



Національний університет

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра комп'ютерних наук

04-05-08

Методичні вказівки

до виконання лабораторних і самостійних робіт
з дисципліни

“Моделі економічної динаміки”

для студентів спеціальності

“Комп'ютерні науки та інформаційні технології”

спеціалізації “Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг”

Частина II

Рекомендовано

науково-методичною комісією

зі спеціальності

122 “Комп'ютерні науки

та інформаційні технології”

Протокол № 2 від 25.11.2016 р.

Рівне-2017



Методичні вказівки до виконання лабораторних і самостійних робіт з дисципліни “Моделі економічної динаміки” для студентів спеціальності “Комп’ютерні науки та інформаційні технології” спеціалізації “Комп’ютерний еколого-економічний моніторинг”. Частина II / О.М. Гладка, І.М. Карпович, Л.В. Зубик – Рівне: НУВГП, 2017. – 34 с.

Укладачі:

О.М. Гладка, канд. техн. наук, доцент кафедри комп’ютерних наук;

І.М. Карпович, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри комп’ютерних наук;

Л.В. Зубик, канд. пед. наук, ст. викл. кафедри комп’ютерних наук.

Відповідальний за випуск:

Ю.Й. Тулашвілі, доктор пед. наук, професор, завідувач кафедри комп’ютерних наук.



ЗМІСТ

Вступ	3
<i>Лабораторна робота 6. Дослідження динамічної економічної системи за допомогою моделі Харрода-Домара</i>	4
Порядок виконання лабораторної роботи	4
Завдання для самостійної роботи	4
<i>Лабораторна робота 7. Побудова фазових портретів і дослідження поведінки динамічних систем для двох змінних</i>	5
Основні відомості	5
Приклади побудови фазових портретів динамічних систем	6
Завдання для самостійної роботи	9
<i>Лабораторна робота 8. Дослідження динаміки системи та прогнозування її параметрів на основі моделі Солоу</i>	10
Структура лабораторної роботи	11
Порядок виконання лабораторної роботи	12
Завдання для самостійної роботи	16
ДОДАТОК 1.	17
ДОДАТОК 2.	18
ДОДАТОК 3.	19
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	34



Вступ

Навчальна дисципліна “Моделі економічної динаміки” вивчає методологічні та методичні підходи, що дозволяють конструювати, аналізувати і використовувати математичні моделі, які відображають розвиток процесів у сфері економіки та підприємництва.

Мета курсу – сформувати у студентів систему знань з методології, методики та інструментарію побудови математичних моделей динаміки розвитку економічних процесів, їх аналізу та використання. Вивчення дисципліни дозволить розширити та поглибити теоретичні знання про якісні властивості динамічних економічних систем, кількісні взаємозв’язки та закономірність економічного розвитку в часі; забезпечить оволодіння студентами методологією побудови економіко-математичних моделей для проведення активного системного аналізу соціально-економічних систем, явищ та процесів на макро- та мікроекономічному рівнях; ознайомить студентів з найбільш типовими моделями та забезпечить оволодіння навичками практичної роботи з ними.

В освоєнні навчальної програми з дисципліни “Моделі економічної динаміки” надзвичайно важливу роль відіграє активна робота студентів передусім на лабораторних заняттях, оскільки саме лабораторні завдання забезпечують розширення, поглиблення й деталізацію наукових знань, отриманих студентами на лекціях та в процесі самостійної роботи, і спрямовані на підвищення рівня засвоєння навчального матеріалу, розвиток наукового мислення та набуття практичних навичок роботи з обчислювальною технікою і методикою експериментальних досліджень у конкретній предметній галузі.



Дослідження динамічної економічної системи за допомогою моделі Харрода-Домара

Порядок виконання лабораторної роботи

Використовуючи модель економічного зростання Харрода-Домара $Y(t) = C(t) + \nu \frac{dY}{dt} + I(t)$, де $Y(t)$ – динаміка доходу, $C(t)$ – споживання, $I(t)$ – інвестиції, ν – коефіцієнт приростної капіталомісткості, дослідити динаміку $Y(t)$ та побудувати траєкторії розвитку системи.

1. Дослідити динаміку $Y(t)$, якщо споживання $C(t) = cY$ ($c = \text{const}$), а інвестиції $I(t) = I_0 = \text{const}$.

2. Знайти максимально можливий темп приросту доходу для економіки, в якій коефіцієнт приростної капіталомісткості $\nu = 4$. Обчислити через скільки років у цій економіці подвоїться дохід.

3. Нехай у моделі Харрода-Домара відсутнє споживання, коефіцієнт приростної капіталомісткості залежить від часу: $\nu(t) = \nu(0)e^{\lambda t}$, $\nu(0)$ – коефіцієнт у початковий момент часу, $\lambda > 0$. Визначити межу (границю) доходу.

