**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ Й НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА,**

**методичні вказівки та індивідуальні завдання**

**до вивчення дисципліни «Моделі економічної динаміки» для студентів напряму**

**6.030502 – економічна кібернетика**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

**на засіданні Вченої ради**

**академії**

**Протокол від**

**Дніпропетровськ НМетАУ 2013**

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Моделі економічної динаміки» для студентів напряму 6.030502 – економічна кібернетика / Укл. М.М. Лісовенко – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013.

###### Викладені робоча програма, методичні вказівки до виконання контрольної роботи та індивідуальні завдання з дисципліни «Моделі економічної динаміки», наведені теоретичні відомості для виконання індивідуальних завдань, а також приклади їх виконання.

Призначена для студентів напряму 6.030502 – економічна кібернетика заочної форми навчання.

Укладачі М.М. Лісовенко, канд. техн. наук, доц.

Відповідальна за випуск Л.М. Савчук, канд. екон. наук, проф.

**ВСТУП**

На відміну від статичних динамічні моделі описують не стан, а процес розвитку економіки, установлюючи безпосередній взаємо­зв’язок між попередніми та наступними його етапами і тим самим наближаючи аналітичні висновки на основі економіко-матема­тичної моделі до реальних умов розвитку економічної системи.

1 Робоча програма дисципліни «Моделі економічної динаміки»

**Мета** вивченнядисципліни – формування теоретичних знань та практичних навичок з питань моделювання динамічних економічних процесів. В центрі уваги перебувають методи і моделі аналізу тенденцій та причинно-наслідкових зв’язків в економіці, що є необхідною умовою аналізу та прогнозування окремих показників динаміки соціально-економічного розвитку країни.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен

знати:

-  основні поняття і завдання моделювання динамічних економічних процесів;

-  методи аналізу динамічних систем;

-  сучасні моделі прогнозування економічної динаміки;

вміти:

-  аналізувати та ідентифікувати часові ряди;

- використати статистичні засоби аналізу динамічних систем;

-  виконувати моделювання динамічних економічних процесів.

**Розподіл годин за навчальним планом**

|  | с е м е с т р и | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | IX |  |  |  |  |  |
| Усього годин за навчальним планом | 144 |  |  |  |  |  |
| у тому числі аудиторні заняття: | 20 |  |  |  |  |  |
| з них:  - лекції; | 12 |  |  |  |  |  |
| - лабораторні заняття. | 8 |  |  |  |  |  |
| Самостійна робота | 124 |  |  |  |  |  |
| Види контролю: |  |  |  |  |  |  |
| - виконання контрольної роботи. | 1 |  |  |  |  |  |
| Підсумковий контроль (іспит, залік) | іспит |  |  |  |  |  |

**ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ**

| **№№**  **тем** | **Назва розділу/теми та її зміст** | **Тривалість (годин)** |
| --- | --- | --- |
| **1** | **Принципи моделювання економічних процесів.** [1,6].  Статика і динаміка. Економічна еволюція. Теорія рівноваги в економічному аналізі. Відкритість та нерівноважність соціально-економічних систем. Економічна динаміка. | **2** |
| **2** | **Лінійні динамічні моделі.** [1,4].  Коректність економіко-математичних моделей. Неперервні та дискретні моделі. Моделі зі змішаною динамікою. Моделі динамічного міжгалузевого балансу. Модель Неймана. Промінь Неймана. Теорема про магістраль. | **2** |
| **3** | **Рівновага та нерівновага, стійкість та нестійкість динамічних моделей економіки.** [3].  Динаміка і рівновага. Типи поведінки динамічних систем. Типи точок рівноваги. Стійкість та її види.  Дослідження щодо існування стійкості рівноваги лінійних динамічних моделей. Стійкість ринкової рівноваги лінійної моделі попиту та пропозиції.  Нестійкість лінійних динамічних моделей.  Односекторна та трисекторна моделі економічного зростання. Оптимальні траєкторії, умови їх стійкості.  Моделювання обмінних процесів у соціально-економічних системах. | **2** |
| **4** | **Нестійкість і нелінійність як джерело невизначеності економічних процесів.** [9,10].  Структурна нестійкість нелінійних динамічних систем. Точка біфуркації. Ланцюги біфуркацій, перехід до хаосу. Дивні аттрактори. Чутливість до початкових даних.  Теорія катастроф. Математичні моделі теорії катастроф.  Застосування теорії катастроф і теорії біфуркацій до дослідження соціально-економічних систем.  Якісні методи аналізу динаміки соціально-економічних систем. | **2** |
| **5** | **Стохастичні моделі економічної динаміки.** [11,12].  Зв'язок теорії динамічних систем з теорією ймовірності. Інваріантна міра.  Моделі адаптивного управління економічними системами. Мартингали і напівмартингали.  Моделі економічних змін та їх аналіз.  Синергетичний підхід у моделюванні та аналізі економічних процесів. | **4** |

2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

* 1. **Порядок підготовки та захисту контрольної роботи**

Навчальним планом з дисципліни «Моделі економічної динаміки» передбачено виконання однієї контрольної роботи студентами заочного факультету. Контрольна робота виконується протягом семестру після установчих занять. Робота подається особисто або надсилається в деканат заочного факультету для реєстрації. Потім робота передається на кафедру економічної інформатики для перевірки викладачем. Робота, виконана з грубими помилками й відхиленнями від вимог методичних вказівок, повертається студентові для доопрацювання. Захист контрольної роботи здійснюється під час екзаменаційної сесії.

* 1. **Загальні вимоги до оформлення пояснювальної записки**

Пояснювальну записку до контрольної роботи виконують з використанням комп’ютера на аркушах білого паперу формату А4 з одного боку аркуша. Розмір полів аркуша: верхнє та нижнє – 2см, ліве – 2,5см, праве – 1см.

Сторінки записки нумерують арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації. Номер друкують у верхньому правому куті сторінки без крапки в кінці.

Текст записки вирівнюється «по ширині», абзацний відступ – 1,5см, міжрядковий інтервал - «полуторний».

Тип шрифту - Times New Roman; креслення – «звичайне»; розмір – 14;   
колір – чорний.

Помилки, описки та графічні неточності допускається виправляти підчищенням або зафарбовуванням коректором з наступним нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого тексту або графіки чорним кольором.

Власні назви в записці наводять мовою оригіналу. Скорочення слів і словосполучень, які використовуються у записці, повинні відповідати чинним стандартам із бібліотечної та видавничої справи.

Загальний обсяг роботи орієнтовно 30-35 сторінок.

При оформленні пояснювальної записки слід обов’язково наводити завдання до першої і другої частини роботи.

Студент зобов’язаний надати електронний варіант виконаної роботи у якості додатка до пояснювальної записки.

* 1. **Структура контрольної роботи та загальні вимоги до її виконання**

Контрольна робота складається із 3 завдань:

***завдання №1.*** Ознайомитися з можливостями і набути практичних навичок використання статистичних засобів аналізу економічної динаміки.

***завдання №2.*** Ознайомитися з можливостями і набути практичних навичок використання економетричної моделі аналізу економічної динаміки.

***завдання №3*** Ознайомитися з можливостями і набути практичних навичок використання імітаційної моделі динамічних економічних процесів.

Структуру пояснювальної записки контрольної роботи наведено у   
таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Структура пояснювальної записки

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № розділу | Найменування розділу (структурного елемента пояснювальної записки) | Обсяг, стор. |
|  | Титульний аркуш | 1 |
|  | Бланк завдання | 1 |
|  | Реферат | 1 |
|  | Зміст | 1 |
|  | Вступ | 1 |
| 1 | Використання статистичних засобів для аналізу динамічних систем | 5-10 |
| 2 | Багатофакторний аналіз динамічних економічних процесів | 5-10 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 3 | Імітаційне моделювання динамічних економічних процесів. | 5-10 |
|  | Висновки | 0,5 |
|  | Перелік посилань | 1 |
|  | Додаток А (Джерела даних) | 1 |
|  | Додаток Б (пояснювальна записка – електронний варіант) | CD |

* 1. **Методика виконання завдання №1**

Завдання виконується на основі вивчення літературних джерел по запропонованій темі.

