте стан рівноваги (k^*, c^*) системи (5.8), або, по іншому, траєкторію збалансованого економічного зростання.

   Запишіть (K^*, C^*).

   Стани рівноваги системи (5.8) визначаються рівняннями:

   $$\boldsymbol{f(k) - \lambda k - c=0, \quad c\{f'(k) - (\lambda+\delta)\} / \sigma(c) = 0.}$$

Основна проблема полягає в тому, щоб за даним k_0 знайти таке $\boldsymbol{c_0}$*, щоб дістатися по сепаратрисі *BS* до (k*, c*).

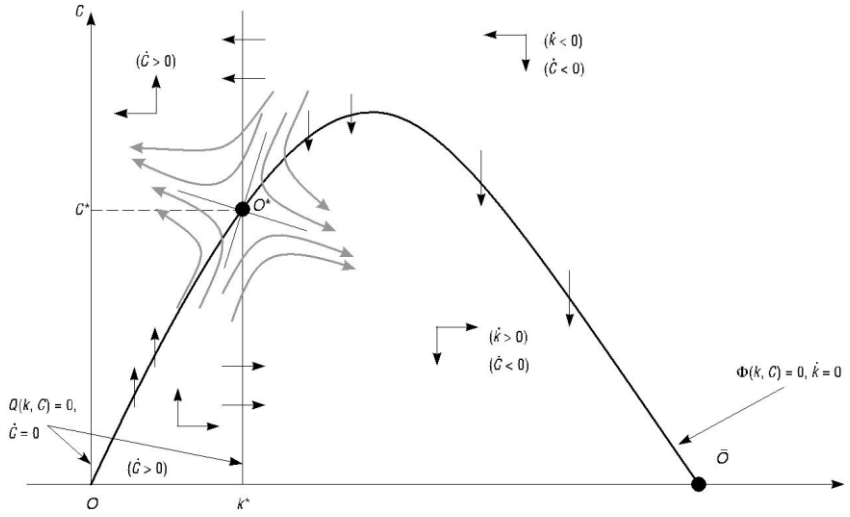

Рисунок 5.1 – Структура фазового портрету моделі Солоу-Свена-Рамсея

4) Лінеаризуйте систему 5.8 в околі стану рівноваги (k*, c*).
5) Знайдіть власні числа і вектори, та сепаратриси матриці лінеаризованої системи. Побудуйте їх на координатній площині. Визначте тип положення рівноваги.
6) За початковими значеннями k_0 та c_0 галузі побудуйте фазову траєкторію системи (див. рис. 5.1).
7) Зробіть висновки про розвиток власної галузі.

5 САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ

Самостійна робота студентів є обов'язковою для формування глибоких знань з дисципліни і набуття практичних навичок з побудови та використання моделей економічної динаміки на основі системного підходу. На самостійну роботу магістранта виноситься поглиблене вивчення дисципліни шляхом підготовки аналітичних завдань та вивчення лекційних матеріалів, підготовки до модульної контрольної роботи та складання заліку.

Тема 1. Лінійні моделі попиту та пропозиції

Завдання. Якою є рівноважна ціна для павутинноподібної моделі, якщо пропозиція і попит на ринку задаються функціями $S(p)$ і $D(p)$ відповідно, $p'(t)$ – похідна ціни за часом,

$S(p(t))=3p(t)+19$; $D(p(t))= -5p(t)+27+2\,p'(t)$; $p(0)=3$.

Варіанти відповідей:

1) $\bar{p} = 1$, 2) $\bar{p} = 2$, 3) $\bar{p} = 3$, 4) $\bar{p}$ – немає.

Методичні поради до розв'язання аналітичного завдання

Якщо $p'(t)> 0$, *то в цей момент* $D(p(t))$ зростає (↑),

якщо $p'(t)< 0$, *то в цей момент* $D(p(t))$ спадає (↓), тобто є певні очікування цін на ринку.

Умова повного продажу запропонованого товару: $S(p(t)) = D(p(t))$.

$$3*p(t) +19= -5*p(t)+27+2*p'(t)$$

Для рівноважної ціни $p'(t)=0$, тоді $p=1$.

$2*p'(t) – 8*p(t) = -8$,

$2*p'(t) – 8*p(t) = 0$.

Використаємо метод підстановки для розв'язання однорідного диференціального рівняння. Тоді загальний розв'язок однорідного рівняння шукаємо у вигляді: $p(t)_{з.о.}$ = Const*exp(*a***t*), де параметр *a* – ?