4. В моделі Харрода-Домара споживання зростає з темпом, що дорівнює технологічному темпу приросту ($1/\nu$), норма

споживання $\frac{C}{Y} = 0.8$, коефіцієнт приростної капіталомісткості

$\nu = 4$. Визначити:

- 1) проміжок часу, протягом якого дохід буде зростати;
- 2) момент часу, коли дохід впаде до нуля;
- 3) максимальне значення доходу, якщо споживання в початковий момент часу $C(0) = 400$.

Завдання для самостійної роботи

Розробити алгоритм та програмне застосування, що реалізує обчислення і побудову траєкторій динаміки доходу за моделлю Харрода-Домара.



Побудова фазових портретів і дослідження поведінки динамічних систем для двох змінних

Основні відомості

Алгоритм побудови фазового портрета динамічної системи

Дано динамічну систему для двох змінних:
$$\begin{cases} x' = ax + by \\ y' = cx + dy \end{cases}$$

1. Визначити положення рівноваги, розв'язавши систему
$$\begin{cases} ax + by = 0 \\ cx + dy = 0 \end{cases}$$
2. Знайти власні значення матриці системи з рівняння
$$\lambda^2 - \delta\lambda + \Delta = 0$$
3. Визначити тип точки рівноваги і зробити висновок про її стійкість.
4. Знайти рівняння головних ізоклін і побудувати їх на фазовій площині.
5. Якщо положення рівноваги є сідлом або вузлом, то знайти ті фазові траєкторії, які лежать на прямих, що проходять через точку рівноваги.
6. Побудувати фазові траєкторії.
7. Визначити напрямок руху по фазових траєкторіях, помітивши його стрілками на фазовому портреті.

Головні ізокліни

Вертикальна ізокліна – сукупність точок фазової площини, у яких дотична до фазової траєкторії паралельна вертикальній осі. Оскільки в цих точках $x'(t) = 0$, то рівняння вертикальної ізокліни має вигляд $ax + by = 0$.

Горизонтальна ізокліна – сукупність точок фазової площини, у яких дотична до фазової траєкторії паралельна горизонтальній осі. Оскільки в цих точках $y'(t) = 0$, то рівняння горизонтальної ізокліни має вигляд $cx + dy = 0$.

Точка рівноваги на фазовій площині – це точка перетину головних ізоклін.



Особливості фазових траєкторій

Якщо положення рівноваги є сідлом або вузлом, то існують фазові траєкторії, які лежать на прямих, що проходять через початок координат. Рівняння таких прямих можна відшукати у вигляді $y = kx$. Якщо підставити цей вираз у $\frac{dy}{dx} = \frac{cx + dy}{ax + by}$, то для

визначення k отримаємо: $k = \frac{c + dk}{a + bk}$ або $bk^2 + (a - d)k - c = 0$.

Якщо $k_1 \neq k_2$ і тип точки рівноваги – сідло, то прямі $y = k_1x$, $y = k_2x$ – називаються сепаратрисами, а інші фазові траєкторії – гіперболи, для яких сепаратриси є асимптотами.

Якщо $k_1 = k_2 = k$ і тип точки рівноваги – вузол, то фазові траєкторії – прямі $y = k_1x$, $y = k_2x$, а інші фазові траєкторії – параболи, які дотикаються в початку координат до однієї з них.

Якщо $k_1 = k_2 = k$ і тип точки рівноваги – вироджений вузол, то фазова траєкторія – пряма $y = kx$, а інші фазові траєкторії – параболи, які дотикаються в початку координат до неї.

Якщо положення рівноваги – центр, то фазові траєкторії є еліпсами.

Якщо положення рівноваги – фокус, то фазові траєкторії є спіралями.

Приклади побудови фазових портретів динамічних систем

1. Побудувати фазовий портрет системи $\begin{cases} x' = -2x - 2y \\ y' = -x + 2y \end{cases}$.

1.1. Знайдемо точки рівноваги системи $\begin{cases} -2x - 2y = 0 \\ -x + 2y = 0 \end{cases}$.

Система лінійна, отже, особлива точка одна. Її координати $(0, 0)$.

1.2. Знайдемо власні значення матриці $\begin{pmatrix} -2 & -2 \\ -1 & 2 \end{pmatrix}$.

Детермінант $\Delta = -4 - 2 = -6$, слід $\delta = -2 + 2 = 0$. Характеристичне рівняння $\lambda^2 - 6 = 0$. Звідси $\lambda_1 = \sqrt{6}$, $\lambda_2 = -\sqrt{6}$.



1.3. Визначимо тип точки рівноваги: корені характеристичного рівняння дійсні і різних знаків, отже, маємо тип точки “сідло”.