Мета завдання - Ознайомитися з можливостями і набути практичних навичок використання статистичних засобів аналізу економічної динаміки.

**Теоретичні відомості для виконання завдання**

Ряд динаміки перебуває з двох рядків - моменти або періоди годині і рівні ознаки або показника. Закономірна зміна рівнів у ряду - це тенденція динаміки. Відхилення рівнів в окремі моменти від тенденції – це коливання ознаки. Тенденція визначається довгостроковими причинами, коливання - короткостроковими або циклічними чинниками. Рівняння, що апроксимує фактичну тенденцію динаміки, називається трендом.

Щоб описати динамічний ряд треба визначити показники, що характеризують абсолютні і відносні зміни рівнів, рівномірність цих змін, а також визначити форму і параметри тренда.

Абсолютна зміна рівня (приріст або скорочення) - це різниця між рівнем звітного моменту і рівнем попереднього моменту (ланцюговий показник) або різниця між рівнем звітного моменту і рівнем базового моменту (базисний показник).

Прискорення абсолютної зміни - це різниця між абсолютною зміною на даний момент і абсолютну зміну на попередній момент.

Відносна зміна рівня - темп зміни (темп росту або скорочення) - це відношення рівня звітного моменту до рівня попереднього або базового моменту.

Абсолютний приріст Δ показує, на скільки одиниць власного виміру рівень ряду уi більший (+) чи менший (-) за рівень, взятий за базу порів­няння (yi-1 чи у0):

ланцюговий Δi=yi-yi-1, базовий Δi=yi-y0.

Темп (коефіцієнт) зростання показує, в скільки разів один рівень ряду більший за інший:

ланцюговий Ki=yi/yi-1, базовий Ki=yi/y0

Темп приросту показує, на скільки процентів значен­ня уі більше (+) чи менше (-) за рівень, який прий­нято за 100 %.

Абсолютне значення 1 % приросту можна обчислити як частку від ділення абсолютного приросту на темп приросту, тобто вага віднос­но приросту є не що інше, як сота частина рівня, взято­го за базу порівняння.

Середньорічний абсолютний приріст — це середнє з ланцюгових абсолютних приростів.

Середньорічний темп зростання визначають за формулою середньої геометричної



(1.1)

Прискорення (сповільнення) зростання обчислюють зіставленням однойменних характеристик швидкості зро­стання. Наприклад, абсолютних приростів: .

Значення δt<0 свідчить про сповільнення зростання. Темп сповільнення абсолютної швидкості обчислюють відношенням абсолютних приростів.

Прискорення (сповільнення) відносної швидкості є частка від ділення середньорічних темпів зростання. Дільником виступає більший за значенням.

Індекси - це показники змін, що на відміну від інших показників (динамічних і кореляційних) дозволяють вимірювати зміну складних, агрегованих розмірів, не описаних аналітично.

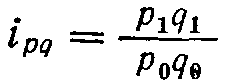
Індекс може бути зведеним, якщо дорівнюються узагальнені розміри (ознаки або показники), або індивідуальним, якщо дорівнюються приватні, узагальнені розміри.

Системі ознак відповідає система індексів. Так, наприклад, системі ознак w = qp , де q - об'єм продажів, p - ціна товару, w - виторг від продажів, відповідає система узагальнених індексів Iw=Iq\*Ip.

Індекси дозволяють також аналізувати зміну середніх розмірів ознак. Наприклад, можна аналізувати зміну середньої по регіонах ціни в звітний період у порівнянні з базовим періодом при фіксованому або що змінились (змінному) складі продаваних товарів.

Індивідуальні індекси обчислюють ок­ремо для кожної групи товарів. Індивідуальний індекс цін ір=p1/p0. Аналогічно визначають індивідуальні індекси фізичного обсягу iq=q1/q0.

Індивідуальні індекси товарообороту розраховують за формулою

 (1.2)

Загальний індекс товарообороту в цілому обчислюють за формулою

 (1.3)

Загальний індекс цін  (1.4)

Загальний індекс фізичного обсягу реалізації обчис­люють за формулою

 (1.5)

Система співзалежних індексів матиме вигляд

Ipq=Ip\*Iq (1.6)

Абсолютний приріст обчислюють як різницю між чисельником і знаменником відповідних індексів.

Абсолютний приріст товарообороту в цілому стано­вить.:

** (1.7)

за рахунок факторів:

** (1.8)

. ** (1.9)

* 1. **Порядок виконання завдання №1**

Для показників, значення яких приведені в Додатку 1 (показник за выбором), визначити:

1) базові і ланцюгові характеристики динаміки: абсо­лютні прирости, темпи зростання і приросту, абсолютні значення 1 % приросту;

2) середньорічні темпи зростання і абсолютні прирости;

3) коефіцієнт прискорення (сповільнення) зростання;

4) індивідуальні і загальні індекси (для показників 2-х варіантів).

## 2.6 Методика виконання завдання №2

Мета завдання - Ознайомитися з можливостями і набути практичних навичок використання економетричної моделі аналізу економічної динаміки.

**Теоретичні відомості для виконання завдання**

1. Рівняння лінійної багатофакторної регресії має вигляд :

 , (2.1)

де  , (i = 1, 2, …, k) – регресійні коефіцієнти,

*u* – відхилення,

*y* – регресанд (залежна змінна),

*х1,...,хk* – регресори (незалежні змінні).

Регресор х1 використовується для уніфікації моделі і завжди дорівнює одиниці.

Змінні *x* і *y* спостерігаються, тобто їхні індивідуальні значення (реалізації) можна виміряти в моменти часу t = 1, …, T.

Для того щоб параметри моделі  оцінити, необхідно мати T значень кожного регресора і T значень регресанда *y* у відповідні моменти часу. При цьому довжина динамічних рядів спостережень повинна бути більше кількості регресорів, тобто T > K.

Похибка (відхилення) рівняння для t-го періоду дорівнює

, (2.2)

де *yt* – значення регресанду, що спостерігається;

– оцінка yt при знайдених значеннях оцінок коефіцієнтів .

За теоремою Гаусса–Маркова з усіх оцінювачів функція оцінювання однокроковим методом найменших квадратів (МНК) для лінійної моделі є найкращою функцією оцінювання.

Основні передумови, при виконанні яких для розрахунку  можна використати однокроковий метод МНК :

1. Математичне очікування відхилення дорівнює нулю М(u) = 0.
2. Відсутній сильний статистичний взаємозв'язок чинників (мультиколінеарність).
3. Відсутня сильна залежність між відхиленнями, що відносяться до різних періодів (автокореляція).
4. Дисперсія відхилень в різні періоди постійна (відсутня гетероскедастичность).

У матричному вигляді формула обчислення оцінок регресійніх коефіцієнтів за МНК буде такою:

, (2.3)

де  – вектор оцінок параметрів рівняння регресії,

X – матриця значень факторів x, що спостерігаються,

X'– транспонована матриця Х,

 – вектор значень залежної змінної *y*, що спостерігається ,

(Х’Х)-1 – зворотна матриця.

Вектор  і матриця X разом утворять матрицю даних D розмірністю T х (K+1).

Для обчислення оцінок регресійних коефіцієнтів зручно використовувати статистичну функцію «ЛИНЕЙН» пакета EXCEL, що дозволяють розрахувати багато параметрів регресійних моделей.

1. Функція «ЛИНЕЙН» реалізована як операція з масивами і повинна використовуватися по кроках.

По-перше виділити діапазон розмірністю 5 \* К, де К – число регресорів у рівнянні (К = число факторів плюс один).

Далі з допомогою майстра функцій викликати функцію «ЛИНЕЙН» (категорія статистичних функцій) і ввести 4 її параметри, а саме: координати всіх відомих значень результуючого показника у; координати всіх відомих значень регресорів х (координати матриці Х); логічну константу, що дорівнює нулю; логічну константу, що дорівнює одиниці.

