

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Капустян В.О.  
Мажара Г.А.

# **Неокласичні моделі економічних процесів**

**навчально-методичний комплекс**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для аспірантів  
за спеціальністю 051 «економіка».*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2021

Рецензенти:

Войтко С.В., доктор економічних наук, професор

Відповідальний

редактор

Рисцов І.К., доктор фізико-математичних наук, доцент

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 13.05.2021 р.)*

*за поданням Вченої ради факультету менеджменту та маркетингу (протокол № 9 від*

*26.04.2021 р.)*

Електронне мережеве навчальне видання

*Капустян Володимир Омелянович, доктор фіз-мат. наук, проф.*

*Мажара Гліб Анатолійович, док. філос в екон.*

# **НЕОКЛАСИЧНІ МОДЕЛІ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

## **НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС**

Неокласичні моделі економічних процесів: навчально-методичний комплекс [Електронний ресурс]: навч. посіб. для аспірантів спеціальності 051 «Економіка» / Капустян В.О., Мажара Г.А.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 46 с.

Навчальний посібник представляє собою навчально-методичний комплекс для проходження та закріплення матеріалу з дисципліни «Неокласичні моделі економічних процесів». Методичний матеріал рекомендовано для самостійної роботи, роботи на практичних та лекційних заняттях, використання в умовах самоосвіти та дистанційного навчання аспірантів та фахівців з економіки.

©В.О Капустян, 2021

©Мажара Г.А., 2021

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

## ЗМІСТ

1	Вступ	4
2	Опис навчальної дисципліни	5
3	Структура навчальної дисципліни	8
4	Виконання індивідуального семестрового завдання	42
5	Контрольні запитання	44

## ВСТУП

Розвиток економіки України в сучасних умовах формування ринкових відносин вимагає застосування сучасного теоретико - методичного базису для обґрунтування ефективних рішень як для функціонування підприємств різної форми власності, окремих її галузей, так і національної економіки в цілому.

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.

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.

Задача цього навчального посібника – надати аспіранту допомогу щодо впорядкування та засвоєння теоретичного матеріалу відносно економіко – математичного інструментарію дослідження економічних явищ і процесів,

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 наукового ступеня доктора філософії з економіки.

Матеріал розділено на декілька частин, в яких відображено: процес створення моделі від вербального до математико – інформаційного рівнів; усталені моделі виробництва та споживання товарів; нелінійні динамічні моделі економічного зростання; агреговані та дезагреговані моделі рівноваги ринкової економіки ; моделі поведінкової економіки , які враховують смаки, пріоритети, моральну небезпеку та гіперболічне дисконтування; технології

застосування програмних продуктів для реалізації моделей та їх практичної імплементації.

## **1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

В межах дисципліни розглядається специфіка моделювання економічних явищ і процесів на мікро та макро рівнях, виділення ключових екзогенних та ендогенних факторів, встановлення зв'язків між ними, формалізація цих факторів у вигляді деякої системи стаціонарних або динамічних співвідношень. Визначається мета розв'язання проблемної економічної задачі та встановлюються шляхи її досягнення. При цьому враховується як поведінка виробників, так і споживачів на різних ринках. Обґрунтовується 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, аналізу та прогнозування траєкторій зростання показників, які описують ендогенні фактори.

Предметом навчальної є методи та засоби створення економіко – математичних моделей для розв'язання економічних задач, їх обґрунтування, дослідження, програмна реалізація та практична імплементація.

Програму дисципліни «Неокласичні моделі економічних процесів» складено відповідно до освітньо – наукової програми підготовки докторів філософії зі спеціальності 051 – «Економіка». Навчальна дисципліна належить до циклу *професійної підготовки (нормативні (обов'язкові) освітні компоненти)*

Основне призначення дисципліни «Неокласичні моделі економічних процесів» - надати аспірантам знання щодо побудови, дослідження, програмної реалізації та практичної імплементації економіко – математичних моделей для розв'язання економічних задач при підготовці дисертації наукового ступеня доктора філософії.

Вивчення дисципліни дозволяє сформувати у аспіранта комплексний підхід до вирішення економічних та управлінських завдань у сфері виробництва, споживання, поведінки економічних агентів на різних ринках.

Метою навчальної дисципліни є надати аспірантам знання щодо методології оцінювання показників діяльності суб'єктів господарювання; основ теорії раціонального вибору та економічного зростання; методології соціально – економічного прогнозування та програмування економічного розвитку; інструментарію створення моделей нарощування економічного потенціалу економічних суб'єктів у перехідних економічних системах.

Для цього потрібно вміти створювати математичні моделі проблемних ситуацій економічних явищ і процесів 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.

## **ЗДАТНОСТІ**

- застосовувати економіко-математичні методи та моделі для вирішення економічних задач;
- обґрунтовувати економічні рішення на основі розуміння закономірностей економічних систем і процесів та із застосуванням сучасного методичного інструментарію;
- поглиблено аналізувати проблеми і явища в одній або декількох професійних сферах з врахуванням економічних ризиків та можливих соціально-економічних наслідків;

- досліджувати поведінку економічних об'єктів на макро- та мікроекономічних рівнях.
- формувати та реалізовувати стратегії економічного зростання економічних суб'єктів з урахуванням попиту та пропозицій в умовах ринкової економіки.
- обґрунтовувати стратегії розвитку соціально – економічних систем із застосуванням сучасних програмних продуктів.

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувачі мають продемонструвати такі результати навчання:

## **ЗНАННЯ**

- теоретичних основ аналізу, моделювання та прогнозування розвитку економічних об'єктів і процесів на макро-, мезо- та мікроекономічному рівнях;
- інструментарію побудови економіко-математичних моделей для дослідження соціально-економічних процесів;
- методології оцінювання показників діяльності суб'єктів господарювання.
- концептуальних основ теорії раціонального вибору та економічного зростання;
- методології соціально-економічного прогнозування та програмування економічного розвитку;
- методів вибору та обґрунтування важелів впливу на економічні процеси в умовах ринкової економіки;
- інструментарію створення неокласичних моделей нарощування економічного потенціалу економічних суб'єктів у перехідних економічних системах;
- сучасних програмних продуктів для аналізу та прогнозування розвитку соціально - економічних систем.

## УМІННЯ

- застосовувати відповідні економіко-математичні методи та моделі для вирішення економічних задач;
- виконувати міждисциплінарний аналіз соціально-економічних явищ і проблем в однієї або декількох професійних сферах з врахуванням ризиків та можливих соціально-економічних наслідків;
- визначати числові та якісні характеристики поведінки економічних агентів для їх раціональної діяльності.
- формалізувати задачі теорії раціонального вибору та економічного зростання, формулювати їх математичну постановку та проводити аналіз отриманих моделей;
- розробляти та використовувати неокласичні моделі економічного зростання для різних економічних суб'єктів в умовах трансформаційної економіки;
- застосовувати сучасні програмні продукти для аналізу та прогнозування розвитку соціально - економічних систем.

## 2. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ 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.

У сучасних умовах побудова прогностичних моделей поведінки заснована на використанні методу імітаційного моделювання та висновків поведінкової економіки. Імітаційне моделювання – це комп'ютерна розробка моделей і постановка експериментів в режимі реального часу, де використовуються три основні підходи:

- 1) системна динаміка;
- 2) дискретно-подієве моделювання;
- 3) агентне моделювання.

Розглянемо ці підходи більш детально. Дискретно-подієве моделювання використовують для аналізу процесів різної природи, зокрема в ряді випадків, доцільним є розгляд їх як послідовності подій (окремих принципових моментів).

Дискретно-подієвим моделюванням (discrete event modeling) називається такий підхід до побудови імітаційних моделей, який представляє реальні дії - подіями.

Найбільш часто поняття «дискретно-подієвого моделювання» використовується для позначення «процесно-орієнтованого» моделювання. У таких моделях динаміка системи представляється як послідовність операцій (прибуття, затримка, захоплення, посилення) над якимись сутностями (entities – транзакти, заявки), що представляють клієнтів, документи, дзвінки, пакети даних, транспортні засоби тощо. Самі ці сутності пасивні, не можуть контролювати свої дії, але мають такі атрибути, які впливають на процеси їх обробки (кількість одночасних сутностей на обробку, періодичність

надходження, правило постановки в чергу і вибору з черги) і накопичують статистику (загальний час очікування, вартість).

Поведінкові дослідження показали необхідність глибоко розуміти мотиви та логіку діяльності споживачів, в тому числі ірраціональні аспекти їх поведінки, іншими словами – все те, що стоїть за ухваленням рішення споживачем при виборі певного товару або послуги. Поведінкова економіка багато в чому сформувала попит на новий інструмент економічного моделювання, який би дозволив врахувати індивідуальні особливості прийняття рішень, далекі від традиційно прийнятих в економіці понять раціональності. До недавнього часу було неможливо порівняно легко і наочно інтегрувати поведінкову економіку в реальну модель прийняття рішень. Відповіддю на цей виклик стала поява інструментарію «агентного» моделювання.

В основі агентного моделювання лежить спроба зрозуміти логіку прийняття рішення окремо взятим споживачем, формалізувати її та об'єднати в єдину модель поведінки споживачів, яка агрегує індивідуальний вибір мільйонів незалежно діючих споживачів. Це вид імітаційного моделювання, де суб'єкт автономно приймає рішення і називається агентом, який може бути як індивідуальним споживачем, так і цілими верствами або організаціями.