1.4. Знайдемо рівняння головних ізоклін:

– вертикальна (зміна x не відбувається, тобто $x' = 0$):
 $x + y = 0$ або $y = -x$;

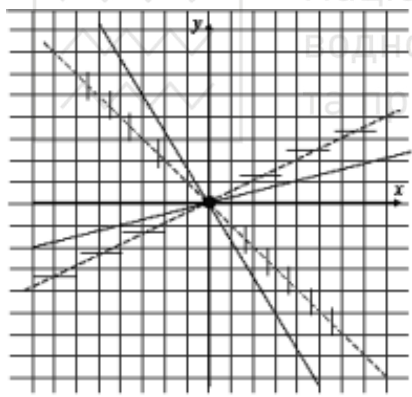
– горизонтальна (зміна y не відбувається, тобто $y' = 0$):
 $-x + 2y = 0$ або $y = \frac{x}{2}$.

1.5. Знайдемо ті фазові траєкторії, які лежать на прямих, що проходять через точку рівноваги (сепаратиси сідла). Шукаємо їх у

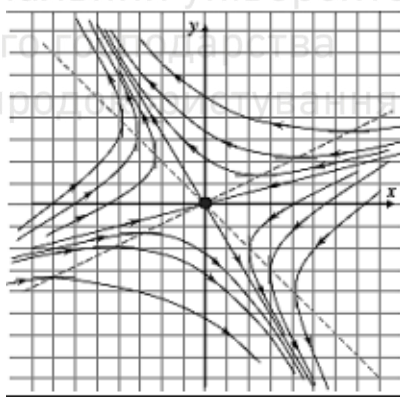
вигляді $y = kx$: $k = \frac{-1+2k}{-2+2k}$, $-2k^2 - 4k + 1 = 0$, $k_{1,2} = \frac{-2 \pm \sqrt{6}}{2}$,

$k_1 = 0.22$, $k_2 = -2.22$. Отже, $y_1 = 0.22x$, $y_2 = -2.22x$.

Будуємо головні ізокліни та фазові траєкторії (рис. 1, а).



а)



б)

Рис. 1. Головні ізокліни та фазові траєкторії (а); фазовий портрет системи (б)

1.6. Визначимо напрямок руху вздовж фазових траєкторій. Для цього визначимо знак похідної y' в точках на осі x . При $y = 0$ маємо $y'|_{y=0} = -x < 0$ при $x > 0$. Це означає, що рух вздовж фазових траєкторій, які перетинають додатну частину осі x , відбувається згори вниз (рис. 1, б).



2. Побудувати фазовий портрет системи $\begin{cases} x' = -4x + 2y \\ y' = x + 3y \end{cases}$.

2.1. Знайдемо точки рівноваги системи $\begin{cases} -4x + 2y = 0 \\ x + 3y = 0 \end{cases}$.

Координати особливої точки $(0, 0)$.

2.2. Знайдемо власні значення матриці системи. Характеристичне рівняння має вигляд: $\lambda^2 - 7\lambda + 10 = 0$. Звідси $\lambda_1 = 2$, $\lambda_2 = 5$.

2.3. Визначимо тип точки рівноваги: корені характеристичного рівняння дійсні і додатні, тому маємо “нестійкий вузол”.

2.4. Знайдемо рівняння головних ізоклін:

– вертикальна ($x' = 0$): $y = -2x$;

– горизонтальна ($y' = 0$): $y = -x/3$.

2.5. Знайдемо ті фазові траєкторії, які лежать на прямих, що проходять через точку рівноваги: $y_1 = -2x$, $y_2 = -x$.

Але для випадку вузла тільки одна із знайдених прямих буде належати до фазового портрета. Це та з них, що відповідає меншому із власних значень (тобто, $\lambda_1 = 2$). Встановити, яка саме, можна розв'язавши матричне рівняння

$$(A - \lambda E)X = 0: \left[\begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 1 & 3 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = 0. \text{ Отже, фазовою є}$$

пряма $y_2 = -x$.

2.6. Напрямок руху вздовж фазових траєкторій однозначно визначається нестійкістю точок рівноваги (рис. 2).

3. Побудувати фазовий портрет системи $\begin{cases} x' = -x - 4y \\ y' = 4x - 2y \end{cases}$.

3.1. Знайдемо точки рівноваги системи $\begin{cases} -x - 4y = 0 \\ 4x - 2y = 0 \end{cases}$.

Координати особливої точки $(0, 0)$.



3.2. Знайдемо власні значення матриці системи.

Характеристичне рівняння має вигляд: $\lambda^2 - 3\lambda + 18 = 0$. Маємо два комплексно-спряжені корені, дійсна частина яких дорівнює -3.