2**a**Const*~~exp(*a***t*)~~ - 8*Const*~~exp(*a***t*)~~ = 0,

Const*(2**a* - 8) = 0 ↔ ***a* = 4**.

Знайдемо частковий розв'язок неоднорідного диференціального рівняння у вигляді $p(t)_{ч.н.}$ = A – константа, оскільки права частина рівняння є сталою.

2*A' - 8*A = -8, 0 - 8*A = -8 ↔ **A = 1.**

Загальний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння представляється у вигляді: $p(t) = p(t)_{з.о.} + p(t)_{ч.н.}$ = Const*exp(**4***t) + **1**, Const - ?

Для знаходження константи використаємо початкову умову:

p(0) = Const*exp(4*0) + 1,

3 = Const + 1 ↔ Const = **2.**

Отже, *p(t)* = 2*exp(4**t*) + 1.

Тепер побудуйте схематично графік – ціна зростає (↑) з часом.

Отже, *p*=1 не є рівноважною ціною.

Завдання самостійної роботи: Якою є рівноважна ціна для павутиннoподібної моделі, якщо пропозиція і попит на ринку задаються функціями *S(p)* і *D(p)* відповідно, *p'(t)* – похідна ціни за часом,

1) *S(p(t))*=3*p(t)*+19; *D(p(t))*=-5*p(t)*+27-2*p'(t); p*(0)=2.
2) *S(p(t))*=3*p(t)*+19; *D(p(t))*=-5*p(t)*+27-2*p'(t); p*(0)=0.

Проаналізуйте та побудуйте схематичні графіки.

Тема 2. Якісні методи аналізу поведінки динамічних систем

Завдання. Якою є точка рівноваги динамічної системи

$$\frac{dX}{dt} = A \cdot X, \text{ де } A = \begin{pmatrix} -4 & 6 \\ -3 & 5 \end{pmatrix}.$$

Варіанти відповідей:

1) вузол, 2) сідло, 3) фокус, 4) центр.

Методичні поради до розв'язання аналітичного завдання

У випадку фокуса власні числа матриці комплексні, дійсна частина їх не 0.

Для центра – власні числа матриці комплексні, їх дійсна частина дорівнює 0.

Потрібно знайти власні числа матриці А:

$\det\begin{pmatrix} -4-\lambda & 6 \\ -3 & 5-\lambda \end{pmatrix}$=0, $\lambda_1 = 2$, $\lambda_2 = -1$ – дійсні, різних знаків – сідло.

Якщо дійсні, однакових знаків – вузол.

Завдання самостійної роботи:

$1)A = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$, $2)A = \begin{pmatrix} -2 & 4 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$, $3)A = \begin{pmatrix} 1 & -4 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$, $4)A = \begin{pmatrix} -1 & -4 \\ 2 & 5 \end{pmatrix}$.

Тема 3. Формалізація стійкості динамічних систем

Завдання. Якими є розв'язки, щодо стійкості, динамічної системи

$$\frac{dX}{dt} = A \cdot X, \text{ де } A = \begin{pmatrix} -4 & 6 \\ -3 & 5 \end{pmatrix}.$$

Варіанти відповідей:

1) стійкі, 2) асимптотично стійкі, 3) нестійкі, 4) інше.

Методичні поради до розв'язання аналітичного завдання

Одне з власних чисел матриці: $\lambda_1 = 2$ – має додатну дійсну частину (див. їх знаходження вище). Це означає нестійкість розв'язку.

Якщо розв’язки асимптотично стійкі, то всі дійсні частини від’ємні.

Для просто стійкості необхідно, щоб всі дійсні частини власних чисел матриці були недодатними.

Завдання самостійної роботи:

$1)\mathrm{A} = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$, $2)\mathrm{A} = \begin{pmatrix} -2 & 4 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$, $3)\mathrm{A} = \begin{pmatrix} 1 & -4 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$, $4)\mathrm{A} = \begin{pmatrix} -1 & -4 \\ 2 & 5 \end{pmatrix}$.

Тема 4. Модель Харрода-Домара

Завдання. Функція виробництва *Y* для моделі Харрода-Домара має наступний вигляд: $\boldsymbol{Y(t)=BY'(t)+C(0)e^{rt}}$, де ***B*= 2, *C*(0)= 300, *r*= 0.4 , *Y*(0)= 1000.**

Чому дорівнює коефіцієнт приростної капіталовіддачі:

a) 2, b) 0.4, c) 0.5, d) 0.001.

Знайти норму накопичення та темп приросту доходу в початковий момент часу.