Агентне моделювання дозволяє виявляти, яким чином значні наслідки народжуються з невеликих і, на перший погляд, незначних чинників, що визначають поведінку і взаємодію кожного з агентів.

Даний вид моделювання заснований на описі процесів «знизу вгору»: в основі моделі лежить набір основних параметрів, що характеризують агентів і алгоритм прийняття індивідуальних рішень. Узагальнена поведінка системи виводиться із цих індивідуальних рішень, а також взаємодії між агентами.

## **Завдання**

### **Задача 1**

Час, упродовж якого інспектор податкової служби перевіряє квартальний звіт ( $t$ ), є випадковою величиною, розподіленою відповідно до закону Вейбула.

Середній час, що витрачається на перевірку, дорівнює  $\bar{t}=20$  хв. Коефіцієнт варіації величини  $t$  дорівнює  $CVt=0,52$ . Необхідно моделювати для заданих умов випадкове число  $t$  (кількість прогонів дорівнює 10).

## Задача 2

Періодичність перевірки підприємств податковою інспекцією – випадкова величина ( $\Delta t$ ), яка має закон гама-розподілу. Середній інтервал перевірки становить  $\Delta t = 2,5$  місяця. Коефіцієнт варіації величини  $\Delta t$  дорівнює  $CV=0,38$ . Треба змоделювати для заданих умов можливі моменти перевірок підприємства податковою інспекцією (число прогонів узяти рівним 10).

### Література:

1. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч. посібник. / В.В. Вітлінський — К.: КНЕУ, 2003.
2. Островський П.І., Гострик О.М., Добрунік Т.П., Радова О.В. Моделювання економічних процесів: Навчальний посібник. /П.І. Островський, О.М. Гострик, Т.П. Добрунік, О.В. Радова – Одеса. ОНЕУ, 2012. -132 с.
3. Капустян В.О., Жуковська О.А. Алгебраїчні та геометричні методи . Навчальний посібник. Київ: Освіта України, 2017. – 150 с. (Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського)
4. Капустян В.О., Жуковська О.А. Економетрика: підручник для здобувачів ступеня бакалаврів спеціальності "Маркетинг". - Київ : Освіта України, 2021. - 220 с. (Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського)
5. Мажара Г.А., Капустян В.О. Ірраціональні стратегії в умовах часткової інформованості гравців на прикладі індивідуально-оптимальних рівноваг. - Академічний огляд No 2(51) 2019, Наукометричні БД: Copernik.
6. 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. Наукометричні БД: Copernik.

7. Мажара Г.А., Капустян В.О. Behavioral components in relationshipsofeconomica gents in the automobile market. - Eureka: social and humanities(2020) No 2. Наукометричні БД: Copernik

## **Тема. 2. Рейтингове оцінювання та управління в економіці.**

Природним способом зниження складності й трудомісткості управління, а отже, є зниження ступеня ризику щодо прийняття некоректних рішень, є факторизація набору показників, що дає змогу суттєво скоротити їх кількість. Така факторизація може бути здійснена в результаті заміни тієї чи іншої групи показників їх інтегрованою комплексною оцінкою. Основні критерії, що висуваються до такої оцінки:

- 1) загальновизнаність;
- 2) зрозумілість, тобто повинно бути ясно, які характеристики та в яких саме пропорціях зосереджені в ній.

Найповніше цим критеріям відповідає така широко використовувана у світовій практиці оцінка стану економічної системи (ЕС), як рейтинг. Рейтинг є комплексною інформацією, що подається в максимально згорнутому вигляді.

Під рейтинговим управлінням розуміють концепцію прийняття рішень потенційними користувачами на підставі використання рейтингів у процесі реалізації функцій управління.

Із цього означення випливає, що рейтингове управління є процесом, у якому рейтинг використовується для аналізу, контролю, обліку, прогнозування та регулювання діяльності ЕС. Суттєвою характеристикою процесу рейтингового управління є те, що рейтингова оцінка одночасно виступає як інструмент і як ціль управління.

Для конкретної ЕС можна виокремити:

внутрішнє рейтингове управління;

зовнішнє рейтингове управління.

Об'єктом внутрішнього рейтингового управління є ЕС та її конкуренти. Останні відіграють роль бази для порівняння. Мета внутрішнього рейтингового управління полягає у зміні іміджу ЕС у зовнішньому середовищі.

Об'єктом зовнішнього рейтингового управління є партнери (та контрагенти) ЕС.

Етап 1. Підготовка первинних даних.

Етап 2. Опрацювання первинних даних.

Вихід алгоритму — набір проміжних показників, що являють собою середні значення, коефіцієнти й зведені показники. Для оцінювання набору проміжних показників здійснюють порівняльний аналіз із аналогічним, за структурою, набором проміжних показників еталонної ЕС (чи з нормативами).

Етап 3. Статистичний аналіз.

Під час використання статистичного аналізу виникає проблема щодо порівнянності показників. Існують різні підходи залежно від змісту (семантики) інформації. Так, у фінансах використовують методологію й методи дисконтування та нарощування тощо. Цей етап припускає наявність бібліотек «стандартних» алгоритмів і програм.

Етап 4. Трендовий аналіз.

Підґрунтям трендового аналізу є моделювання прогнозного стану ЕС. Мета трендового аналізу — оцінка можливого критичного стану ЕС як сукупності критичних станів проміжних показників відповідно до обраного алгоритму.

Для побудови трендів зазвичай використовують методи згладжування, що ґрунтуються на обчисленні середніх (ковзних, зважених, адаптивних, експоненційних тощо).

Етап 5. Обчислення рейтингу.

## **Завдання**

1. Знайти данні у відкритих джералах, підготувати та опрацювати їх, провести відповідний статистичний та трендовий аналіз, та обчислити рейтинг на основі одній з відомих моделей:

2. Самостійно скласти рейтингову оцінку розвитку сектору регіону, використовуючи при цьому показники стимулятори (п'ять показників) та де стимулятори (п'ять показників), які кожен здобувач визначає самостійно.

3. Обрати 10 районів, що мають детальний звіт по всім переліченим показникам. Знайти рішення за допомогою електронних таблиць «Excel».

1. Сформувати на робочому листі вихідні дані у вигляді стовпців масиву.
2. Провести стандартизацію показників.
3. Знайти середній ранг регіонів і розбити їх на інтервали.
4. Побудувати гістограму розсіювання.
5. Провести статистичний аналіз економічного розвитку аграрного сектору регіонів.
6. Прийняття управлінських рішень.

## **Література:**

1. Глівенко С.В. Економічне прогнозування: навчальний посібник для економічних спеціальностей. Суми: Університетська книга, 2004. 257 с.
2. Малиш Н.А. Моделювання економічних процесів ринкової економіки. К. : МАУП, 2004. 120 с.
3. Капустян В.О., Жуковська О.А. Алгебраїчні та геометричні методи. Навчальний посібник. Київ: Освіта України, 2017. – 150 с. (Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського)
4. Капустян В.О., Жуковська О.А. Економетрика: підручник для здобувачів ступеня бакалаврів спеціальності "Маркетинг". - Київ : Освіта України, 2021. - 220 с. (Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського)
5. Дрозд А. О., Капустян В. О. Загальна модель ціноутворення кредитного та депозитного продуктів комерційного банку за умови випадкового

- запізнення при поверненні кредитів. - Бізнес Інформ. 2016, №7, с. 47 - 51.
6. Диба В. А., Капустян В. О. Розробка моделі ефективного управління резервним капіталом страхової компанії заощадливого типу. - Бізнес Інформ. 2017, №6, с. 62 - 67.
  7. Диба В. А., Капустян В. О. Development dsnomial model pricing of shades and londs for a life insurance company. - Технологический аудит и резервы производства. 2017, №6, с. 100 - 117.
  8. Замрій А.М., Капустян В.О. Моделювання процесу технологічного переозброєння київського регіону. - Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут". - № 16. - 2019; Наукометричні БД: Copernik.
  9. Мажара Г.А., Капустян В.О. Behavioral components in elations hipsofeconomica gents in the automobile market. - Eureka: social and humanities(2020) No 2. Наукометричні БД: Copernik

### **Тема 3. Поведінка виробників, споживачів і моделі їхньої взаємодії.**

Опишемо загальний підхід до задачі споживчого вибору і побудови функцій попиту споживача у термінах відношень переваги. Згідно з теорією економічної поведінки споживача вважається, що споживачі вибирають найкращий щодо порівняльних переваг набір товарів, який вони можуть собі дозволити. В зв'язку з чим далі важливим буде

Означення 1.1. Нехай  $(X, \succ)$  - поле переваг і  $C \subseteq X$ . Елемент  $x \in C$  називається найбільш (найменш) переважним в  $C$ , якщо  $x \succ y$  ( $y \succ x$ )  $\forall y \in C$  •

Далі нагадаємо означення компактної множини (компакту)  $C$  в  $R = (R^n, \rho)$ : це обмежена і замкнена множина. Вона має таку властивість: з довільної сім'ї відкритих множин, які в сукупності містять  $C$  (утворюють покриття цієї множини) завжди можна вибрати скінченну кількість множин, які теж покривають  $C$ .