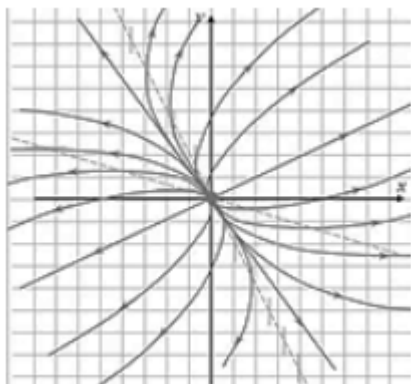


Рис. 2. Фазовий портрет системи 2

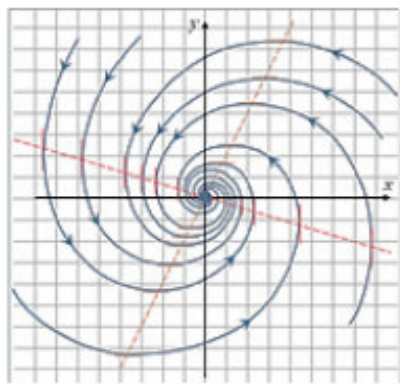


Рис. 3. Фазовий портрет системи 3

3.3. Визначимо тип точки рівноваги: корені характеристичного рівняння комплексні з від'ємною дійсною частиною, тому маємо тип – “стійкий фокус”.

3.4. Знайдемо рівняння головних ізоклін:

– вертикальна ($x' = 0$): $y = -x/4$;

– горизонтальна ($y' = 0$): $y = 2x$.

3.5. Оскільки тип особливої точки – фокус, то фазові траєкторії є спіралями.

3.6. Визначимо напрямок “закручування” спіралі – за годинниковою стрілкою чи проти. Для цього визначимо знак похідної y' в точках осі x . При $y = 0$ маємо $y'|_{y=0} = 4x > 0$ при $x > 0$. Отже, ордината точки, що перетинає додатну вісь x , зростає. Це означає, що рух вздовж фазових траєкторій, які перетинають додатну частину осі x , відбувається знизу вгору, тобто рух по спіралі йде проти годинникової стрілки (рис. 3).

Завдання для самостійної роботи

Розробити програмне застосування, що реалізує алгоритм побудови фазового портрета динамічної системи для двох змінних.



Дослідження динаміки системи та прогнозування її параметрів на основі моделі Солоу

Мета і задачі лабораторної роботи. Основною метою лабораторної роботи є закріплення студентами теоретичного матеріалу, пов'язаного з дослідженням та аналізом динаміки господарської системи; оволодіння методикою побудови моделей динаміки системи на основі виробничої функції та формування прогнозів показників діяльності системи на основі моделі Солоу.

Як індивідуальне завдання студенти отримують вхідні дані для проведення самостійного дослідження, наведені в Додатку 3. У завдання входять реальні статистичні дані про роботу великої господарської системи за тривалий проміжок часу. Студент повинен проаналізувати роботу господарської системи й побудувати прогнози динаміки основних показників її діяльності. Для розв'язування цих задач йому потрібно:

- виявити тенденції й особливості динаміки господарської системи;
- обчислити необхідні параметри і сформуванати виробничу функцію системи;
- розрахувати характеристики виробничої функції;
- провести моделювання динаміки системи на основі виробничої функції;
- сформуванати прогнози показників діяльності системи на основі моделі Солоу;
- розглянути “золоте правило накопичення” моделі Солоу.

Методи та засоби дослідження. При дослідженні економічної системи застосовуються методи аналізу часових рядів, методи побудови й аналізу виробничих функцій господарської системи, методи моделювання динаміки системи. Розрахунковим засобом може бути MS Excel.

Вхідні дані подані у вигляді чотирьох часових рядів, що містять реальні річні значення показників великої господарської системи, а саме: валовий продукт у поточних цінах, валовий продукт у фіксованих цінах; капітал у фіксованих цінах і чисельність працюючих.



У Додатку 3 наведені динамічні ряди основних макроекономічних показників за 26-річний період розвитку (1960-1985 рр.) провідних промислово розвинутих країн світу. Подані вхідні статистичні матеріали розраховані за методологією Системи національних рахунків (СНР) ООН. Дані наведені в агрегованій стандартній галузевій класифікації видів економічної діяльності (ISIC).

Структура лабораторної роботи

1. Введення вхідних даних.
2. Побудова похідних часових рядів. За чотирма вхідними рядами потрібно отримати ще п'ять похідних часових рядів: з показниками фондоозброєності, фондовіддачі, продуктивності праці, з базовими і ланцюговими показниками зміни рівня цін. Надалі в аналізі беруть участь усі дев'ять рядів.
3. Отримання рядів абсолютних і відносних приростів. Ці ряди дозволяють уточнити надалі тип тренда і використовуються безпосередньо для аналізу діяльності господарської системи.
4. Згладжування рядів методом ковзного середнього при різних варіантах параметрів згладжування. Аналізуються розбіжності між рядами і результатами їхнього згладжування.
5. Апроксимація рядів методом експоненціального згладжування при різних варіантах параметрів згладжування. Аналізуються розбіжності між рядами і результатами їхнього експоненціального згладжування. На основі цього методу формуються короткострокові прогнози за кожним з рядів.
6. Нормування трендів. На основі проведеного аналізу для кожного з дев'яти рядів вибираються лінії тренду. Визначаються параметри трендів, аналізуються розбіжності між рядами й виявленими трендами. Будуються трендові прогнози, визначаються довірчі границі прогнозів.
7. Формування виробничої функції. На основі часових рядів динаміки валового продукту, витрат капіталу і трудових ресурсів проводиться розрахунок параметрів виробничої функції без і з урахуванням технічного прогресу. Проводиться оцінка основних характеристик виробничої функції: ефективності праці й капіталу, граничної норми заміщення. За допомогою побудованої виробничої функції формуються прогнози за основними показниками діяльності господарської системи.