Методичні поради до розв’язання аналітичного завдання

*B*Y'(t) = I(t)*, де *I(t)* – інвестиції, *B* – капіталоємність для приросту на 1 ум.гр.од.

*Y'(t) = (1/B)*I, (1/B)* – капіталовіддача від 1 ум.гр.од. інвестицій щодо приросту виробництва.

Дохід від виробництва *Y(t) = I(t) + C(t)*, де *C(t)* – споживання.

Норма накопичення *y(t) = I(t) / Y(t) = (Y(t)- C(t)) / Y(t)* = 1- *C(t) / Y(t)*.

y(0) = 1- *C*(0) / *Y*(0) = 1- 300/1000 = 0,7.

Темп приросту доходу *Y'(t) / Y(t) = ((Y(t)- C(t))/B)/ Y(t) = y(t) / B*.

Темп приросту доходу в початковий момент часу *y*(0) / *B* = 0,7 /2 = 0,35.

Виконання індивідуального семестрового завдання

Виконання індивідуального семестрового завдання передбачено у формі розрахункової роботи.

Розрахункова робота – це важливий етап у вивченні дисципліни «Моделювання соціально - економічних систем і процесів». ЇЇ цілі:

1. Сприяти формуванню у магістрів компетентності та програмних результатів навчання з дисципліни у сфері застосування засобів економіко - математичного моделювання при вирішенні проблемних завдань економічного розвитку.

2. Розвинути навички ведення самостійної роботи та опанувати інструментарій економіко - математичного моделювання при вирішенні проблем та питань, що пов’язані з предметом курсу.

3. Виявити підготовленість магістрантів для самостійної роботи у сфері застосування сучасного програмного забезпечення при вирішенні економічних завдань

Процес виконання розрахункової роботи включає декілька етапів, а саме:

– тема обирається магістром та узгоджується з науковим керівником в напрямку досліджень дисертації;
– обґрунтовується вибір економіко - математичної моделі із існуючого арсеналу, пропонується або її модифікація, або авторська модель;
– складається план розрахункової роботи;
– із застосуванням програмного забезпечення виконується реалізація моделі;
– проводиться аналіз чисельних розрахунків та їх відповідність наявній статистичній інформації в предметній області;
– формуються пропозиції щодо практичної імплементації результатів моделювання;
– захист розрахункової роботи.

Вибір теми розрахункової роботи здійснюється магістрантом самостійно в межах напрямку дисертаційного дослідження та узгоджується з науковим керівником. Студент консультується з викладачем курсу щодо вибору інструментарію економіко - математичного моделювання. При цьому може бути обрана як відома модель, так і запронована або її модифікація, або авторська модель. За допомогою статистичного аналізу визначаються екзогенні параметри моделі. Створюється (використовується) програмне забезпечення для чисельної реалізаціє моделі. Проводяться розрахунки і на їх основі формуються практичні пропозиції в предметній області.

Обсяг роботи (її основної частини) може коливатися від 15 до 30 сторінок комп`ютерного тексту. Робота повинна базуватись на реальних фактах та носити творчий характер. Студент, працюючи над роботою, повинен продемонструвати своє вміння самостійно вирішувати економічні проблеми засобами економіко - математичного моделювання. Практичні пропозиції та висновки роботи повинні мати високий рівень обґрунтування.

МКР

Підготовка до модульної контрольної роботи. Контрольна робота складається з п’яти аналітичних завдань, які оцінюються по 6 балів кожне.

Залік

(семестровий контроль) відбувається занаступними питаннями:

1. Деякі аспекти характеристики економіки, її структури як об’єкта моделювання.
2. Нелінійність взаємозв’язків між основними чинниками економічних процесів.
3. Ризик, невизначеність та конфліктність розвитку соціально-економічних процесів.
4. Еволюційна економіка. Синергетична економіка

5. Моделювання як метод наукового пізнання.
6. Основні підходи щодо класифікації економіко-математичних моделей.
7. Перевірка адекватності моделей.
8. Композиція моделей складних економічних об’єктів.
9. Роль прикладних економіко-математичних досліджень в економіці, підприємництві, менеджменті.
10. Основні засади алгоритмічного та імітаційного моделювання.
11. Асиметрія функцій розподілу економічних показників
12. Концептуальні підходи до моделювання випадкових величин із різними розподілами ймовірностей.
13. Визначення тісноти взаємозалежності між випадковими чинниками і параметрами в економіко-математичній моделі.
14. Способи побудови моделюючих алгоритмів з урахуванням принципів адаптивності, достатнього розмаїття, обмеженої раціональності.
15. Модель оцінювання ринкової вартості підприємства.
16. Модель вибору інвестиційного проекту із множини альтернативних варіантів.
17. Прогнозування обсягів податкових надходжень з урахуванням ризику.
18. Політичний ризик, валовий внутрішній продукт та зовнішній борг.
19. Загальне поняття виробничої функції. Економічний зміст виробничої функції.
20. Макроекономічні виробничі функції.
21. Актуальність проблеми. Концепція рейтингового управління.
22. Моделі та методи процесу обчислення рейтингу економічної системи.
23. Система переваг споживача та ієрархія його цінностей.
24. Поняття ординальної та кардинальної функції корисності особи.