Натиснути ОК і, встановивши курсор в рядок формул, натиснути комбінацію Ctrl + Shift + Enter.

Результати функції «ЛИНЕЙН» при К = 4 розміщені в наступному виді:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| R2 |  | - | - |
| F | (Т-K) | - | - |
| Sreg | Srest | - | - |

де  – оцінки регресійних коефіцієнтів,

– оцінки середньоквадратичних помилок регресійних коефіцієнтів,

– середньоквадратичне вiдхилення регресанду *y*,

R2 – коефіцієнт детермінації,

F – критерій Фішера,

Т – число спостережень,

Sreg і Srest – регресійна і залишкова дисперсії.

1. Для перевірки передумови М(u) = 0 досить визначити чи рівне 0 середнє значення відхилення u (1.2) за усі періоди спостережень.

Для обчислення оцінок регресанду у за усі періоди спостережень зручно використовувати статистичну функцію «ТЕНДЕНЦИЯ». Функція «ТЕНДЕНЦИЯ» також реалізована як операція з масивами і повинна використовуватися по кроках.

По-перше виділити діапазон, необхідний для розміщення всіх Т значень . Далі з допомогою майстра функцій викликати функцію «ТЕНДЕНЦИЯ» (категорія статистичних функцій) і ввести 4 її параметри, а саме: координати всіх відомих значень результуючого показника у; координати всіх відомих значень регресорів х (матриця Х); координати всіх значень регресорів х, для яких треба розрахувати величини у (знову матриця Х чі задані значення факторів); логічну константу, що дорівнює нулю.

Натиснути ОК і, встановивши курсор введення в рядок формул, натиснути комбінацію Ctrl + Shift + Enter.

1. Відбір чинників

Чим більше чинників включені в рівняння регресії, тим адекватніше модель початковим даним. Проте, зі збільшенням числа врахованих чинників ростуть витрати на збір статистики по цих чинниках. Тому для включення в модель слід відбирати тільки важливі чинники, що забезпечують заданий рівень адекватності.

Рекомендується така послідовність виконання розрахунків при розв’язуванні задач:

1. включити у рівняння регресор Х1 = 1 і як регресори Х2 і Х3 – два явно істотних чинники з чотирьох заданих;
2. із чинників, що залишилися, відібрати той чинник, для якого скоректований коефіцієнт детермінації Тейла має максимальне значення. Цей коефіцієнт обчислюється за формулою:

. (2.4)

Для обчислення коефіцієнта детермінації R2 використовувати функцію «ЛИНЕЙН»;

1. Перевірка статистичної надійності моделі.

Для визначення статистичної надійності окремих коефіцієнтів регресії використовується критерій Стьюдента (t критерій)

Для кожного чинника хi розраховуємо критерій ti

,  (2.5)

де δβi - середньоквадратична помилка коефіцієнта βі.

Якщо |ti| ≥ t критичого, те приймається гіпотеза про те, що оцінка коефіцієнта βі з вірогідністю(1 - α) статистично надійна.

α - це допустима вірогідність помилки, задається дослідником, що створює модель. Зазвичай задають значення α = 0,05.

У Exсel для визначення tкр використовується функція СТЬЮДРАСПОБР(α, Т-k).

Якщо хоч би один коефіцієнт регресії статистично не надійний, то слід збільшити число періодів спостережень, тобто число Т.

Для перевірки усього рівняння в цілому розраховують значення F критерію і порівнюють його з критичним.

Якщо F критерій > F критичого, те з вірогідністю (1 -α) приймається гіпотеза про статистичну надійність усього рівняння в цілому. Інакше слід збільшити число спостережень.

У Exсel значення критерію F визначається за допомогою функції ЛИНЕЙН, а значення Fкр визначається за допомогою функції FРАСПОБР(α, k1, k2), де k1 = Т-k, k2 = k - 1.

1. Перевірка на мультиколінеарність.

Найповніше дослідити мультиколінеарність можна з допомогою критерію «хі»-квадрат Фаррара—Глобера:

Χ2 = - (T-1-1/6(2k+7))ℓn det(M) (2.6)

де det(M)— визначник кореляційної матриці М, елементами якої є коефіцієнти кореляції, кожен з яких характеризує статистичний взаємозв'язок чинників xi і xj. Коефіцієнт кореляції rij чинників xi і xj набуває значень в діапазоні

0 ≤ | rij | ≤ 1.

Для розрахунку коефіцієнта кореляції в EXСEL використовують функцію КОРРЕЛ(xi ; xj).

Значення критерію « хі»-квадрат порівнюється з табличним при 1/2 - k(k - 1) східцях свободи і рівні значущості α. Якщо фактичне значення критерію вище табличного, то в моделі існує мультиколінеарність.

При виявленні мультиколінеарності необхідно в матриці М знайти найбільші коефіцієнти кореляції rij і замінити відповідні пари чинників xi xj новими, незв'язаними або малопов'язаними чинниками. Після заміни чинників необхідно знову виконати діагностику мультиколінеарності.

1. Перевірка на автокореляцію.

Потрібне розрахувати значення критерію d



(2.7)

Він може приймати значення з проміжку [0, 4]. Якщо відхилення ut є випадковими величинами, нормально роз­поділеними, а не автокорельованими, то значення d містяться поблизу 2. При додатній автокореляції d<2, при від'ємній — d>2. Фактичні значення критерію порівнюються з критичними (табличними) при числі спостережень T і числі незалеж­них змінних k для вибраного рівня значущості α= 0,05. Табличні зна­чення мають нижню межу dн і верхню — dв.

Коли d< dн , то відхилення мають автокореляцію. Якщо d > dв, то приймається гіпотеза про відсутність автокоре­ляції. Коли dн <d< dв , то конкретних висновків зробити не можна: необхідно далі провадити дослідження, беручи більшу суку­пність спостережень.

За наявності автокореляції треба побудувати матрицю перетворення TA, елементами якої є функції коефіцієнта автокореляції і відчислить перетворену матрицю вихідних даних D\*.

 (2.8)

де .

(2.9)



До перетвореної матриці даних D\* можна застосовувати звичайний МНК.

1. Перевірка на гетероскедастичность

Матриця початкових даних Х сортується за збільшенням значень чинника, від якого залежить дисперсія відхилення. Потім уся матриця Х розділяється на 2 частини T1 і T2. У одній частині концентруються дані з меншим значенням дисперсії відхилень, в другій - з великим.

Для кожної частини обчислюється дисперсія відхилень 

 , (2.10)

 (2.11)

Обчислюється критерій F як відношення більшої дисперсії до меншої

 (2.12)

Знайдене значення критерію F порівнюється з критичним значенням Fкр. Якщо F >Fкр., те гетероскедастичность існує і необхідно перетворити матрицю Х з використанням допоміжної матриці перетворення TH. До перетвореної матриці D\* можна застосовувати звичайний МНК.

(2.13)



Допоміжна матриця перетворення



(2.14)

де  , .

1. Аналіз впливу чинників.

При збільшенні чинника  на 1 (наприклад, на 1 штуку) регресанд у змінюється на  одиниць (наприклад, зменшується на 270 грн, при ).

Для порівняльного аналізу впливу чинників на у використовуються стандартизовани коефіцієнти регресії або коефіцієнти еластичності.

,  (2.15)

де  - стандартизований коефіцієнт,

 – оцінка коефіцієнта при регресорі ,

 – середньоквадратичне відхилення регресора .

Чим більше абсолютне значення тим сильніше впливає чинник  на у.

  (2.16)

де  – коефіцієнт еластичності.

 – оцінка коефіцієнта  при регресорі ,

 – середні значення.

При збільшенні чинника  на 1% показник y змінюється на  відсотків.