Теорема 1.3. Якщо відношення  $\succ$  в умовах означення 1.1. неперервне і множина  $C$  компактна, то  $C$  містить хоча б один найбільший (найменший) елемент, а множина  $M(C)$  ( $m(C)$ ) всіх найбільш (найменш) переважних елементів у  $C$  є компактною •

Найбільш переважний елемент для поля переваг  $(X, \succsim)$  називається точкою насичення. Якщо ж простір  $X$  не має точки насичення, то маємо явище ненасиченості.

Множина векторів із  $R^n$  виду  $z = \alpha x + (1 - \alpha) y$ ,  $\forall x, y \in R^n$ , а число  $\alpha$  пробігає відрізок  $[0, 1]$ , називається *відрізком* в  $R^n$ . Цей відрізок сполучає точки  $x$ ,  $y$  і позначається через  $[x, y]$ .

Множина  $A \subseteq X$  називається *опуклою*, якщо із того, що  $x, y \in A \Rightarrow [x, y] \subseteq A$ .

Означення 1.2. Нехай множина  $X$  поля переваг  $(X, \succsim)$  є опуклою. Тоді поле переваг  $(X, \succsim)$  називається:

I) *опуклим*, якщо із того, що  $x \succsim y \forall x, y \in X \Rightarrow \alpha x + \beta y \succsim y \forall \alpha, \beta \geq 0, \alpha + \beta = 1$ ;

II) *підсилено опуклим*, якщо із того, що  $x \succsim y \forall x, y \in X \Rightarrow \alpha x + \beta y \succsim y \forall \alpha, \beta \geq 0, \alpha + \beta = 1$ ;

III) *строго опуклим*, якщо із того, що  $x \succ y$  для різних  $x, y \in X \Rightarrow \alpha x + \beta y \succ y \forall \alpha, \beta > 0, \alpha + \beta = 1$ .

В економіці припущення щодо опуклості є традиційними: вони відображають як певні економічні закономірності, так і відіграють важливу роль в економіко-математичних моделях та їх аналізі.

Розглянемо економічний зміст опуклості поля переваг споживача. Покладемо в I) означення 1.2.  $\alpha = \beta = 0.5$ ,  $y \sim x$ . Тоді споживач надає перевагу середньому набору  $(x + y)/2$ . Якщо покласти  $x_i = 0, y_i = 0; x_j = 0, y_j = 0$ , то  $(x_k + y_k)/2 = 0, k = i, j$ , тобто розподіл  $(x + y)/2$  дає споживачеві деяку кількість товарів  $i$  та  $j$ , тоді як розподіли  $x$  та  $y$  дають йому тільки один із цих товарів. Отже, опуклість квазіпорядку переваги виражає прагнення споживача бути представленим на всіх ринках, робити свій вибір між усіма товарами.

Бінарні відношення, властивості яких були розглянуті вище, можна застосовувати до задачі раціонального вибору за допомогою поверхонь байдужості, які неявно описують відношення переваги на векторах. Такий метод розв'язування задачі споживчого вибору має обмежене застосування

в силу його геометричного змісту. Дебре довів теорему, згідно якої існують функції корисності, які описують відношення переваги. Це дає можливість звести задачу споживчого вибору до такої екстремальної задачі: максимізувати функцію корисності, яка визначена на невід'ємному споживчому кошику, при бюджетному обмеженні. Проведено повний аналіз цієї моделі засобами нелінійного програмування. Для екзогенних параметрів оптимальної моделі розглянуто рівняння Слуцького, проведено класифікацію товарів.

В теорії виробництва в якості основної моделі для характеристики виробника виступає задача максимізації його прибутку при деяких ресурсних обмеженнях. Розглянуто моделі поведінки виробників в умовах монополії та олігополії.

### Завдання

**Задача 1.** Підприємець вирощує яблука та інші культури на площі 500 кв. га. Кожна яблуня займає 1,0 кв. га, а інші культури – по 4,0 кв. га. Функція корисності має вигляд  $u(x_1, x_2) = x_1 + 100x_2 - x_2^2$ , де  $x_1$  – число яблунь,  $x_2$  – число інших культур. Скільки яблунь та інших дерев посадить підприємець, щоб максимізувати корисність? Якщо площа саду збільшиться на 100 кв. га, наскільки зміняться посадки яблунь та інших культур?

**Задача 2.** Нехай крива попиту має вигляд  $P = 200 - X^{*2}$ . Потрібно обчислити еластичність попиту за ціною при зміні останньої від  $p_1=136$  до  $p_2=119$

**Задача 3.** Функція попиту на вино  $C = 0.02K - 2p$ , де  $K$  – дохід,  $p$  – ціна пляшки вина,  $C$  – кількість пляшок вина. Нехай  $K=7500$ ,  $p=30$ . Якщо ціна вина зросте до 40, то яким має стати дохід, щоб попит на вино залишався попереднім? При цьому доході і новій ціні скільки пляшок буде куплено?

**Задача 4.** Робінзон, який мешкає на безлюдному острові, може споживати тільки те, що сам виробив. Склалося так, що Робінзон виробляє ( $i$ , відповідно, споживає) тільки товар  $X$ . Функція корисності Робінзона:

$$TU = \frac{x_c(1 - x_b)}{2}$$

Де  $x_c$  – споживання товару  $X$ , одиниць на день

$x_b$  – виробництво товару  $X$ , одиниць за день

Чим більше значення функції корисності, тим краще живе Робінзон. Робінзон може виробити не більше ніж 30 одиниць товару  $X$  за день. Скільки одиниць товару  $X$  необхідно споживати Робінзону, щоб отримати максимальне задоволення?

**Задача 5.** Функція корисності споживача має вигляд  $U = x + 2\sqrt{y}$ . Споживач прагне максимізувати свою корисність, ціна товару  $y$  дорівнює 10 грош. од., бюджет споживача становить 80 грош. од. Знайдіть функцію попиту споживача на товар  $x$ .

**Задача 6.** Бюджет споживача, який він витрачає на товари  $x$  та  $y$ , становить 118 грн. Ціна товару  $x$  дорівнює 3 грн/од. Ціна товару  $y$  – 8 грн/од. Одна з кривих байдужості споживача описується рівнянням  $x^{0.5} * y^{0.5} = 1$ . Знайдіть, яку кількість товарів  $x$  та  $y$  повинен купити раціональний споживач.

**Задача 7.** Припустимо, що в разі, якщо фірма збільшує застосований капітал з 100 до 150 одиниць, а використовувані трудові ресурси – з 500 до 750 одиниць, випуск продукції збільшується з 200 до 300 одиниць. Який ефект зростання масштабу виробництва має місце в такому разі?

**Задача 8.** До реконструкції підприємство виробляло 5000 мопедів на рік. Після реконструкції протягом першого року обсяг виробництва зріс до 7500 мопедів, і при цьому кількість працівників на рік зменшилася на 1/3. Протягом наступного року обсяг виробництва через зменшення попиту зменшився на 10%, а кількість працівників не змінювалася. Як змінилася продуктивність праці за два роки.

**Задача 9.** Виробнича функція  $Q = 4L^{0.5}K$ , де  $L$  – витрати праці,  $K$  – витрати капіталу. Знайдіть граничний продукт капіталу, якщо витрати праці дорівнюють 4, а витрати капіталу – 8.

**Задача 10.** Виробнича функція  $Q = 0,5L^{0.5}K$ . Визначте граничну норму технологічного заміщення капіталу працею, якщо витрати ресурсів:  $L=4$ ,  $K=8$ .

### Література:

1. Пономаренко О. І., Перестюк М. О., Бурим В. М. Сучасний економічний аналіз. 1. Мікроекономіка. - К.: Вища школа, 2004. - 262 с.
2. Интриллигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. - М.: Прогресс, 2002. - 565 с.
3. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. - М.: Наука, 1984. - с.
4. Капустян В.О., Пишнограєв І.О. Оптимальне керування та теорія ігор в економіці. - Київ: КПІ, 2020. - 214 с.
5. Капустян О.В., Сукретна А.В. Методи нелінійного аналізу в математичній економіці. - Київ: КНУ, 2011. - 213 с.
6. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. - М.: Наука, 1988. - 548 с.
7. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. - М.: Наука, 1976. - 542 с.
8. Дрозд А. О., Капустян В. О. Чисельне моделювання ціноутворення банку за умови випадкового запізнення при поверненні кредитів. – Економіка та держава, 2016, №8, с.104 - 115.
9. Дрозд А. О., Капустян В. О. Загальна модель ціноутворення кредитного та депозитного продуктів комерційного банку за умови випадкового запізнення при поверненні кредитів. - Бізнес Інформ. 2016, №7, с. 47 - 51.
10. Дибя В. А., Капустян В. О. Розробка моделі ефективного управління резервним капіталом страхової компанії заощадливого типу. - Бізнес Інформ. 2017, №6, с. 62 - 67.
11. Дибя В. А., Капустян В. О. Development dsnomial model pricing of shades and londs for a life insurance company. - Технологический аудит и резервы производства. 2017, №6, с. 100 - 117.
12. Замрій А.М., Капустян В.О. Моделювання процесу технологічного переозброєння кievського регіону. - Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут". - № 16. - 2019; Наукометричні БД: Scopus, Copernic.