8. Побудова і дослідження моделі динаміки. Використовуючи параметри виробничої функції, будується модель економічної динаміки Солоу. На основі отриманої комп'ютерної моделі проводяться розрахунки для різних варіантів політики норми накопичення.

Порядок виконання лабораторної роботи

1. *Введення вхідних даних і одержання похідних рядів.* Потрібно ввести в таблицю часові ряди, що відповідають вхідним даним свого завдання. Таблиця повинна містити загальний заголовок із назвою країни й галузі, що досліджуються. У лівому стовпці вказуються періоди (роки). У наступному стовпці вводяться вхідні дані. Ярлик аркушу книги Excel назвати Дані.

За даними чотирьох введених рядів необхідно побудувати п'ять нових часових рядів, що визначають показники фондоозброєності, фондовіддачі, продуктивності праці й базові та ланцюгові показники зміни рівня цін у розглянутій господарській системі. Відповідні п'ять стовпців треба розмістити праворуч від таблиці вхідних даних.

За всіма отриманими рядами даних побудувати графіки. Графіки розташувати на тому ж аркуші, оформити необхідними заголовками та легендами і відформатувати.

2. *Побудова рядів приростів.* Для кожного з дев'яти рядів розрахувати ряди абсолютних і відносних приростів. Ці ряди навести на двох аркушах: Абс. прирости і Відн. прирости. На цих же аркушах побудувати і відформатувати діаграми з рядами приростів. Ряди приростів використовуються надалі для безпосереднього аналізу показників динаміки господарської системи й для вибору типу тренда.

3. *Згладжування рядів методом ковзного середнього.* Розрахунки і діаграми будуються на окремому аркуші Ковзн. середнє.

При згладжуванні можна використовувати функцію Excel СРЗНАЧ. Згладжування дозволяє виявити основний характер ряду, визначити основні закономірності динаміки показників господарської системи.

Базою згладжування може бути обране непарне число. Чим більшою є база, тим, у загальному випадку, сильнішим буде ефект



згладжування. Студентові потрібно самому вибрати базу, найбільш прийнятну для подальшого аналізу. Для цього необхідно переглянути результати при різних базах згладжування і вибрати таку величину бази, що зберігає характерні риси динамічного ряду, але дозволяє абстрагуватися від випадкової складової ряду. Можливо, різні ряди потребуватимуть різної величини бази. В загальному випадку рекомендується база згладжування, що дорівнює 3 і 7.

Крім згладженого ряду, корисно розрахувати ряди залишків-розбіжностей між вхідним і згладженим рядом. Ряд залишків дозволяє оцінити якість проведеного згладжування.

В одному вікні діаграми слід відобразити графік за даними вхідного ряду разом з результатами його згладжування при різних базах.

4. *Апроксимація рядів методом експоненціального згладжування.* Розрахунки й діаграми будуються на окремому аркуші Експ. згладжування.

Параметр згладжування може бути обраний у проміжку від 0 до 1. Чим ближчою є величина параметра згладжування до 0, тим сильнішим буде ефект згладжування. Величини, що рекомендуються, зазвичай, лежать у проміжку від 0,1 до 0,3.

В одному вікні діаграми потрібно відображати графік вхідного ряду разом з результатами його експоненціального згладжування при двох значеннях параметра.

Апроксимацію методом експоненціального згладжування варто провести для кожного з дев'яти рядів. Така обробка ряду дає можливість виявити тенденції у формі, придатній для побудови короткострокового прогнозу.

5. *Формування трендів.* Розрахунки й діаграми будуються на окремому аркуші *Прогнози*.

Для кожного з дев'яти рядів проводиться аналіз тенденцій і побудова прогнозу шляхом виявлення аналітичного тренду. Для кожного ряду потрібно вивести чотири варіанти лінії тренду (лінійну, степеневу, логарифмічну, експоненціальну) з рівнянням і коефіцієнтом детермінації (коефіцієнтом апроксимації) R^2 . Вибрати найбільш прийнятний тип тренду і за його рівнянням розрахувати прогноз на 5 періодів вперед. Результати вивести на діаграму з вихідним рядом так, щоб лінія вхідних даних і лінія прогнозу



відрізнялися за кольором. Таким чином, на аркуші повинні бути побудовані 9 діаграм із прогнозами.