## 2.7 Порядок виконання завдання №2 контрольної роботи

Для початкових даних, заданих в Додатку 1, виконати:

1. відбір чинників,
2. перевірку передумови М(u) = 0,
3. перевірку статистичної надійності моделі,
4. перевірку на мультиколінеарність,
5. перевірку на автокореляцію,
6. аналіз впливу чинників.

## 2.8 Методика виконання завдання №3

Мета завдання - Ознайомитися з можливостями і набути практичних навичок використання імітаційної моделі динамічних економічних процесів.

**Теоретичні відомості для виконання завдання**

Ідея імітації полягає в:

1) математичному описі реальної ситуації

2) вивченні її властивостей і особливостей

3) формуванні виведень і ухваленні рішень, пов'язаних з дією на цю ситуацію і грунтованих на результатах імітації. Причому реальна система не піддається діям до тих пір, поки переваги або недоліки тих або інших управлінських рішень не будуть оцінені за допомогою моделі цієї системи.

Імітація за допомогою методу Монте-Карло складається з п'яти етапів:

1. Встановлення розподілу вірогідності для істотних змінних.

2. Побудова інтегрального розподілу вірогідності для усіх змінних.

3. Встановлення інтервалу випадкових чисел для кожної змінної.

4. Генерація випадкових чисел по таблиці рівномірно розподілених випадкових чисел або за допомогою функцій EXCEL

5. Імітація шляхом багатьох спроб.

2.9 Порядок виконання завдання №3 контрольної роботи

Використати імітаційну модель для аналізу динаміка стану підприємства

Завдання 4.1

Виконати імітацію зміни рівня запасу товару на складі магазина за 25 тижнів, якщо відомо, що обсяги продажів товару за 50 тижнів такі:

|  |  |
| --- | --- |
| Обсяг продажів товару  (шт.) | Число тижнів, у які реалізований цей обсяг продажів |
| 4+N  5+N  6+N  7+N  8+N  9+N  10+N | 6  5  9  12  8  7  3 |
| Разом | 50 |

N - номер за списком групи.

При запасі на складі 5+N штук і менше необхідно робити замовлення в обсязі 10+N штук. Замовлена партія товару надходить через 1 - 3 тижні.

У таблиці показані дані, що дозволяють визначити імовірності термінів виконання замовлень

|  |  |
| --- | --- |
| Термін виконання замовлення  (тижні) | Частота |
| 1  2  3 | 10  25  15 |

Початковий обсяг запасу = 10+N штук.

Використовуйте для імітації випадкове число з N-го рядка таблиці рівномірно і нормально розподілених випадкових чисел (Додаток 3).

Кожне замовлення на товар обходиться в 100 грн., збереження одиниці товару – у 20 грн. у тиждень, один упущений продаж – у 800 грн. Оцінити середні щотижневі витрати і загальні витрати за 10 тижнів.

Рекомендується така послідовність виконання розрахунків при розв’язуванні задачі

Для кожного тижня реалізується такий процес імітації.

1. Період (тиждень) починається з перевірки, чи надійшло зроблене замовлення. Якщо замовлення виконане, те поточний запас збільшується на величину замовлення.

2. Шляхом вибору випадкового числа генерується попит на період, що імітується, для відповідного розподілу імовірностей.

3. Розраховується підсумковий запас, рівний вихідному запасу за відрахуванням величини попиту. Якщо запас недостатній для задоволення тижневого попиту, попит задовольняється, наскільки це можливо. Фіксується число нереалізованих продажів (дефіцит). Розраховуються сумарні витрати на збереження і втрати через дефіцит за минулі тижні, включаючи тиждень, що імітується.

4. Визначається, чи знизився запас до точки замовлення. Якщо так, причому не очікується надходження замовлення, зробленого раніше, те робиться замовлення. Розраховуються сумарні витрати на виконання замовлення.

5. Порівняти результати імітації при використанні рівномірно і но- рмально розподілених випадкових чисел.

**Приклад 4.1.** Магазин продає електричні дрилі. Протягом 300 днів реєструвався денний попит на дрилі. Розподіл імовірностей величини попиту показано в таблиці. Інтегральні імовірності величин попиту показані в четвертому стовпчику таблиці. У п'ятому стовпчику визначені інтервали випадкових чисел для визначення можливих значень попиту.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Попит на дрилі | Частота | Імовірність | Інтегральна імовірність  ь | Інтервали випадкових чисел |
| 0 | 15 | 0,05 | 0,05 | від 01 до 05 |
| 1 | 30 | 0,10 | 0,15 | від 06 до 15 |
| 2 | 60 | 0,20 | 0.35 | від 16 до 35 |
| 3 | 120 | 0,40 | 0,75 | від 36 до 75 |
| 4 | 45 | 0,15 | 0.90 | від 76 до 90 |
| 5 | 30 | 0,10 | 1,00 | від 91 до 00 |
| 300 днів 1,00 | | | | |

Коли робиться замовлення, щоб відновити запаси електричних дрилів, його виконання відбувається з лагом у 1, 2 або 3 дня. Це означає, що час відновлення запасу підпорядковується випадковому розподілу. У таблиці показані дані, що дозволяють визначити імовірності термінів виконання замовлень і інтервали випадкових чисел на основі інформації про 50 замовлень.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Термін виконання замовлення | Частота | Імовірність | Інтегральна імовірність | Інтервал  випадкових  чисел | | |
| 1  2  3 | 10  25  15 | 0,20  0,50  0,30 | 0,20  0,70  1,00 | від 01 до 20  від 21 до 70  від 71 до 00 | | |
| 50 замовлень 1,00 | | | | |  |

Замовлення робиться в обсязі 10 дрилів при запасі на складі 5 штук.

Початковий обсяг запасу - 10 штук.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| День | Пос  тачання | Початковий  запас | Випадкове  число | Попит | Терміновий запас | Поті  ри продаж | Робити  замовле ння? | Випадкове  число | Термін  виконання |
| 1 | 0 | 10 | 06 | 1 | 9 | 0 | ні |  |  |
| 2 | 0 | 9 | 63 | 3 | 6 | 0 | ні |  |  |
| 3 | 0 | 6 | 57 | 3 | 3 | 0 | так | 02 | 1 |
| 4 | 0 | 3 | 94 | 5 | 0 | 2 | ні |  |  |
| 5 | 10 | 10 | 52 | 3 | 7 | 0 | ні |  |  |
| 6 | 0 | 7 | 69 | 3 | 4 | 0 | так | 33 | 2 |
| 7 | 0 | 4 | 32 | 2 | 2 | 0 | ні |  |  |
| 8 | 0 | 2 | 30 | 2 | 0 | 0 | ні |  |  |
| 9 | 10 | 10 | 48 | 3 | 7 | 0 | ні |  |  |
| 10 | 0 | 7 | 88 | 4 | 3 | 0 | так | 14 | 1 |
| Усього | 41 2 | | | | | |  |  | |
|  | | | | | |  | |

Результат імітаційного експерименту: середній кінцевий запас = 41 одиниця / 10 днів = 4,1 одиниці; середнє число упущених продажів = 2 упущені продажі / 10 днів = 0,2 шт./день.

Кожне замовлення на дрилі обходиться в 100 грн., збереження кожної дрилі – у 50 грн. у день, одна упущена продаж – у 800 грн. Цієї інформації достатньо, щоб оцінити середні щоденні витрати для цієї стратегії керування запасами. Знайдемо три складові витрати: щоденні витрати на замовлення = (витрати на одне замовлення) \* (середнє число замовлень у день) = 100 \* 0,3 = 30; щоденні витрати на збереження = (витрати на збереження однієї одиниці протягом дня) \* (середня величина кінцевого запасу) = 50 \* 4,1 = 205 грн.;

щоденні упущені можливості = (прибуток від упущеного продажу) \* (середнє число упущених продажів у день) = 800 \* 0,2 = 160 грн.,

загальні щоденні витрати = витрати на замовлення + витрати на збереження + упущені продажі = 395 грн.

4.2 Імітаційна модель системи масового обслуговування

Завдання 4.2.