#### Тема 4. Динамічні нелінійні моделі макроекономіки

Історія моделей економічного росту була започаткована в 30 - і роки ХХ-го століття англійським економістом Ф. Рамсеєм. Він досліджував агреговану закриту економіку, тобто економіку, що виробляє єдиний однорідний продукт і в якій відсутні як імпорт, так і експорт. Ця модель послужила основою для багатьох узагальнень, які на сьогодні об'єднані в окремий клас моделей економічного та оптимального економічного росту. Нехай економічна система в момент часу  $t \in [0, T]$ ,  $T < \infty$ , характеризується набором макро показників ( $K(t)$ ,  $L(t)$ ,  $Y(t)$ ,  $I(t)$ ,  $C(t)$ ), де ( $K(t)$ - капітал,  $L(t)$ - трудові ресурси,  $Y(t)$ - валовий випуск продукції,  $I(t)$ - інвестиції,  $C(t)$ - невиробниче споживання. Крім того будемо вважати, що виконуються такі припущення:

- 1) у початковий момент часу відомі значення  $K(t_0) = K_0$ ,  $L(t_0) = L_0$ , а трудові ресурси змінюються згідно з законом  $L(t) = L_0 \exp(\eta(t-t_0))$ , де  $\eta$ - заданий річний темп приросту кількості зайнятих;
- 2) в кінцевий момент часу задається економічно обгрунтований рівень капіталу  $K(T) \geq K_1 > 0$ ;
- 3) задається темп  $\mu > 0$  амортизації капіталу (виробничих фондів), тобто амортизаційні витрати  $A(t) = \mu K(t)$ ;
- 4) валовий випуск продукції  $Y$  залежить від капіталу  $K$  та трудових ресурсів  $L$  і описується невід'ємною двічі неперервно диференційованою виробничою функцією  $Y = F(K, L)$ .

Випуск продукції ділиться на дві частини: інвестиції і споживання. Тоді виводиться нелінійне диференціальне рівняння, ліва частина якого характеризує зміну капіталу, а права частина містить інвестиції у виробництво як добуток коефіцієнту накопичення та виробничої функції та витрати на амортизацію зношеного капіталу. За допомогою коефіцієнту накопичення формується інтегральний показник добробуту.

Потрібно знайти значення обмеженого коефіцієнту накопичення в часі, щоб система досягла деякого бажаного значення капіталу на протязі обмеженого часового горизонту і при цьому інтегральний показник добробуту приймав найбільше значення. Таким чином, в якості моделі оптимального економічного зростання виступає нелінійна задача оптимального керування. Для її дослідження застосовується принцип максимуму Понтрягіна. Для спряженої змінної по відомому алгоритму формується лінійне диференціальне рівняння зі змінними коефіцієнтами. Визначається структура оптимального керування. Методом фазового портрету досліджено доточкову крайову задачу принципу максимуму. Знайдено траєкторії досягнення економічною системою бажаного положення – значення бажаного рівня капіталу. Знайдена особлива точка (значення коефіцієнту накопичення), в якій система може перебувати досить довго в залежності від довжини часового горизонту. В залежності від екзогенних змінних виділено класи оптимальних траєкторій та обрховано їх характеристики.

Розглянуто: узагальнення моделі, чисельні алгоритми її дослідження як альтернатива аналітичним моделям.

### **Завдання**

**Задача 1.** Для оптимальної моделі з неоднорідними технологіями (див. [4]) записати принцип максимуму, проаналізувати двоточкову крайову задачу принципу максимуму, при фіксованих екзогенних параметрах моделі розробити чисельну схему для двоточнової крайової задачі принципу максимуму, створити програмний продукт (в довільному середовищі) реалізації чисельної моделі.

**Задача 2.** Для оптимальної моделі з неоднорідними капітальними благами (див. [4]) записати принцип максимуму, проаналізувати двоточкову крайову задачу принципу максимуму, при фіксованих екзогенних параметрах моделі розробити чисельну схему для доточнової крайової задачі принципу максимуму, створити програмний продукт (в довільному середовищі) реалізації чисельної моделі.

**Задача 3.** Для оптимальної економіко – екологічної моделі (див. [4]) записати принцип максимуму, проаналізувати двоточкову крайову задачу принципу максимуму, при фіксованих екзогенних параметрах моделі розробити чисельну схему для двоточної крайової задачі принципу максимуму, створити програмний продукт (в довільному середовищі) реалізації чисельної моделі.

**Задача 4.** Для оптимальної моделі з ендегенним технічним прогресом (див. [4]) записати принцип максимуму, проаналізувати двоточкову крайову задачу принципу максимуму, при фіксованих екзогенних параметрах моделі розробити чисельну схему для двоточної крайової задачі принципу максимуму, створити програмний продукт (в довільному середовищі) реалізації чисельної моделі.

### **Література:**

1. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. - М.: Наука, 1980. - 518 с.
2. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. - М.: Наука, 1988. - 548 с.
3. Сухарев А.В., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. - М.: Наука, 1986. - 325 с.
4. Пономаренко О. І., Перестюк М. О., Бурим В. М. Сучасний економічний аналіз. 2. Макроекономіка. - К.: Вища школа, 2004.-206 с.
5. Kapustyan V. O., Pyshnograiev I. O. Distributed Control With The General Quadratic Criterion In A Special Norm For Systems Described By Parabolic-Hyperbolic Equations With Nonlocal Boundary Conditions // Cybernetics and Systems Analysis. - 2015. - Vol. 51, No. 3 - pp. 438-447.
6. Kapustyan V.O., Pyshnograiev I.O. Minimax Estimates for Solutions of Parabolic-Hyperbolic equations with Nonlocal Boundary Conditions // Continuous and Distributed Systems II / A. Sadovnichiy, M. Zgurovsky. - Springer International Publishing, 2015. - pp. 277-296.
7. Капустян В. Е., Пышнограев И. А. Задача оптимального управления с полуопределенным критерием качества для параболических уравнений с нелокальными точечными краевыми условиями. – Український математичний журнал, 2015, т. 67, No8, с. 1068-1081.
8. O. V. Kapustyan, O. A. Kapustian, V. O. Kapustyan, O. K. Mazur. The Optimal Control Problem for Parabolic Equation with Nonlocal Boundary Conditions in

- Circular Sector // Continuous and Distributed Systems II. Theory and Applications, Series: Studies in Systems, Decision and Control, Springer. –2015. – Vol. 30. – P. 297-314.
9. Kapustyan V.O., Pyshnograiev I.O. Approximate Optimal Control for Parabolic-Hyperbolic Equations with Nonlocal Boundary Conditions and General Quadratic Quality Criterion // Advances in Dynamical Systems and Control / A. Sadovnichiy, M. Zgurovsky. - Springer International Publishing, 2016. - pp.387-401.
  10. Kapustyan V.O., Pyshnograiev I.O. Divided Optimal Control for Parabolic-hyperbolic Equation with Non-local Pointed Boundary Conditions and Quadratic Quality Criterion // Modern mathematics and mechanics: fundamentals, problems and challenges. / A. Sadovnichiy, M. Zgurovsky. - Springer International Publishing, 2018. - pp. 334-344.
  11. Kapustyan V.O., Pyshnograiev I.O., Kapustian O.A. Quasi-optimal control with a general quadratic criterion in a special norm for systems described by parabolic-hyperbolic equations with non-local boundary conditions // Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series B. 2019. - Volume 24. - Issue 3. - pp 1243-1258
  12. Капустян В. Е., Пышнограев И. А. Обоснование минимаксных оценок линейных функционалов от решений параболо-гиперболических уравнений с нелокальными краевыми условиями и распределенным наблюдением. - Журнал обчислювальної та прикладної математики, 2015, №3 (120), с. 11-22.
  13. Дрозд А. О., Капустян В. О. Чисельне моделювання ціноутворення банку за умови випадкового запізнення при поверненні кредитів. – Економіка та держава, 2016, №8, с.104 - 115.
  14. Дрозд А. О., Капустян В. О. Загальна модель ціноутворення кредитного та депозитного продуктів комерційного банку за умови випадкового запізнення при поверненні кредитів. - Бізнес Інформ. 2016, №7, с. 47 - 51.
  15. Диба В. А., Капустян В. О. Розробка моделі ефективного управління резервним капіталом страхової компанії заощадливого типу. - Бізнес Інформ. 2017, №6, с. 62 - 67.
  16. Диба В. А., Капустян В. О. Development of a polynomial model pricing of shares and bonds for a life insurance company. - Технологический аудит и резервы производства. 2017, №6, с. 100 - 117.

## **Тема 5. Задачі максимізації випуску продукції та мінімізації витратків фірми.**

Будемо вважати, що підприємство (фірма) випускає тільки один вид продукції, використовуючи  $m$  виробничих факторів або виробничих витрат. Таке підприємство будемо називати однопродуктовим. Діяльність бага

топродуктового підприємства, яке виробляє кілька видів продукції, буде розглянута в кінці цього розділу з використанням математичного моделювання діяльності одного продуктового підприємства.

Загальні виробничі витрати за певний період часу можна охарактеризувати за допомогою вектора витрат  $x \in \mathbb{R}^m_+$ . Тоді простір витрат це множина  $X \subseteq \mathbb{R}^m_+$ .