25. Граничні норми заміщення.
26. Основні елементи неокласичної теорії попиту.
27. Рівняння Слуцького та елементи його аналізу.
28. Стратегії Курно, Штакельберга, Бертрана .а їх порівняння.
29. Економіко-математична модель міжгалузевого балансу.
30. Міжгалузеві балансові моделі в аналізі економічних показників.
31. Застосування балансових моделей в економіці та підприємництві.
32. Класична модель ринкової економіки.
33. Ринок грошей.
34. Ринок товарів.
35. Об’єднана (загальна) модель.
36. Модель Кейнса.
37. Модель Вальраса.
38. Односекторна модель економічного зростання Р.Солоу.
39. Вплив зміни екзогенних параметрів на положення рівноваги.
40. Порівняння стійких станів та золоте правило накопичення.
41. Розрахунок джерел економічного зростання.
42. Оцінка темпів зростання при переході до стійкого стану.
43. Абсолютна та умовна конвергенція.
44. Трьохсекторна балансова модель економічного зростання: структура і змінні.
45. Стагнація економіки при фіксованому інвестуванні фондоутворюючого сектора.
46. Умови збалансованого економічного зростання.
47. Умови «виходу» фондоозброєності на стаціонарний режим в оптимальній моделі економічного зростання Солоу.
48. Умови «виходу» фондоозброєності фондоутворюючого сектора на стаціонарний режим в оптимальній трьох секторній моделі економічного зростання.

49. Використання стандартного програмного забезпечення для реалізації економіко-математичних моделей.
50. Спеціалізані програмні пакети обробки економічної інформації

.

6 ПОТОЧНИЙ ТА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ

Оцінювання ґрунтується на застосуванні рейтингової системи оцінювання (згідно Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (https://osvita.kpi.ua/index.php/node/37), яка передбачає систематичну роботу здобувача протягом семестру і складається з наступних заходів:

Рейтинг з дисципліни складається з балів (max 100 балів), які отримуються за:

1) 5 відповідей на практичних заняттях;

2) 5 навчальних завдань;

3) модульну контрольну роботу;

3) розрахункову роботу.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання:–

1. Відповіді на практичних заняттях:

- активна творча робота – 3 бали;
- плідна робота – 2 бали;
- пасивна робота – 0 балів.

П'ять відповідей надають максимум 15 балів до рейтингу.

2. Розрахункова робота (Ваговий бал – 35):

- повне виконання розрахункової роботи (не менше 95%) – 33-35 балів;
- достатньо повне виконання розрахункової роботи (не менше 75%) або повне виконання з незначними неточностями – 27-32 бали;
- неповне виконання розрахункової роботи (не менше 60%) та незначні помилки – 21-26 балів;
- відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

За несвоєчасну здачу розрахункової роботи віднімається 2 бали (за кожний день запізнення).

3. Навчальне завдання:

- Відсоток виконаних завдань (85-100) – 4 бали;
- Відсоток виконаних завдань (75-84) – 3 бали;
- Відсоток виконаних завдань (65-74) – 2 бали;
- Відсоток виконаних завдань (0-59) – 0 балів;

П'ять робіт надають максимум 20 балів до рейтингу.

4. МКР складається з однієї письмової контрольної роботи, яка оцінюється максимум в 30 балів.

Контрольна робота містить 5 навчальних завдань, які оцінюються за наступною шкалою:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 6 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 5 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3 бали;
- відповідь не відповідає вимогам попередніх пунктів оцінювання – 0 балів.

Розрахунок шкали (КО) рейтингу:

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 31 бал.

На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 15 балів.

За результатами навчальної роботи за перші 13 тижнів «ідеальний студент» має набрати 62 бали.

На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 30 балів.

Умова допуску до заліку – здана МКР та РР і його семестровий рейтинг не менше 51 балів. За результатами семестру студент може отримати свою оцінку відповідно до університетської шкали.