Майстерня робить ремонт автомобілів. Приїзд клієнтів носить випадковий характер. У результаті спостережень за тимчасовими інтервалами між послідовними моментами приїзду клієнтів були отримані такі дані:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тимчасові |  |  |  |  |  |  |  |  |
| інтервали між |  |  |  |  |  |  |  |  |
| прибуттям | 0+N | 5+N | 10+N | 15+N | 20+N | 25+N | 30+N | 35+N |
| автомобілів, хв. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Імовірність | 0,04 | 0,08 | 0,15 | 0,30 | 0,20 | 0,13 | 0,08 | 0,02 |

де N – номер за списком групи.

Час, необхідний для ремонту, було оцінено з точністю до 5 хв.

Воно змінюється в межах проміжку від 20 до N + 40 хв., причому поява будь–якого значення рівноімовірна.

Усередині майстерні є одна обладнана всім необхідним монтажна площадка, а також місце для паркування ще одного автомобіля. Крім того, поза майстерні є ще місце для паркування тільки одного автомобіля. Стоянка на сусідній дорозі заборонена, тому будь–який водій, що під'їхав у той момент, коли зайняті як монтажна площадка, так і обидва відведених для паркування місця, змушений поїхати і є для компанії загубленим клієнтом. Втрата кожного клієнта обходиться компанії в середньому в 50 грн.

Якщо зробити невеличку реконструкцію, те усередині ремонтної майстерні можна обладнувати другу монтажну площадку, але при цьому місце для паркування усередині майстерні прийдеться демонтувати. Вартість експлуатації другої монтажної площадки складає 35 грн. у годину. Побудувати імітаційну модель для ситуації з 25 клієнтами. Чи варто вводити в експлуатацію другу монтажну площадку?

**Приклад 4.2.** Доктор А и доктор В починаючи з 9.00 ведуть прийом хворих. Приймальня відчиняється в 8.30, а закривається в 10.00 ранку. Вхідної потік пацієнтів має таку структуру:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Інтервал між |  |  |  |  |  |  |  |  |
| моментами появи | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| пацієнтів, хв. |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Імовірність | 0,05 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,40 | 0,10 | 0,05 | 0,05 |

Одна половина пацієнтів реєструється в доктора А, інша - у доктора В, причому вони утворять дві окремі черги, що рухаються за принципом "обслуговування в порядку прибуття". Проте якщо вільний інший доктор, те 90% пацієнтів висловлюють бажання звернутися до нього, коли підійшла їхня черга, а їхній доктор зайнятий. Розподіл часу консультацій обох докторів має такий вид:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тривалість консультацій, хв. | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 |
| Імовірність | 0,10 | 0,20 | 0,50 | 0,10 | 0,10 |

Для кожного пацієнта приділяється однаковий час на консультацію незалежно від того, який із докторів його обслуговує.

Використовуючи імітаційну модель, оцінити вхідної потік пацієнтів у години прийому і відповісти на такі питання:

1. Яке число пацієнтів очікує в приймальнею в 9.00 ранку?

2. Чому дорівнює середній час чекання пацієнтом прийому до черзі?

3. У який часу кожного з докторів покидає останній пацієнт?

Рішення. Дана задача містить у собі такі стохастичні перемінні:

а) інтервали між послідовними появами пацієнтів, на основі яких розраховується час прибуття кожного пацієнта;

б) доктор, до якого потрапляє пацієнт;

в) згода пацієнта піти на прийом до іншого доктору, якщо останній вільний;

г) тривалість консультації, що, як передбачається, залежить від самого пацієнта, а не від доктора, до якого він потрапляє.

Кожному значенню перемінних поставимо у відповідність інтервал випадкових чисел.

Інтервали появи пацієнтів, хв.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Кількість хв. | Імовір ність | Кумулятивна імовірність | Випадкві  числа |
| 1 | 0,05 | 0,05 | 00-04 |
| 2 | 0,05 | 0,10 | 05-09 |
| 3 | 0,10 | 0,20 | 10-19 |
| 4 | 0,20 | 0,40 | 20-39 |
| 5 | 0,40 | 0,80 | 40-79 |
| 6 | 0,10 | 0,90 | 80-89 |
| 7 | 0,05 | 0,95 | 90-94 |
| 8 | 0,05 | 1,00 | 95-99 |

Доктор, що приймає пацієнта

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Доктор | Імовірність | Випадкове число |
| А  В | 0,5  0,5 | 0 – 4  5 – 9 |

Згода піти до іншого доктору

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Імовірність | Випадкове число |
| Так  Ні | 0,9  0,1 | 0 – 8  9 |

Тривалість консультації, хв.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Кількість | Імовірність | Кумуля тивна імовірність | Випадкові числа |
|  |
| мін. |
|  |
| 6 | 0,10 | 0,10 | 00–09 |
| 8 | 0,20 | 0,30 | 10–29 |
| 10 | 0,50 | 0,80 | 30–79 |
| 12 | 0,10 | 0,90 | 80–89 |
| 14 | 0,10 | 1,00 | 90–99 |

Лічильник часу встановлюється на 8.30 ранку. Перший пацієнт приходить у 8.30 + перший інтервал появи пацієнта.

Результати моделювання уявимо у виді такої таблиці

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прихід пацієнтів | | | Доктор, що обслуговує пацієнта | | Підете до іншого лікарю? | | Консультація | | | | | | |  | |
| Час | | Доктор А | | Доктор Б | | | Час чекання в черзі | | |
| Випадкове число | Хвилин | Час | ­ Випадкове число | Врач | ­ Випадкове число | Так/Ні | ­ Випадкове число | Хвилин | Початок | Закінчення | Початок | Закінчення | Хвилин | |
| 63 | 5 | 8:35 | 5 | В | 6 | Так | 69 | 10 |  |  | 9:00 | 9:10 | 25 | |
| 27 | 4 | 8:39 | 4 | А | 2 | Так | 39 | 10 | 9:00 | 9:10 |  |  | 21 | |
| 15 | 3 | 8:42 | 2 | А | 0 | Так | 39 | 10 | 9:10 | 9:20 |  |  | 28 | |
| 99 | 8 | 8:50 | 2 | А | 4 | Так | 27 | 8 |  |  | 9:10 | 9:18 | 20 | |
| 86 | 6 | 8:56 | 3 | А | 8 | Так | 85 | 12 | 9:20 | 9:32 |  |  | 24 | |
| 71 | 5 | 9:01 | 1 | А | 3 | Так | 49 | 10 | 9:32 | 9:42 |  |  | 31 | |
| 74 | 5 | 9:06 | 3 | А | 3 | Так | 90 | 14 | 9:42 | 9:56 |  |  | 36 | |
| 45 | 5 | 9:11 | 3 | А | 7 | Так | 25 | 8 | 9:56 | 10:04 |  |  | 45 | |
| 11 | 3 | 9:14 | 5 | В | 1 | Так | 84 | 12 |  |  | 9:18 | 9:30 | 4 | |
| 02 | 1 | 9:15 | 7 | В | 1 | Так | 47 | 10 |  |  | 9:30 | 9:40 | 15 | |
| 15 | 3 | 9:18 | 5 | В | 2 | Так | 42 | 10 |  |  | 9:40 | 9:50 | 22 | |
| 14 | 3 | 9:21 | 5 | В | 5 | Так | 04 | 6 |  |  | 9:50 | 9:56 | 29 | |
| 18 | 3 | 9:24 | 3 | А | 2 | Так | 83 | 12 | 10:04 | 10:16 |  |  | 40 | |
| 07 | 2 | 9:26 | 1 | А | 9 | Ні | 03 | 6 | 10:16 | 10:22 |  |  | 50 | |
| 14 | 3 | 9:29 | 7 | В | 0 | Так | 78 | 10 |  |  | 9:56 | 10:06 | 27 | |
| 58 | 5 | 9:34 | 2 | А | 2 | Так | 87 | 12 | 10:22 | 10:34 |  |  | 48 | |
| 68 | 5 | 9:39 | 7 | В | 1 | Так | 61 | 10 |  |  | 10:06 | 10:16 | 27 | |
| 39 | 4 | 9:43 | 3 | А | 5 | Так | 82 | 12 | 10:34 | 10:46 |  |  | 51 | |
| 31 | 4 | 9:47 | 8 | В | 2 | Так | 69 | 10 |  |  | 10:16 | 10:26 | 29 | |
| 08 | 2 | 9:49 | 2 | А | 6 | Так | 33 | 10 |  |  | 10:36 | 10:46 | 47 | |
| 13 | 3 | 9:52 | 4 | А | 0 | Так | 40 | 10 | 10:46 | 10:56 |  |  | 54 | |
| 55 | 5 | 9:57 | 7 | В | 2 | Так | 64 | 10 |  |  | 10:26 | 10:36 | 29 | |
| Приймальня закрита | | | | | | | | | | | | | | |

Результати моделювання

1. До 9.00 у приймальні знаходяться п'ять чоловік.