Переходячи в разі потреби до цінових індексів кількості факторів виробництва, їх можна робити сумірними та агрегувати у потрібні для заданої моделі групи. Досить часто факторами виробництва вважаються такі агреговані фактори:

1) виробничий капітал  $K$ , що є втіленням нагромадженої праці у формі основних виробничих фондів (засобів праці - обладнання, виробничої інфраструктури, тощо);

2) сучасну працю  $L$ ;

3) матеріали  $M$ , що є предметами праці і складають оборотні фонди. Під виробничою функцією будемо розуміти відображення  $F : X \rightarrow \mathbb{R}_+$ , яке формується прийнятою технологією переробки виробничих факторів.

Тоді кількість випущеної підприємством продукції у певний час має вигляд

$$q = F(x), x \in X \subseteq \mathbb{R}^m_+,$$

де  $F(x)$  – виробнича функція, вектор  $x$  капітал, працю і матеріальні ресурси.

Розглянуто різні моделі планування роботи підприємства, коли в якості основного показника оптимізації обираються прибуток, валовий випуск продукції або величина витрат при певних обмеженнях на ресурси. Моделі такого планування зводяться до задач нелінійного програмування. За допомогою принципу Лагранжа одержано остаточні результати, встановлено зв'язок між

цими розв'язками. Отримано рівняння порівняльної статистики, дано класифікацію витрат.

У випадку присутності на ринку декількох виробників розглянуто моделі їх поведінки. Якщо вони мають єдиний центр прийняття рішень, то потрібно обирати векторні моделі щодо їх поведінки. В цьому випадку в якості розв'язків таких моделей слід обирати Парето – оптимальні розв'язки.

У випадку, коли інтереси виробників на ринку протилежні слід використовувати без коаліційну теорію ігор. Тоді в якості розв'язків таких моделей слід обирати рівноважні ситуації: гарантовану рівновагу, рівновагу за Нешем або Бержу.

### **Завдання**

**Завдання 1.** У короткостроковому періоді виробнича функція фірми має вигляд  $Y = 100L + 25L^2 - 3L^3$ , де  $L$  – число робітників. При якому рівні зайнятості загальний випуск буде максимальним?

**Завдання 2.** Виробнича функція має вигляд  $Y = L * K$ . Якщо загальний обсяг витрат не повинен перевищувати 30 г.од., ціна праці дорівнює 4 гр.од, ціна капіталу – 5 гр.од, попри якій комбінації праці і капіталу буде досягнуто максимальний випуск?

**Завдання 3.** Задана виробнича функція фірми  $Y = 12x_1^{1/3} * x_2^{1/4}$ , де  $x_1$  – праця чоловіків,  $x_2$  – праця жінок (в люд.-годинах). Чоловіки отримують 5,6 доларів на годину, жінки – 4 долари на годину.

Якщо фірма використовує 81 люд.-год праці жінок і 64 люд.год праці чоловіків, щоб виробити 144 од. продукції, то мінімальні чи при цьому витрати на даний випуск?

**Завдання 4.** Виробнича функція фірми має вигляд  $Y = 100 * K * L$ . Ціна праці становить 30, а капіталу 120 гр. од. Чому дорівнюють середні витрати

виробництва 100 од. продукції, якщо фірма вибирає самий дешевий спосіб виробництва.

### **Література:**

1. Пономаренко О. І., Перестюк М. О., Бурим В. М. Сучасний економічний аналіз. 1. Мікроекономіка. - К.: Вища школа, 2004. - 262 с.
2. Интриллигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. - М.: Прогресс, 2002. - 565 с.
3. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. - М.: Наука, 1984. - 201 с.
4. Капустян В.О., Пишнограєв І.О. Оптимальне керування та теорія ігор в економіці. - Київ: КПІ, 2020. - 204с.
5. Дрозд А. О., Капустян В. О. Чисельне моделювання ціноутворення банку за умови випадкового запізнення при поверненні кредитів. – Економіка та держава, 2016, №8, с.104 - 115.
6. Дрозд А. О., Капустян В. О. Загальна модель ціноутворення кредитного та депозитного продуктів комерційного банку за умови випадкового запізнення при поверненні кредитів. - Бізнес Інформ. 2016, №7, с. 47 - 51.
7. Диба В. А., Капустян В. О. Розробка моделі ефективного управління резервним капіталом страхової компанії заощадливого типу. - Бізнес Інформ. 2017, №6, с. 62 - 67.
8. Диба В. А., Капустян В. О. Development dsnomial model pricing of shades and londs for a life insurance company. - Технологический аудит и резервы производства. 2017, №6, с. 100 - 117.
9. Капустян В.О., Мажара Г.А. Поведінкова складова у класичних підходах в ігрових задачах. ISSN 2074-5354 (print), ISSN 2522-9745 (online). - Академічний огляд, 2018, № 1 (48). Наукометричні БД: Scopus.
10. Капустян В.О., Макарусь В.Л. Моделювання стратегій діяльності майнової страхової компанії. - Міжнародний науковий журнал "Ін-тернаука вип. 22(62), 2018. (Web - адреса публікації: [http:// www.syternauka.com/issues/2018/22/4481](http://www.syternauka.com/issues/2018/22/4481))
11. Мажара Г.А., Капустян В.О. Гіперболізоване дисконтування на прикладах поведінки економічних агентів з різними когнітивними функціями. - Електронне наукове фахове видання з економічних наук "ModernEconomics №17 (2019), 133-138.
12. Мажара Г.А., Капустян В.О. Ірраціональні стратегії в умовах часткової інформованості гравців на прикладі індивідуально-оптимальних рівноваг. - Академічний огляд № 2(51) 2019, Наукометричні БД: Scopus.

13. 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. - № 3 (9). - С. 45-50. Наукометричні БД: Scopus.
14. Замрій А.М., Капустян В.О. Моделювання процесу технологічного переозброєння київського регіону. - Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут". - № 16. - 2019; Наукометричні БД: Scopus.
15. Мажара Г.А., Капустян В.О. Behavioral components in relationships of economic agents in the automobile market. - Eureka: social and humanities(2020) No 2. Наукометричні БД: Scopus

## **Тема 6. Агреговані моделі ринкової економіки.**

Класична модель давала відповідь на задачу щодо пошуку рівноваги в економіці в умовах повної зайнятості. Але як знайти рівновагу, коли економіка характеризується масовим безробіттям? Л. Харріс, зокрема, зазначає: "Кейнс убачав своє завдання в тому, щоб показати, що рівновага за умови повної зайнятості не є загальним випадком. Загальний випадок – це рівновага за наявності безробіття, а повна зайнятість – лише поодинокий випадок. Щоб досягти бажаного стану повної зайнятості, держава зобов'язана провадити особливу політику щодо досягнення повної зайнятості, бо автоматично діючі ринкові сили без цієї підтримки не гарантують її досягнення".

Вважається, що існує ринок грошей, відмінний від ринку облігацій. Розглядаються три види активів: гроші, облігації, фізичний капітал. Відносна ціна грошей, виражена в облігаціях, – це ставка відсотка за облігаціями. Припускається гіпотеза, що в умовах *рівноваги* норма прибутку на фізичний капітал (тобто на наявний запас інвестицій товарів) дорівнює ставці доходів за облігаціями.

Отже, друга відмінність моделі – відстежити, як грошово-кредитна політика впливає на виробництво. Наприклад, зростання грошової маси шляхом друку нових грошей змінює пропорції обміну між грошима й облігаціями. Якщо

грошей стає більше, то їх зберігатимуть лише при зниженні норми відсотка на облігації (альтернативний вид активів), у цьому разі норма прибутку також повинна знизитись, оскільки облігації та фізичний капітал – близькі речі.

Модель Кейнса (максимально агрегована) характеризує:

1. три типи активів - гроші, облігації та фізичний капітал;
2. ціну грошей яка виражається в облігаціях, характеризує ставка відсотка за облігаціями;
3. За допомогою моделі ми можемо простежити, як грошово-кредтна політика впливає на виробництво;
4. гранична продуктивність капіталу у вартісному вимірі дорівнює нормі прибутку ;
5. помірне збільшення грошової маси зумовлює збільшення кінцевого продукту;
6. рівновага на ринку товарів досягається при рівності попиту та фактичної пропозиції.

### **Завдання:**

1. Самостійно придумати якусь лінійну модель рівноважних цін розміру 3x3 і розв'язати цю проблему.
2. Знайти зміни валових випусків при збільшенні кінцевого випуску першої галузі на 10%, зменшення другий на 15% і незмінному кінцевому випуску третин галузі;
3. Як слід змінити ціни на продукцію галузей, якщо поставлено завдання збільшення доданої вартості в першій галузі на 20%, а в третій на 10%.