6. *Формування виробничої функції.* Розрахунки виробничої функції (ВФ) проводяться на окремому аркуші з назвою ВФ.

Виробнича функція визначає залежність випуску продукції від витрат виробничих чинників – трудових і капітальних ресурсів. У лабораторній роботі визначаються параметри степеневої ВФ, тобто функції типу Кобба-Дугласа. Такий розрахунок проводиться на основі визначення параметрів регресії залежної змінної – Валовий продукт у фіксованих цінах – на дві незалежні змінні Чисельності працюючих і Капітал у фіксованих цінах.

Виробнича функція Кобба-Дугласа має вигляд:

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta}$$

Для визначення її параметрів A , α , β застосовуються регресійні методи.

Разом з формуванням звичайної виробничої функції на цій же сторінці слід визначити параметри виробничої функції з урахуванням впливу технічного прогресу. Технічний прогрес враховується в моделі в автономній формі у вигляді множника вигляду e^{γ} . Таким чином, виробнича функція Кобба-Дугласа з урахуванням технічного прогресу має вигляд:

$$Y = A \cdot K^{\alpha} \cdot L^{\beta} \cdot e^{\gamma}$$

Для того, щоб провести необхідні розрахунки, варто сформувати нову змінну, відповідну до часу t . Потім звернутися до процедури Регресія і провести обчислення, що охоплюють новий натуральний ряд як одну з незалежних змінних. В результаті буде отримана виробнича функція Кобба-Дугласа з урахуванням технічного прогресу. Її параметри відрізняються від параметрів ВФ, отриманих без урахування технічного прогресу.

Виходячи з конкретних значень параметрів для двох варіантів ВФ, варто обчислити два варіанти прогнозу ВВП у цінах конкретного року на 5 періодів вперед. Такий розрахунок необхідно провести на аркуші Прогнози. Як дані чинників (Капітал і Праця) для майбутніх періодів варто використати їх трендові прогнозні значення.

Результати вивести на ту діаграму, де вже є раніше побудований прогноз ВВП у фіксованих цінах. Таким чином, у даному вікні діаграми ряд, що містить вхідні дані, буде



продовжений трьома варіантами прогнозу: відповідно до тренду і до двох варіантів виробничої функції.

7. *Побудова і дослідження моделі динаміки.* На основі параметрів виробничої функції будується модель економічної динаміки. За основу взята модель Солоу, що зв'язує динаміку національного продукту, праці й капіталу через виробничу функцію. У комп'ютерному варіанті можна провести моделювання при численних припущеннях для неоднорідної виробничої функції з урахуванням технічного прогресу і з різними варіантами економічної політики. Побудова моделі й подальше експериментування з нею варто провести на окремому аркуші з назвою Модель.

Зразок для одного з варіантів з лінійною зміною норми накопичення наведений у додатку 1. У додатку 2 подані графіки динаміки основних показників, отримані за результатами проведених табличних розрахунків.

Інший варіант, який потрібно розглянути, – модель з експоненціальною політикою зміни норми накопичення. Необхідно виявити основні розбіжності між моделями з лінійною та експоненціальною політиками норми накопичення.

Для реалізації моделі варто організувати на аркуші блок комірок із вхідними даними для моделі. Далі необхідно побудувати таблицю, рядки якої відповідають часу (наприклад, 12 років прогнозу динаміки) і прогнозованим обсягам виробництва, фонду нагромадження, фонду споживання, капіталу, праці, нормі нагромадження і нормі споживання. Комірки таблиці варто зв'язати одну з одною і з комірками вхідних даних відповідно до моделі.

Для моделі без технічного прогресу можна використати ту ж таблицю, поклавши в ній величину темпу прогресу рівною 0. При цьому, звичайно, потрібно ввести чисельні значення параметрів виробничої функції, розраховані без урахування технічного прогресу.

Побудувати графіки:

- за першими п'ятьма рядками таблиці, що відображають змінні моделі;
- за останніми чотирма рядками таблиці, що охоплюють найважливіші додаткові характеристики динаміки.



За отриманою комп'ютерною моделлю необхідно провести розрахунки для різних варіантів політики норми накопичення, що реалізують певні завдання щодо останнього періоду моделювання:

- максимізацію випуску продукції;
- максимізацію продуктивності праці;
- максимізацію віддачі капіталу;
- максимізацію середньодушового споживання.

Наступний етап – розгляд “золотого правила накопичення” моделі Солоу, за яким можна максимізувати середньодушове споживання.