2. Середній час чекання пацієнтами в черзі складає:

У доктора А – 38,9 хв. для 11 пацієнтів;

У доктора В – 24,9 хв. для 11 пацієнтів;

Разом – 31,9 хв., причому мінімальний час чекання складає 4 хв., максимальний – 54 хв.

Останній пацієнт піде від доктора А в 10 г. 56 хв., а від доктора В – у 10г. 46 хв.

Рекомендована література

Основна

1.      Лысенко Ю.Г., Петренко В.Л., Тимохин В.Н., Филшшов А.В. Экономическая динамика.- Донецк: ДГУ, 2000. - 176с.

2.      Занг В.-Б. Синергетическая экономика.-М.: Мир, 1999. - 336с.

3.      Колемаев В.А. Математическая экономика.-М.: ЮНИТИ, 1998. - 240с.

4.      Милованов В.П. Неравновесные социально-экономические системы: синергетика и самоорганизация.- М.: Эдиториал УРСС, 2001. - 264с.

5.      Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: Введение в нелинейную динамику,- М.: Эдиториал УРСС, 2000. - 256с.

6.      Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики.- М.: Эдиториал УРСС, 2000. - 336с.

7.      Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего.- М.: Эдиториал УРСС, 2001. - 288с.

Додаткова

1. Табор М. Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике.- М.: Эдиториал УРСС, 2001.-320с.

2.   Пригожий И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени.порядок. - М.: Эдиториал УРСС, 2001. - 240с.

3.  Арнольд В.И. Теория катастроф. - М.: Наука, 1990. - 128с.

4.  Лоскутов Ю.А., Михайлов А.С. Введение в синергетику.- М.: Наука, 1990.- 270с.

5.  Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах.- М.: Мир, 1985.

Додаток А

**Варіанти вхідних даних до завдання 1 та 2**

**Варіант 1.** Дані про річні заощадження сімей, їхні річні доходи і видатки на споживання і комунальні послуги наведені в таблиці:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер родини | Заощадження,тис. грн. | Доходи,  тис. грн. | Видатки,  тис. грн. | Додаткові доходи, тис. грн. | Борг, тис. грн. |
| 1 | 2 | 20 | 15 | 2,31 | 4 |
| 2 | 3 | 25 | 20 | 4,67 | 6 |
| 3 | 4 | 30 | 20 | 6,17 | 4 |
| 4 | 3 | 35 | 25 | 8,7 | 8 |
| 5 | 5 | 40 | 30 | 10,7 | 7 |
| 6 | 9 | 60 | 35 | 13,5 | 0 |
| 7 | 12 | 90 | 40 | 16,2 | 9 |
| 8 | 21 | 120 | 40 | 18,3 | 15 |
| 9 | 22 | 130 | 50 | 21,2 | 3 |
| 10 | 30 | 130 | 40 | 22,7 | 0 |

**Варіант 2.** Дані про попит на масло наведені в таблиці:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Споживання на душу населення, кг | Ціна за 1 кг, грн. | Дохід на душу населення за рік, грн. | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 5,46 | 3,53 | 978 | 4,67 | 23 |
| 2 | 5,73 | 3,64 | 1 091 | 6,17 | 26 |
| 3 | 5,58 | 3,75 | 1 121 | 8,7 | 34 |
| 4 | 5,87 | 3,71 | 1 171 | 10,7 | 28 |
| 5 | 5,12 | 3,74 | 1 201 | 13,5 | 37 |
| 6 | 5,80 | 3,92 | 1 332 | 16,2 | 37 |
| 7 | 5,90 | 4,05 | 1 350 | 18,3 | 25 |
| 8 | 6,1 | 4,0 | 1 370 | 21,2 | 26 |
| 9 | 6,2 | 4,1 | 1 350 | 22,7 | 31 |
| 10 | 6,5 | 4,4 | 1 380 | 25,1 | 33 |

**Варіант 3** Дані про попит на молоко наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Споживання на душу населення, кг | Ціна за 1 кг, грн. | Дохід на душу населення, грн. | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 57,04 | 0,62 | 978 | 6,17 | 23 |
| 2 | 52,85 | 0,62 | 1091 | 8,7 | 26 |
| 3 | 53,60 | 0,63 | 1121 | 10,7 | 34 |
| 4 | 55,37 | 0,64 | 1171 | 13,5 | 28 |
| 5 | 55,33 | 0,65 | 1332 | 16,2 | 37 |
| 6 | 55,54 | 0,65 | 1332 | 18,3 | 37 |
| 7 | 56,01 | 0,65 | 1337 | 21,2 | 25 |
| 8 | 56,20 | 0,67 | 1335 | 22,7 | 26 |
| 9 | 56,30 | 0,68 | 1340 | 25,1 | 31 |
| 10 | 56,35 | 0,69 | 1345 | 26,1 | 33 |

**Варіант 4.** Дані про пропонування м'яса наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Виробництво на душу населення, кг | Ціна за 1 кг, грн. | Дохід на душу населення, грн. | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 15,06 | 16,20 | 1450,00 | 8,7 | 23 |
| 2 | 16,25 | 17,15 | 1475,00 | 10,7 | 26 |
| 3 | 16,75 | 17,77 | 1500,50 | 13,5 | 34 |
| 4 | 17,50 | 19,01 | 1510,75 | 16,2 | 28 |
| 5 | 18,10 | 19,50 | 1500,75 | 18,3 | 37 |
| 6 | 18,76 | 20,10 | 1527,30 | 21,2 | 37 |
| 7 | 19,42 | 20,90 | 1590,00 | 22,7 | 25 |
| 8 | 19,85 | 21,25 | 1620,00 | 25,1 | 26 |
| 9 | 20,0 | 22,22 | 1660,00 | 26,1 | 31 |
| 10 | 21,1 | 23,3 | 1610,00 | 27,5 | 33 |

**Варіант 5**. Дані про попит на масло наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Споживання на душу населення, кг | Ціна за 1 кг. грн. | Дохід на душу населення грн. | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції,. % |
| 1 | 6,37 | 2,81 | 750 | 10,7 | 23 |
| 2 | 6,49 | 2,87 | 834 | 13,5 | 26 |
| 3 | 6,11 | 2,93 | 836 | 16,2 | 34 |
| 4 | 6,95 | 2,71 | 862 | 18,3 | 28 |
| 5 | 6,27 | 2,91 | 892 | 21,2 | 37 |
| 6 | 7,01 | 2,99 | 934 | 22,7 | 37 |
| 7 | 7,03 | 3,00 | 934 | 25,1 | 25 |
| 8 | 7,15 | 3,01 | 936 | 26,1 | 26 |
| 9 | 7,20 | 3,4 | 940 | 27,5 | 31 |
| 10 | 7,30 | 3,5 | 930 | 29,9 | 33 |