## Література:

1. Пономаренко О. І., Перестюк М. О., Бурим В. М. Сучасний економічний аналіз. 1. Мікроекономіка. - К.: Вища школа, 2004. - 262 с.
2. Пономаренко О. І., Перестюк М. О., Бурим В. М. Сучасний економічний аналіз. 2. Макроекономіка. - К.: Вища школа, 2004.- 204 с.
3. Интриллигатор М. Математический метод оптимизации и экономическая теория. - М.: Прогресс, 2002. - 565 с.
4. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. - М.: Наука, 1984. - 201 с.
5. Капустян В.О., Пишнограєв І.О. Оптимальне керування та теорія ігор в економіці. - Київ: КПІ, 2020. - с.
6. Капустян О.В., Сукретна А.В. Методи нелінійного аналізу в математичній економіці. - Київ: КНУ, 2011. - 213 с.
7. Замрій А.М., Капустян В.О. Моделювання процесу технологічного переозброєння київського регіону. - Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут". - No 16. - 2019; Наукометричні БД: Scopus.
8. Мажара Г.А., Капустян В.О. Behavioral components in relationships of economic agents in the automobile market. - Eureka: social and humanities(2020) No 2. Наукометричні БД: Scopus
9. Капустян В.О., Чепелєв М. Г. Стабілізація поведінки моделі ринкової економіки, що самостійно розвивається за умови варіації керуючих параметрів. - Нове в економічній кібернетичі, N 1, 2010, с. 34 - 44. 2012 р.
10. Капустян В.О., Чепелєв М. Г. Раціональні стратегії поведінки агентів в моделі нелінійної макроекономічної динаміки. - Економіка і прогнозування, N 2, 2012, с. 138 - 152.
11. Капустян В.О., Чепелєв М. Г. Дослідження впливу структури капіталу на економічне зростання. - Економічний вісник НТУУ "КПІ 2012, вип.9, с.489-498.

## Тема 7. Моделі вальрасівського типу. Умова існування рівноваги за Вальрасом.

**Закон Вальраса** — це принцип теорії загальної ринкової рівноваги, згідно якого сума надлишкового попиту (пропозиції) завжди дорівнює нулю. Логічною основою такої ідеї є припущення про те, що для кожного індивіда сума його доходів зазвичай дорівнює сумі його витрат.

Ринок конкретного товару знаходиться в рівновазі, якщо за поточними цінами на всі товари, кількість товару, що вимагається потенційними покупцями, дорівнює кількості товару, що постачається потенційними продавцями. Наприклад, припустимо, що поточна ринкова ціна на вишні становить 1 долар за фунт. Якщо всі вишневі фермери, зібрані разом, готові продати всього 500 фунтів вишень на тиждень за 1 долар за фунт, і якщо всі потенційні клієнти разом, готові придбати 500 фунтів вишень за тиждень, погодившись з ціною 1 долар на фунт, тоді ринок вишні знаходиться в рівновазі, оскільки не існує ні дефіциту, ні надлишків вишні.

Економіка в цілому рівноважна, якщо кожен окремий ринок економіки знаходиться в стані часткової рівноваги. Не тільки ринок вишні повинен бути рівноважним, але і всі ринки інших товарів (яблук, автомобілів тощо), а також усіх ресурсів (праці, капіталу) та всіх фінансових активів, включаючи акції, облігації та гроші.

«Надмірний попит» означає ситуацію, коли ринок не перебуває в рівновазі за конкретною ціною, оскільки кількість одиниць потрібного товару перевищує кількість цього товару, що постачається за цією конкретною ціною. Надмірний попит призводить до економічного дефіциту. Негативний надлишковий попит є синонімом надлишкової пропозиції, і в цьому випадку буде економічний надлишок товару або ресурсу. «Надмірний попит» може використовуватися в більш загальному вигляді для позначення алгебраїчної величини потрібної кількості товару за мінусом поставленої кількості товару, позитивної чи негативної.

Сутність економічного ризику є неоднозначною. Це обумовлено складністю, багатоаспектністю та недостатньою вивченістю даного явища.

Схильність до ризику можна охарактеризувати:

1. Агент який має опуклу функцію корисності схильний до ризику;
2. Не схильний до ризику агент повинен бути готовий сплатити ризикову премію, яка являє собою максимальну суму яку агент готовий сплатити задля того щоб отримати вірогідний дохід;
3. Коефіцієнт абсолютного уникання ризику та коефіцієнт відносного уникання ризику характеризують поведінку агента не схильного до ризику.

Формально в максимально агрегованих моделях поведінка кінечної множини виробників характеризується тим, що кожен із них організує свою діяльність таким чином, щоб максимізувати свій прибуток. Споживачі пропонують свою робочу силу в якості ресурсу, крім того, вони можуть бути співвласниками підприємств. Причому, названі ресурси повинні максимізувати їх функції корисності. На ринках товарів і ресурсів повинна існувати рівновага при любых цінах (закон Вальраса). Поведінка виробників і споживачів описується необхідними умовами оптимальності у формі Лагранжа. Описана множина співвідношень містить ендогенні змінні: ціни, кількості товарів і ресурсів. Знайдено умови, при яких дана система має розв'язок (умови рівноваги). Наведено різні узагальнення моделей рівноваги і дано їх аналіз.

### **Література:**

- 1 Пономаренко О. І., Перестюк М. О., Бурим В. М. Сучасний економічний аналіз. 1. Мікроекономіка. - К.: Вища школа, 2004. - 262 с.
- 2 Пономаренко О. І., Перестюк М. О., Бурим В. М. Сучасний економічний аналіз. 2. Макроекономіка. - К.: Вища школа, 2004. - 204 с.
- 3 Интриллигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. - М.: Прогресс, 2002. - 565 с.

- 4 Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. - М.: Наука, 1984. - 201 с.
- 5 Капустян В.О., Пишнограєв І.О. Оптимальне керування та теорія ігор в економіці. - Київ: КПІ, 2020. - с.
- 6 Капустян О.В., Сукретна А.В. Методи нелінійного аналізу в математичній економіці. - Київ: КНУ, 2011. - 213 с.
- 7 Замрій А.М., Капустян В.О. Моделювання процесу технологічного переозброєння київського регіону. - Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут". - No 16. - 2019; Наукометричні БД: Scopus.
- 8 Мажара Г.А., Капустян В.О. Behavioral components in relationships of economic agents in the automobile market. - Eureka: social and humanities (2020) No 2. Наукометричні БД: Scopus.
- 9 Капустян В.О., Чепелєв М. Г. Стабілізація поведінки моделі ринкової економіки, що самостійно розвивається за умови варіації керуючих параметрів. - Нове в економічній кібернетиці, N 1, 2010, с. 34 - 44. 2012 р.
- 10 Капустян В.О., Чепелєв М. Г. Раціональні стратегії поведінки агентів в моделі нелінійної макроекономічної динаміки. - Економіка і прогнозування, N 2, 2012, с. 138 - 152.
- 11 Капустян В.О., Чепелєв М. Г. Дослідження впливу структури капіталу на економічне зростання. - Економічний вісник НТУУ "КПІ 2012, вип.9, с.489-48.

### **Тема 8. Моделі поведінкової економіки. Смаки та пріоритети.**

#### **Моральна небезпека та гіперболізоване дисконтування.**

У неокласичній мікроекономіці вихідною є раціональна модель поведінки домогосподарства або фірми (відповідно, максимізація корисності чи прибутку), а потім результати (прогнози) даної моделі зіставляються з реальною поведінкою. У поведінковій теорії презумпції економічної раціональності не існує. Дослідник повинен розкрити «чорні ящики» домогосподарства і фірми та

з'ясувати, яким чином здійснюється в них реальний процес прийняття рішень, виявити його закономірності. Оскільки цей процес характеризується значною складністю, то, на думку представників поведінкової теорії, панує в ньому не раціональне, а конвенціональне (тобто підкоряється прийнятим правилам і умовам).

Звідси випливає, що необхідно відмовитися від передумов максимізації корисності або прибутку і замінити їх більш реалістичними поведінковими припущеннями. Зрозуміло, прихильники поведінкової теорії усвідомлюють те, що без особливої необхідності економісти не підуть на перегляд парадигм традиційної неокласичної мікроекономіки. Однак вони вважають, що якщо між передбаченнями максимізаційної й реалістичної моделей спостерігаються істотні розбіжності, то менш точна теорія (передбачається, що це буде неокласична мікроекономіка) повинна поступитися місцем більш точній поведінковій теорії.

Поведінкову або, як її іноді називають, психологічну економічну теорію слід відрізнити від «економічної психології», що являє собою дослідження психологічними методами психологічних же проблем, що виникають у виробничій та іншій економічній діяльності. Наприклад, стрес, який отримує працівник на своєму робочому місці, або проблеми сприйняття різних видів реклами належать до предмета економічної психології. Навпаки, поведінкова економічна теорія досліджує питання, які стосуються предмета дослідження економічної науки. Однак методи дослідження, які вона використовує, дуже своєрідні. Оскільки передбачається, що побудова поведінкової теорії і її перевірка повинні здійснюватися в ході емпіричних досліджень, то особлива увага приділяється індуктивним методам, що йдуть від часткового до загального.

Поведінкова економіка взаємодіє з багатьма психологічними явищами, які виключає класична економіка. Вона трактує будь-які економічні явища будь-якого масштабу з позиції психології, поведінкових механізмів, раціональності та ірраціональності. Поведінкові аномалії – це основні напрямки досліджень поведінкової економіки. Приклади таких аномалій:

- ефект володіння;
- ефект переваг;
- взаємна вигода;
- неприйняття несправедливості;
- імпульсне інвестування;
- міжчасове споживання;
- стадна поведінка;
- перевага поточного споживання;
- пастка утоплених витрат і т. д.