Якщо студент отримав менше 60 балів, але він допущений до заліку, йому надається можливість набрати 20 балів до рейтингу, розв'язавши не більше 4 практичних або теоретичних завдань по 5 балів за кожний:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 5 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 4 бали;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 3 бали;
- відповідь не відповідає вимогам до оцінки «задовільно» – 0 балів.

Якщо студент не згоден з оцінкою, він може написати письмовий залік (залікова контрольна робота) на 100 балів (попередній рейтинг анулюється):

- повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 95-100 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 75-84 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 60-74 бали;
- відповідь не відповідає вимогам до оцінки «задовільно» – 0 балів.

В письмовому заліку – 5 питань (3 теоретичних та 2 практичних).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Бали: аналітичні завдання + МКР + РР	Оцінка
100…95	Відмінно
94…85	Дуже добре
84…75	Добре

Бали: аналітичні завдання + МКР + РР	Оцінка
74…65	Задовільно
64…60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зараховані МКР і РР та стартовий рейтинг < 30 балів	Не допущено

7 НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Базова література:

1. Москаленко В.В., Годлевський М.Д. Моделі та методи стратегічного управління розвитком підприємства. Харків, 2018. 208 с.
2. Соколов С. В. Оптимальні та адаптивні системи : навчальний посібник. Суми : Сумський державний університет, 2018. 221 с.
3. Здрок В.В., Лагоцький, Т.Я., Паславська, І.М. Моделювання економічної динаміки : практикум. Львів : Магнолія, 2018. 252 с.
4. Капустян В.О., Мажара Г.А., Фартушний І.Д. Моделювання економіки: підручник для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 051 Економіка. Електронне мережеве видання. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 207 с.
5. Капустян В. О. Оптимальне керування та теорія ігор в економіці. Курс лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Економічна аналітика» спеціальності 051 економіка / В. О. Капустян, Г. А. Мажара ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електроні текстові данні (1 файл: 679 Кб). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 120 с. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62311

Додаткова література:

6. Замрій А.М., Капустян В.О. Моделювання процесу технологічного переозброєння київського регіону. Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут". 2019. № 16. С. 431-442.
7. Мажара Г.А., Капустян В.О. Вплив смаків і пріоритетів купівлі на вибір споживача на прикладі задачі динамічного моделювання. Економічний журнал Одеського політехнічного університету. 2019. No 3 (9). С. 45-50.
8. Мажара Г.А., Капустян В.О. Ірраціональні стратегії в умовах часткової інформованості гравців на прикладі індивідуально-оптимальних рівноваг. Академічний огляд. 2019. No 2(51).
9. Мажара Г.А., Капустян В.О. Behavioral components in relationship sofeconomic agents in the automobile market. Eureka: social and humanities (2020) № 2. P. 8-14.
10. Замрій А.М., Капустян В.О. Аналіз галузевої структури Київської області та визначення головних факторів виробництва у галузі за допомогою виробничих функцій. Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут ". 2020. № 17. С. 465-478.
11. Замрій А. М., Капустян В. О. Аналіз динаміки та факторів впливу на трудові ресурси Київської області. Проблеми економіки. 2021. №4. С.92-100.
12. Мажара Г. А., Капустян В. О. Моделювання динамічної поведінки споживачів на товарному ринку. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice. 2022. №2(43). С. 137-145.
13. Моделі економічної динаміки: Навчально-методичний комплекс дисципліни [Електронний ресурс]: Навч.посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Економічна кібернетика» спеціальності 051 «Економіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.

В.О.Капустян, Ж. Т. Черноусова. Електронні текстові дані (1 файл: 1,06 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 46 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/61658

8 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Міністерство економіки України: офіційний: вебсайт. URL: http://www.me.gov.ua/
2. Державна служба статистики України: офіційний: вебсайт. URL: www.ukrstat.gov.ua
3. Прозорро: вебсайт. URL: https://prozorro.gov.ua/
4. Агентство з розвитку інфраструктури фондового ринку України (АРІФРУ): вебсайт URL: https://www.smida.gov.ua/about
5. Національний інститут стратегічних досліджень. Офіційний вебсайт: URL: http://www.niss.gov.ua
6. Нормативні акти України. Офіційний вебсайт: URL: www.nau.kiev.ua
7. Сервер Верховної Ради України. Офіційний вебсайт: URL:http://www.rada.gov.ua
8. Національний банк України. Офіційний вебсайт: URL: https://bank.gov.ua/
9. Міністерство Фінансів України. Офіційний вебсайт: URL: https://www.mof.gov.ua/uk