**Варіант 6**. Дані про дохід підприємства наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Місяць | Місячний дохід, млн грн. | Число робітничих днів у місяці | Виробничі затрати, млн грн. | Інші затрати, тис. грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 3,40 | 20 | 2,64 | 13,5 | 3 |
| 2 | 2,70 | 18 | 2,54 | 16,2 | 6 |
| 3 | 3,30 | 21 | 2,71 | 18,3 | 4 |
| 4 | 3,37 | 22 | 2,82 | 21,2 | 8 |
| 5 | 3,41 | 19 | 2,84 | 22,7 | 7 |
| 6 | 3,52 | 22 | 2,73 | 25,1 | 7 |
| 7 | 3,12 | 22 | 2,85 | 26,1 | 5 |
| 8 | 3,01 | 22 | 2,70 | 27,5 | 6 |
| 9 | 3,45 | 22 | 2,95 | 29,9 | 1 |
| 10 | 3,47 | 20 | 2,96 | 32,1 | 3 |

**Варіант 7.** Дані про пропонування картоплі наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Виробництво на душу населення, кг | Ціна за 1 кг, грн. | Дохід на душу населення за рік, грн. | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 80 | 0,25 | 80,33 | 4,67 | 23 |
| 2 | 65 | 0,55 | 89,60 | 6,17 | 26 |
| 3 | 78 | 0,60 | 95,80 | 8,7 | 34 |
| 4 | 55 | 0,83 | 102,50 | 10,7 | 28 |
| 5 | 75 | 0,85 | 101,65 | 13,5 | 37 |
| 6 | 95 | 0,80 | 115,37 | 16,2 | 37 |
| 7 | 97 | 0,75 | 114,45 | 18,3 | 25 |
| 8 | 86 | 0,71 | 121,50 | 21,2 | 26 |
| 9 | 81 | 0,70 | 120,69 | 22,7 | 31 |
| 10 | 100 | 0,95 | 130,50 | 25,1 | 33 |

**Варіант 8**. Дані про попит на масло наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Споживання на душу населення, кг | | Ціна за  1 кг, рн. | | Дохід на душу населення за рік, грн. | | | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції, % | |
| 1 | 4,51 | | 6,51 | | 34,5 | | | 8,691 | 23 | |
| 2 | 5,02 | | 6,11 | | 38,0 | | | 10,5 | 26 | |
| 3 | 4,81 | | 7,15 | | 36,3 | | | 10,52 | 34 | |
| 4 | 4,34 | | 7,28 | | 34,7 | | | 11,68 | 28 | |
| 5 | 4,22 | | 7,96 | | 33,9 | | | 13,77 | 37 | |
| 6 | 4,19 | | 8,05 | | 31,2 | | | 13,7 | 37 | |
| 7 | 4,13 | | 8,15 | | 32,8 | | | 14,43 | 25 | |
| 8 | | 4,20 | | 8,20 | | 33,0 | 14,07 | | | 26 | |
| 9 | | 4,30 | | 8,40 | | 33,4 | 16,46 | | | 31 | |
| 10 | | 4,23 | | 8,23 | | 33,1 | 15,02 | | | 33 | |

**Варіант 9**, Дані про споживання м'яса наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Споживання на душу населення, кг | Ціна за 1 кг, грн, | Дохід на душу населення, грн. | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 18,8 | 6,51 | 1700 | 10,50 | 23 |
| 2 | 17,0 | 6,11 | 1750 | 10,52 | 26 |
| 3 | 16,5 | 7,15 | 2001 | 11,68 | 34 |
| 4 | 15,9 | 7,28 | 2127 | 13,77 | 28 |
| 5 | 14,7 | 7,96 | 2254 | 13,70 | 37 |
| 6 | 14,1 | 8,05 | 2200 | 14,43 | 37 |
| 7 | 14,0 | 8,15 | 2270 | 14,07 | 25 |
| 8 | 13,3 | 8,20 | 2280 | 16,46 | 26 |
| 9 | 13,1 | 8,40 | 2290 | 15,02 | 31 |
| 10 | 12,4 | 8,23 | 2300 | 15,27 | 33 |

**Варіант 10**. Дані про доходи підприємства наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Дохід, млн грн. | Виробничі площі, (м 2) | Виробничі затрати, млн грн. | Інші затрати, тис. грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 28,70 | 2500 | 20,75 | 18,75 | 23 |
| 2 | 34,20 | 2850 | 24,41 | 21,14 | 26 |
| 3 | 34,96 | 2850 | 24,32 | 23,37 | 34 |
| 4 | 35,20 | 3000 | 25,30 | 27,45 | 28 |
| 5 | 33,50 | 3000 | 27,85 | 27,13 | 37 |
| 6 | 37,62 | 3330 | 29,55 | 29,61 | 37 |
| 7 | 38,95 | 3500 | 29,88 | 32,52 | 25 |
| 8 | 40,00 | 3500 | 31,80 | 31,8 | 26 |
| 9 | 42,1 | 3600 | 32,60 | 35,18 | 31 |
| 10 | 43,3 | 3700 | 33,0 | 37,07 | 33 |

**Варіант 11**, Дані про витрати виробництва наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Витрати | Вироблено, шт. | Трудомісткість, люд/дні | Додатко  вий дохід, млн грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 200 | 20 | 1,5 | 21,14 | 23 |
| 2 | 452 | 35 | 2,5 | 23,37 | 26 |
| 3 | 780 | 25 | 4,2 | 27,45 | 34 |
| 4 | 1200 | 50 | 8,7 | 27,13 | 28 |
| 5 | 1265 | 52 | 10,4 | 29,61 | 37 |
| 6 | 1472 | 57 | 13,5 | 32,52 | 37 |
| 7 | 1705 | 62 | 15,8 | 31,8 | 25 |
| 8 | 2087 | 73 | 18,8 | 35,18 | 26 |
| 9 | 2250 | 90 | 25,0 | 37,07 | 31 |
| 10 | 2260 | 104 | 22,4 | 38,85 | 33 |

**Варіант 12**. Дані про пропонування молока наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Виробництво на душу населення , кг | Ціна за 1 кг, грн | Дохід на душу населення за рік, грн. | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 45,0 | 30,0 | 250 | 2,31 | 23 |
| 2 | 48,0 | 36,0 | 275 | 4,67 | 26 |
| 3 | 49,0 | 41,0 | 281 | 6,17 | 34 |
| 4 | 47,0 | 41,0 | 295 | 8,7 | 28 |
| 5 | 47,7 | 41,5 | 299 | 10,7 | 37 |
| 6 | 50,0 | 40,5 | 300 | 13,5 | 37 |
| 7 | 49,9 | 40,5 | 310 | 16,2 | 25 |
| 8 | 50,5 | 41,2 | 330 | 18,3 | 26 |
| 9 | 52,2 | 42,5 | 330 | 21,2 | 31 |
| 10 | 54,6 | 43,5 | 350 | 22,7 | 33 |

**Варіант 13**. Дані про попит на свинину наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Споживання на душу населення, кг | | Ціна на свинину за 1 кг, грн. | Ціна на яловичину за 1 кг, грн. | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 9,22 | | 3,68 | 2,44 | 7,56 | 23 |
| 2 | 10,00 | | 5,49 | 2,55 | 7,35 | 26 |
| 3 | 19,19 | | 4,87 | 2,56 | 9,47 | 34 |
| 4 | 19,25 | | 3,54 | 2,87 | 11,4 | 28 |
| 5 | 22,48 | | 3,96 | 2,87 | 4,7 | 37 |
| 6 | 23,48 | | 3,78 | 2,75 | 21,8 | 37 |
| 7 | | 23,85 | 3,85 | 3,00 | 12,6 | 25 |
| 8 | | 26,04 | 3,87 | 3,40 | 14,7 | 26 |
| 9 | | 27,3 | 3,90 | 3,60 | 22,5 | 31 |
| 10 | | 28,0 | 4,80 | 3,98 | 13,2 | 33 |