Є також аномалії в ринкових цінах і доходах:

- календарний ефект (сюди можна віднести січневий ефект, ефект дня тижня, ефект свята, ефект місяця року і т. д.);
- ліміт на арбітражні операції;
- загадка прибутковості акцій;
- схильність до крайнощів;
- жорстокість цін;
- гіпотеза ефективного рівня оплати праці;
- пастка дивідендів і т. д.

У поведінковій економіці застосовуються такі методи як експерименти, польові дослідження, опитування, спостереження і т. д. Необхідні відомості досить просто отримуються за допомогою експериментальної імітації (наприклад, імітація продажу акцій і т.п.)

**Завдання:** Сформувати основні засади поведінкової економіки, відмінності від «класичної економіки». Надати приклади на запропоновані поведінкові ефекти, чи сформувати свої на основі відомих економічних явищ.

Проблема морального ризику дуже актуальна в наш час. Моральна небезпека спочатку виходить з основної проблеми агентських відносин, а саме від пост контрактного опортунізму. Це пов'язано з тим, що після завершення дії

договору, агент може не відповідати інтересам принципала. Ця проблема виникає з двох причин. По-перше, у принципала і агента можуть бути різні інтереси. По-друге, велике значення має асиметрична інформація, яка буде розглянута. Моральна небезпека виникає в момент закінчення контракту і при можливості побічних ефектів, від дій агента. Вперше термін «моральний ризик» виникає в літературі, присвяченій проблемам страхування.

Джон Коммонс у своїх дослідженнях приділяв більше уваги юридичним чинникам. У нього є теорія під назвою: «Теорія угод». В основі цієї теорії лежить ідея рідкості ресурсів – якщо ресурси рідкісні, то виникає конфлікт економічних агентів щодо їх використання. Цей конфлікт вирішується основними інститутами суспільства.

На думку Джона Коммонса, транзакції – це основна категорія економічної науки. За його словами, «угода це не обмін товарами, а відчуження та привласнення майнових прав і свобод, створених суспільством». Різниця між обміном та транзакцією вказує на різницю між фізичним переміщенням товарів та переміщенням власності на ці товари.

Ринкові операції це різновид операцій, що набувають однакового правового статусу учасників (контрагентів), тобто для здійснення ринкової операції необхідна добровільна згода її контрагентів на здійснення. І як вказував Джон Коммонс, ринкова операція це обмін правами власності на товар, що відбувається на основі добровільної угоди обох сторін угоди.

«Дисконтована корисність» (DiscountUtility, DU) широко використовується для моделювання міжчасового вибору в економіці і інших галузях, наприклад, в поведінковій екології в біології. Модель DU передбачає, що особи, які приймають рішення, роблять поточні вибори, які максимізують дисконтовану суму миттєвих благ в майбутніх періодах. Найбільш поширеним припущенням є те, що особи, які приймають рішення, дисконтують майбутню корисність в момент часу  $t$  за допомогою експоненційно зменшуваного коефіцієнта дисконтування,  $d(t) = \delta^t$  (де  $0 < \delta < 1$ ). Формально, якщо  $u_t$  є

миттєвою корисністю агента в момент часу  $t$ , то його міжчасова корисність  $U^t$  в період  $t$ , визначається як:

$$U^t(u_t, u_{t+1} \dots u_T) = u_t + \sum_{\tau=t+1}^T \delta^{\tau-t} u_{\tau}$$

Модель DU була вперше представлена Полом Ентоні Самуельсоном (1937) і отримала широке поширення, головним чином, завдяки аналітичній зручності «підсумовування» майбутніх переваг агентів за допомогою єдиного постійного параметра  $\delta$ . Експоненціальна функція  $d(t) = \delta^t$ , також, є єдиною формою, яка задовольняє узгодженості в часі, коли агенти будують плани на основі очікуваних майбутніх компромісів, тим самим вони провокують ці компроміси, коли настає майбутнє (за умови, що нової інформації немає).

Розглянемо наступну модель для апроксимації гіперболічного дисконтування: введемо один додатковий параметр в стандартну структуру DU. Ця узагальнена модель відома як «квазігіперболічна» або «зміщена у теперішньому часі» модель. Вперше вона була введена Е. Фелпсом і Р. Поллаком (1968) для вивчення трансфертів від батьків до дітей, а потім запозичена і популяризована Д. Лайбсоном (1997). При квазігіперболічному дисконтуванні особа, що приймає рішення, на поточному часі ( $t$ ) має корисність 1, тоді як цінність корисності в період  $\tau'$  ( $\tau' > t$ ) дорівнює  $\beta\delta^{\tau'-t}$ . Отже, міжчасова корисність особи, яка приймає рішення  $U^t$ , в період  $t$ , може бути представлена як:

$$U^t(u_t, u_{t+1} \dots u_T) = u_t + \sum_{\tau=t+1}^T \beta\delta^{\tau-t} u_{\tau}$$

У моделі  $\beta\delta$ , параметр  $\delta$  відображає «довгострокові» переваги особи, що приймає рішення, а  $\beta$  (де  $0 < \beta < 1$ ) вимірює «силу смаку» для негайного задоволення або, іншими словами, ступінь поточного зміщення. Більш низькі значення  $\beta$  означають «сильніший смак» до неупередженості. Коефіцієнт дисконтування, розміщений в наступному періоді після поточного, дорівнює  $\beta\delta$ ,

але коефіцієнт прирощеного дисконту між будь-якими двома періодами в майбутньому дорівнює  $\frac{\beta\delta^{t+1}}{\beta\delta^t} = \delta$ .

### **Завдання:**

1. Навести кілька можливих прикладів, пов'язаних із надмірними витратами, чи асиметричністю інформації. Запропонувати способи розв'язання проблеми моральної небезпеки у прикладах.

2. Використовуючи узагальнену модель, скласти міжчасову корисність споживача, який стикається з рішеннями про покупку і споживання в період 0 і період 1.

### **Література:**

1. O'Donoghue T., Rabin M. Doing It Now or Later. *American Economic Review*. 1999. № 89(1). pp. 103–124.
2. Thaler R. Toward a Positive Theory of Consumer Choice. *Journal of Economic Behavior and Organization*. 1980. № 1 pp. 39–60.
3. Мажара Г.А., Капустян В.О. Гіперболізоване дисконтування на прикладах поведінки економічних агентів з різними когнітивними функціями. - Електронне наукове фахове видання з економічних наук "ModernEconomics №17 (2019), 133-138.
4. Мажара Г.А., Капустян В.О. Ірраціональні стратегії в умовах часткової інформованості гравців на прикладі індивідуально-оптимальних рівноваг. - Академічний огляд № 2(51) 2019, Наукометричні БД: Copernik.
5. 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. - № 3 (9). - С. 45-50. Наукометричні БД: Copernik.
6. Замрій А.М., Капустян В.О. Моделювання процесу технологічного переозброєння київського регіону. - Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут". - № 16. - 2019; Наукометричні БД:

Copernik.

7. Мажара Г.А., Капустян В.О. Behavioral components in relationshipsofeconomica gents in the automobile market. - Eureka: social and humanities(2020) No 2. Наукометричні БД: Copernik.

### **Тема. 9. Застосування сучасних програмних продуктів для аналізу та прогнозування розвитку соціально - економічних систем.**

Microsoft Visual Studio — Python Денвер - MySQL —MATLAB TIMES –  
BigData

Сучасний бум інформаційних технологій, особливо рішення пов'язані із обробкою великих обсягів даних, приводять до виникнення швидких та високопродуктивних систем та моделей бізнесу у різних галузях. Завдяки розвитку методів швидкої обробки даних стало можливим проведення такого моделювання.

В основу сучасних спеціалізованих пакетів обробки економічної інформації покладено такі технології: **Cloud technologies** (Хмарні обчислення), **data science**(наука про дані), **machine learning**(Машинне навчання— це підгалузь штучного інтелекту в галузі інформатики), **artificial intelligence** (штучний інтелект), **розподілені обчислення** (розподілена обробка даних — спосіб розв'язання трудомістких обчислювальних завдань з використанням двох і більше комп'ютерів, об'єднаних в мережу), **високо - навантажені системи**.

При цьому використовуються пакети програмного забезпечення:

Microsoft Visual Studio — серія продуктів фірми Майкрософт, які містять інтегроване середовище розробки програмного забезпечення та низку інших інструментальних засобів. Ці продукти дають змогу розробляти як консольні програми, так і програми з графічним інтерфейсом, включно з підтримкою технології Windows Forms, а також веб-сайти, веб-застосунки, веб-служби як в рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ, що підтримуються Microsoft Windows, Windows Mobile, Windows Phone, Windows CE, .NET Framework, .NET CompactFramework та Microsoft Silverlight.

Python (найчастіше вживане прочитання — «Пайтон», запозичено назву[7] з британського шоу МонтіПайтон) — інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня зі строгою динамічною типізацією.[8] Розроблена в 1990 році Гвідо ван Россумом. Структури даних високого рівня разом із динамічною семантикою та динамічним зв'язуванням роблять її привабливою для швидкої розробки програм, а також як засіб поєднання наявних компонентів. Python підтримує модулі та пакети модулів, що сприяє модульності та повторному використанню коду. Інтерпретатор Python та стандартні бібліотеки доступні як у скомпільованій, так і у вихідній формі на всіх основних платформах. В мові програмування Python підтримується кілька парадигм програмування, зокрема: об'єктно-орієнтована, процедурна, функціональна та аспектно-орієнтована.