Для цього потрібно розмістити на новій сторінці з назвою Норма накоп. дві таблиці, які відображають модель Солоу з урахуванням технічного прогресу. Горизонт прогнозу моделей встановити 25 років. З огляду на те, що розглядатиметься стаціонарний режим політики норми накопичення, то величина зміни норми накопичення кожного року h дорівнює 0.

Для першої моделі розрахувати за допомогою Пошуку розв'язку Excel норму накопичення, величина якої максимізує середньодушове споживання в третьому прогнозному періоді. Знайдене значення використовувати у всіх періодах прогнозу. Для другої моделі розрахувати норму накопичення, величина якої максимізує середньодушове споживання в 25-му прогнозному періоді. Потрібно впевнитися, що найбільше середньодушове споживання в довготермінових періодах досягається тоді, коли норма накопичення дорівнює еластичності випуску за фондами (для деяких варіантів потрібно взяти більший період).

В одному вікні діаграми побудувати графіки динаміки середньодушового споживання в обох випадках. Перевірити той факт, що виграш у поточному споживанні перетворюється на програш у найближчій перспективі.

Завдання для самостійної роботи

Розробити алгоритм та програмне застосування, що реалізує побудову моделі динаміки господарської системи на основі виробничої функції і дослідження системи та прогнозування її параметрів на основі моделі Солоу.

Додаток 1

Узагальнена модель Солоу з лінійною нормою накопичення

Узагальнена модель Солоу				Вихідні дані моделі								Лінійна політика норми накопичення $s_t = s_0 + ht$	
$Y_t = AK^\alpha L^{1-\alpha} e^{at}$	$\Delta K_t = S_t - \mu K_t$	$S_t = s_t \cdot Y_t$	Параметри виробничої функції Кобба-Дугласа	Темпи				Початкові обсяги					
$Y_t = C_t + S_t$	$\Delta L_t = g \cdot L_t$	$s_t = s_0 + ht$		Масштабний множник	Еластичність по капіталу	Еластичність по праці	Темп прогресу	Амортизація капіталу	Трудові ресурси			Капітал	Праця
K_0, S_0 – початкові дані			10,24	0,44	0,58	0,03	0,2	-0,0125	66,00	1,70	0,20	0,02	
Динаміка основних показників моделі													
Показники	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	
Виробництво, Y_t	88,02	92,63	98,40	105,30	113,32	122,46	132,71	144,09	156,59	170,25	185,08	201,10	
Фонд накопичення, S_t	17,60	20,38	23,62	27,38	31,73	36,74	42,47	48,99	56,37	64,69	74,03	84,46	
Фонд споживання, C_t	70,41	72,25	74,78	77,92	81,59	85,72	90,25	95,10	100,22	105,55	111,05	116,64	
Капітал, K_t	66,00	70,40	76,70	84,98	95,36	108,02	123,15	140,99	161,78	185,80	213,33	244,70	
Праця, L_t	1,70	1,68	1,66	1,64	1,62	1,60	1,58	1,56	1,54	1,52	1,50	1,48	
Норма накопичення, s_t	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	
Норма споживання, c_t	0,80	0,78	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,58	
Фондозброєність праці, K/L	38,82	41,94	46,27	51,91	58,99	67,67	78,12	90,57	105,24	122,40	142,31	165,30	
Продуктивність праці, Y/L	51,77	55,18	59,36	64,32	70,10	76,71	84,19	92,56	101,87	112,15	123,46	135,85	
Віддача капіталу, Y/K	1,33	1,32	1,28	1,24	1,19	1,13	1,08	1,02	0,97	0,92	0,87	0,82	
Середньодушове споживання, C/L	41,42	43,04	45,11	47,60	50,47	53,70	57,25	61,09	65,19	69,53	74,08	78,79	