**Варіант 14**. Дані про попит на яловичину наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Споживання на душу населення, кг | Ціна на яловичину за 1 кг, грн. | Ціна на свинину за 1 кг, грн. | Ціна замінників за 1 кг, грн. | Рівень інфляції % |
| 1 | 24,5 | 3,80 | 7,55 | 2,31 | 23 |
| 2 | 23,6 | 5,60 | 7,91 | 4,67 | 26 |
| 3 | 26,8 | 4,20 | 8,60 | 6,17 | 34 |
| 4 | 37,5 | 4,00 | 8,00 | 8,7 | 28 |
| 5 | 40,8 | 4,50 | 8,75 | 10,7 | 37 |
| 6 | 41,5 | 4,70 | 8,92 | 13,5 | 37 |
| 7 | 41,7 | 4,75 | 9,16 | 16,2 | 25 |
| 8 | 42,0 | 5,00 | 9,28 | 18,3 | 26 |
| 9 | 42,5 | 5,21 | 9,56 | 21,2 | 31 |
| 10 | 42,4 | 5,22 | 9,77 | 22,7 | 33 |

**Варіант 15**. Дані про доходи підприємства наведені в таблиці

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Рік | Дохід, млн грн. | Виробничі площі, ( м2) | Виробничі затрати, млн грн. | Інші затрати, млн грн. | Рівень інфляції, % |
| 1 | 10,1 | 234 | 7,6 | 0,63 | 23 |
| 2 | 11,5 | 250 | 8,4 | 0,77 | 26 |
| 3 | 11,5 | 250 | 8,6 | 0,84 | 34 |
| 4 | 12,1 | 272 | 9,3 | 0,86 | 28 |
| 5 | 13,4 | 290 | 10,1 | 1,05 | 37 |
| 6 | 13,9 | 290 | 10,6 | 1,05 | 37 |
| 7 | 15,6 | 300 | 11,2 | 1,16 | 25 |
| 8 | 16,7 | 320 | 11,8 | 1,37 | 26 |
| 9 | 17,5 | 335 | 12,8 | 1,37 | 31 |
| 10 | 18,9 | 350 | 14,1 | 1,44 | 33 |

**Додаток Б** Таблиця випадкових чисел, рівномірно розподілених в інтервалі

## 00 – 99

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** |
| **1** | 52 | 06 | 50 | 88 | 53 | 30 | 10 | 47 | 99 | 37 | 66 | 91 | 35 | 32 | 00 | 84 | 57 | 07 |
| **2** | 37 | 63 | 28 | 02 | 74 | 35 | 24 | 03 | 29 | 60 | 74 | 85 | 90 | 73 | 59 | 55 | 17 | 60 |
| **3** | 82 | 57 | 68 | 28 | 05 | 94 | 03 | 11 | 27 | 79 | 90 | 87 | 92 | 41 | 09 | 25 | 36 | 77 |
| **4** | 69 | 02 | 36 | 49 | 71 | 99 | 32 | 10 | 75 | 21 | 95 | 90 | 94 | 38 | 97 | 71 | 72 | 49 |
| **5** | 98 | 94 | 90 | 36 | 06 | 78 | 23 | 67 | 89 | 85 | 29 | 21 | 25 | 73 | 69 | 34 | 85 | 76 |
| **6** | 96 | 52 | 62 | 87 | 49 | 56 | 59 | 23 | 78 | 71 | 72 | 90 | 57 | 01 | 98 | 57 | 31 | 95 |
| **7** | 33 | 69 | 27 | 21 | 11 | 60 | 95 | 89 | 68 | 48 | 17 | 89 | 34 | 09 | 93 | 50 | 44 | 51 |
| **8** | 50 | 33 | 60 | 95 | 13 | 44 | 34 | 62 | 64 | 39 | 55 | 29 | 30 | 64 | 49 | 44 | 30 | 16 |
| **9** | 88 | 32 | 18 | 50 | 62 | 57 | 34 | 56 | 62 | 31 | 15 | 40 | 90 | 34 | 51 | 95 | 26 | 14 |
| **10** | 90 | 30 | 36 | 24 | 69 | 82 | 51 | 74 | 30 | 35 | 36 | 85 | 01 | 55 | 92 | 64 | 09 | 85 |
| **11** | 50 | 48 | 61 | 18 | 85 | 23 | 08 | 54 | 17 | 12 | 80 | 69 | 24 | 84 | 92 | 16 | 49 | 59 |
| **12** | 27 | 88 | 21 | 62 | 69 | 64 | 48 | 31 | 12 | 73 | 02 | 68 | 00 | 16 | 16 | 46 | 13 | 85 |
| **13** | 45 | 14 | 46 | 32 | 13 | 49 | 66 | 62 | 74 | 41 | 86 | 98 | 92 | 98 | 84 | 54 | 33 | 40 |
| **14** | 81 | 02 | 01 | 78 | 82 | 74 | 97 | 37 | 45 | 31 | 94 | 99 | 42 | 49 | 27 | 64 | 89 | 42 |
| **15** | 66 | 83 | 14 | 74 | 27 | 76 | 03 | 33 | 11 | 97 | 59 | 81 | 72 | 00 | 64 | 61 | 13 | 52 |
| **16** | 74 | 05 | 81 | 82 | 93 | 09 | 96 | 33 | 52 | 78 | 13 | 06 | 28 | 30 | 94 | 23 | 37 | 39 |
| **17** | 30 | 34 | 87 | 01 | 74 | 11 | 46 | 82 | 59 | 94 | 25 | 34 | 32 | 23 | 17 | 01 | 58 | 73 |
| **18** | 59 | 55 | 72 | 33 | 62 | 13 | 74 | 68 | 22 | 44 | 42 | 09 | 32 | 46 | 71 | 79 | 45 | 89 |
| **19** | 67 | 09 | 80 | 98 | 99 | 25 | 77 | 50 | 03 | 32 | 36 | 63 | 65 | 75 | 94 | 19 | 95 | 88 |
| **20** | 60 | 77 | 46 | 63 | 71 | 69 | 44 | 22 | 03 | 85 | 14 | 48 | 69 | 13 | 30 | 50 | 33 | 24 |
| **21** | 60 | 08 | 19 | 29 | 36 | 72 | 30 | 27 | 50 | 64 | 85 | 72 | 75 | 29 | 87 | 05 | 75 | 01 |
| **22** | 80 | 45 | 86 | 99 | 02 | 34 | 87 | 08 | 86 | 84 | 49 | 76 | 24 | 08 | 01 | 86 | 29 | 11 |
| **23** | 53 | 84 | 49 | 63 | 26 | 65 | 72 | 84 | 85 | 63 | 26 | 02 | 75 | 26 | 92 | 62 | 40 | 67 |
| **24** | 69 | 84 | 12 | 94 | 51 | 36 | 17 | 02 | 15 | 29 | 16 | 52 | 56 | 43 | 26 | 22 | 08 | 62 |
| **25** | 37 | 77 | 13 | 10 | 02 | 18 | 31 | 19 | 32 | 85 | 31 | 94 | 81 | 43 | 31 | 58 | 33 | 51 |

зміст

[Вступ 3](#_Toc320519300)

[1 Робоча програма дисципліни « Моделі економічної динаміки » 4](#_Toc320519301)

[2 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ 6](#_Toc320519302)

[2.1 Порядок підготовки та захисту контрольної роботи 6](#_Toc320519303)

[2.2 Загальні вимоги до оформлення пояснювальної записки 6](#_Toc320519304)

2.3 [Структура контрольної роботи та загальні вимоги до її виконання 7](#_Toc320519305)

[2.4 Методика виконання завдання №1 8](#_Toc320519306)

2.5 Порядок виконання завдання № 1

[2.6 Методика виконання завдання №2 9](#_Toc320519307)

2.7 Порядок виконання завдання № 2 20

[2.8 Методика виконання завдання №3 9](#_Toc320519307)

2.9 Порядок виконання завдання № 3

[Рекомендована література 25](#_Toc320519308)

[Додаток А Варіанти вхідних даних до завдання 1 та 2](#_Toc320519310)

Додаток Б Таблиця випадкових чисел, рівномірно розподілених в інтервалі 00 – 99