Денвер - набір дистрибутивів (локальний сервер WAMP) [2] і програмна оболонка, призначені для створення і налагодження сайтів (веб-додатків, іншого динамічного вмісту інтернет-сторінок) на локальному ПК (без необхідності підключення до мережі Інтернет) під керуванням ОС Windows.(Веб-сервер Apache,Інтерпретатор PHP, Mysql)

MySQL — вільна система керування реляційними базами даних(SQL)

MATLAB - пакет прикладних програм для розв'язку технічних та економічних задач.

TIMES – пакет для створення моделей загальної рівноваги в різних галузях економіки.

Слід відзначити, що моделювання процесів із високою швидкістю потоків даних відноситься до складу інструментів “BigData”. Оскільки потрібно спроектувати відповідну інформаційну інфраструктуру та будувати моделі які можуть навчатися на даних великих обсягів та високої частотності.

Інструмент «BigData», а саме – онлайнві алгоритми машинного навчання, для прогнозування ефективності інтернет реклами в умовах роботи аукціону в реальному часі. Також буде досліджено питання про традиційні методи машинного навчання, границі їх застосування та порівняння із онлайнвими методами.

BigData в інформаційних технологіях – серія підходів, інструментів та методів обробки структурованих та неструктурованих даних великих обсягів і різноманітності для отримання результатів, які:

- 1) легко сприймаються людиною,
- 2) ефективні в умовах неперервного приросту, розподілення по численним вузлам обчислювальної мережі.

В якості характеристик, які визначають поняття великих даних, відзначають «три V»:

- 1) Volume – об'єм;
- 2) Velocity – швидкість, як у розумінні швидкості приросту, так і необхідності швидкої обробки та отримання результату;
- 3) Variety – різноманітність, у розумінні можливості одночасної обробки різних типів даних.

Традиційно для розв'язання таких задач використовують методи машинного навчання основані на певному фіксованому наборі даних – це так званий пакетний (batch) підхід. При цьому усі дані доступні одразу і можуть бути оброблені на одному обчислювальному вузлі. Також пакетний підхід означає, що модель спочатку була навчена на певному наборі даних

– trainingdataset, а потім тестується на тестовому наборі даних – testdataset та використовується для прогнозування на практиці. В основі такого підходу лежить гіпотеза про те, що структура даних та статистичні співвідношення між параметрами моделі не змінюються в часі.

**Завдання.** Підібрати дані для моделювання, обробити їх та дослідити за допомогою онлайн-ових алгоритмів машинного навчання.

### **Література:**

1. Gilles Gasso. Batch and online learning algorithms for nonconvex Neyman-Pearson classification / Gilles Gasso, Aristidis Pappaioannou, Marina Spivak, Leon Bottou / ACM Transaction on Intelligent Systems and Technologies, 2(3), 2011.
2. HBrendan McMahan. Follow-the-regularized-leader and mirror descent: Equivalence theorems and  $\ell_1$  regularization. In International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, pages 525–533, 2011.

3. Гальчинський Л. Ю., Капустян В. О. Технології електронної обробки даних в інформаційних системах економіки. - К.: Центр навчальної літератури, 2010. - 503 с.
4. Дрозд А. О., Капустян В. О. Чисельне моделювання ціноутворення банку за умови випадкового запізнення при поверненні кредитів. – Економіка та держава, 2016, №8, с.104 - 115.
5. Мажара Г.А., Капустян В.О. Ірраціональні стратегії в умовах часткової інформованості гравців на прикладі індивідуально-оптимальних рівноваг. -Академічний огляд № 2(51) 2019, Наукометричні БД: Scopus.
6. 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. - № 3 (9). - С. 45-50. Наукометричні БД: Scopus.
7. Замрій А.М., Капустян В.О. Моделювання процесу технологічного переозброєння київського регіону. - Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут". - № 16. - 2019; Наукометричні БД: Scopus.
8. Мажара Г.А., Капустян В.О. Behavioral components in relationshipsofeconomica gents in the automobile market. - Eureka: social and humanities(2020) № 2. Наукометричні БД: Scopus
9. Капустян В.О., Чепелев М. Г. Стабілізація поведінки моделі ринкової економіки, що самостійно розвивається за умови варіації керуючих параметрів. - Нове в економічній кібернетиці, N 1, 2010, с. 34 - 44.2012
10. Капустян В.О., Чепелев М. Г. Раціональні стратегії поведінки агентів в моделі нелінійної макроекономічної динаміки. - Економіка і прогнозування, N 2, 2012, с. 138 - 152.
11. Капустян В.О., Чепелев М. Г. Дослідження впливу структури капіталу на економічне зростання. - Економічний вісник НТУУ "КПІ 2012, вип.9,с.489-48.

#### 4. ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО СЕМЕСТРОВОГО ЗАВДАННЯ.

Виконання індивідуального семестрового завдання передбачено у формі розрахункової роботи.

Розрахункова робота - це важливий етап у вивченні дисципліни «Неокласичні моделі економічних процесів». Її цілі:

1. Сприяти формуванню у аспірантів 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 із предметом курсу.

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

Процес виконання розрахункової роботи включає декілька етапів, а саме:

- тема обирається аспірантом 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 і їх відповідність наявній статистичній інформації в предметній області ;
- формуються пропозиції щодо практичної імплементації результатів моделювання;
- захист розрахункової роботи.

Вибір теми розрахункової роботи здійснюється аспірантом самостійно в межах напрямку дисертаційного дослідження та узгоджується з науковим керівником. Аспірант 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 реалізації 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. Аспірант, 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. Текст повинен бути підготовленим до включення в основний зміст дисертації в якості підрозділу.

#### 4. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ.

1. Деякі аспекти характеристики економіки, її структури як об'єкта моделювання.
2. Економічні колізії та моделювання економіки.
3. Нелінійність взаємозв'язків між основними чинниками економічних процесів.
4. Ризик, невизначеність та конфліктність розвитку соціально-економічних процесів.
5. Еволюційна економіка. Синергетична економіка
6. Моделювання як метод наукового пізнання.
7. Основні підходи щодо класифікації економіко-математичних моделей.
8. Перевірка адекватності моделей.
9. Композиція моделей складних економічних об'єктів.
10. Роль прикладних економіко-математичних досліджень в економіці, підприємстві, менеджменті.
11. Основні засади алгоритмічного та імітаційного моделювання.
12. Асиметрія функцій розподілу економічних показників
13. Послідовність стадій розроблення моделей.
14. Типові математичні й алгоритмічні схеми та елементи.
15. Концептуальні підходи до моделювання випадкових величин із різними розподілами ймовірностей.
16. Визначення тісноти взаємозалежності між випадковими чинниками і параметрами в економіко-математичній моделі.
17. Способи побудови моделюючих алгоритмів з урахуванням принципів адаптивності, достатнього розмаїття, обмеженої раціональності.
18. Організація рекламної компанії.
19. Взаємозалік боргів підприємства.
20. Модель оцінювання ринкової вартості підприємства.
21. Модель вибору інвестиційного проекту із множини альтернативних варіантів.

- 22.Прогнозування обсягів податкових надходжень з урахуванням ризику.
- 23.Політичний ризик, валовий внутрішній продукт та зовнішній борг.
- 24.Загальне поняття виробничої функції. Економічний зміст виробничої функції.
- 25.Загальна характеристика та етапи побудови виробничих функцій.
- 26.Макроекономічні виробничі функції.
- 27.Актуальність проблеми. Концепція рейтингового управління.
- 28.Моделювання системи рейтингового управління.
- 29.Рейтинг як засіб класифікації.
- 30.Моделі та методи процесу обчислення рейтингу економічної системи.
- 31.Система переваг споживача та ієрархія його цінностей.
- 32.Поняття ординальної та кардинальної функції корисності особи.
- 33.Граничні норми заміщення.
- 34.Основні елементи неокласичної теорії попиту.
- 35.Рівняння Слуцького та елементи його аналізу.
- 36.Стратегії Курно, Стакельберга, Бертрана .а їх порівняння.
- 37.Модель Еванса.
- 38.Балансовий метод. Принципова схема міжгалузевого балансу.
- 39.Економіко-математична модель міжгалузевого балансу.
- 40.Коефіцієнти прямих і повних матеріальних витрат.
- 41.Міжгалузеві балансові моделі в аналізі економічних показників.
- 42.Застосування балансових моделей в економіці та підприємстві.
- 43.Класична модель ринкової економіки.
- 44.Ринок грошей.
- 45.Ринок товарів.
- 46.Об'єднана (загальна) модель.
- 47.Модель Кейнса.
- 48.Модель Солоу.
- 49.Золоте” правило накопичення.
- 50.Виграш у поточному споживанні – програш у найближчій перспективі.

51. Аналіз макроекономічної політики.
52. Гіперболізоване дисконтування
53. Агентне моделювання
54. Смаки та пріоритети при побудові моделі
55. Психологічні чинники при побудові моделей
56. Моральна небезпека при формуванні контрактів.
57. Використання стандартного програмного забезпечення  
для реалізації економіко – математичних моделей.
58. Спеціалізовані програмні пакети обробки економічної  
інформації .