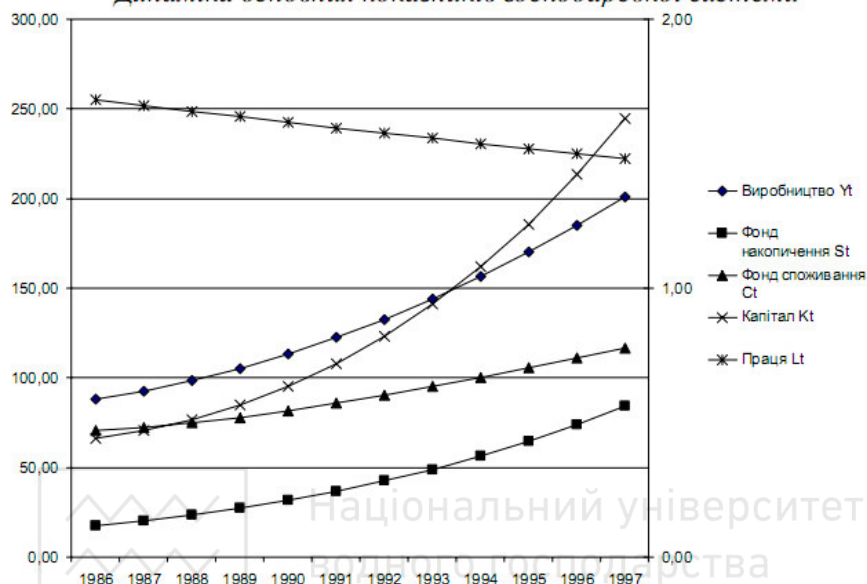




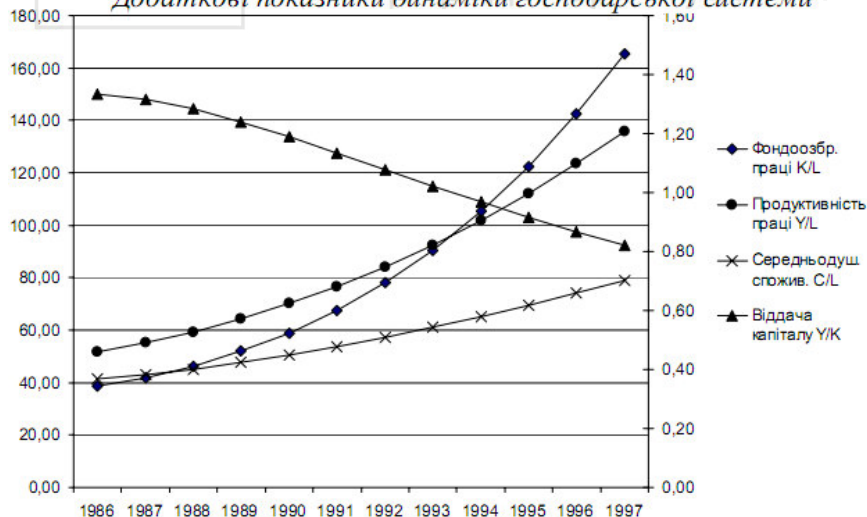
Національний університет
водного господарства
та природокористування

Додаток 2

Динаміка основних показників господарської системи



Додаткові показники динаміки господарської системи





Додаток 3

Статистичні дані економічної діяльності країни (США)

Роки	Сільське господарство				Промисловість			
	ВВП, млрд. дол.	Капітал – 1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. дол.	ВВП, млрд. дол.	Капітал – 1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. дол.
1960	20,3	137,5	5552	61,2	170,2	597,4	19499	405,4
1961	20,4	138,6	5289	61,2	171,0	613,0	18964	406,6
1962	20,8	140,9	5029	61,2	185,4	620,7	19497	436,2
1963	20,8	143,9	4810	61,9	195,3	647,4	19636	467,3
1964	19,8	147,0	4626	59,2	209,0	669,3	19941	480,4
1965	22,5	150,4	4470	61,6	227,4	697,7	20790	517,7
1966	23,6	154,4	4095	58,8	248,9	731,3	22022	554,8
1967	22,9	158,9	3930	60,9	255,8	764,1	22279	559,1
1968	23,5	162,8	3902	59,9	278,5	798,5	22436	588,1
1969	26,3	166,9	3692	61,5	294,0	828,3	22884	610,2
1970	27,2	171,2	3561	64,5	292,6	855,7	22388	591,0
1971	28,9	176,8	3504	67,5	311,1	882,6	21261	599,1
1972	33,4	181,3	3598	66,9	342,5	910,2	21728	645,4
1973	33,8	187,8	3572	68,5	384,5	942,3	22923	712,1
1974	52,3	195,7	3613	67,3	412,7	980,1	22920	686,2
1975	53,0	200,6	3505	70,0	444,4	1010,0	21422	645,0
1976	51,8	207,8	3453	67,4	506,2	1038,3	22326	689,9
1977	54,3	216,2	3425	66,9	572,4	1071,7	23017	730,4
1978	65,1	223,9	3549	97,7	637,7	1112,1	23969	768,2
1979	77,2	232,6	3509	71,8	698,4	1150,6	24712	783,7
1980	70,3	237,7	3529	70,3	763,0	1192,9	24326	763,0
1981	83,7	239,6	3519	82,4	874,8	1236,3	24361	793,3
1982	81,4	242,0	3571	83,4	866,4	1273,9	22742	746,7
1983	66,4	242,0	3541	68,5	912,6	1300,7	22331	786,9
1984	86,2	242,0	3469	79,7	1013,0	1331,0	23451	862,6
1985	84,7	242,3	3338	88,2	1049,0	1366,2	23304	892,5



Роки	Добувна промисловість				Оброблювальна промисловість			
	ВВП, млрд. дол.	Капітал-1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. дол.	ВВП, млрд. дол.	Капітал-1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. дол.
1960	12,6	75,1	636	75,2	144,7	310,3	17286	297,9
1961	12,8	77,7	600	75,7	144,6	316,2	17329	296,7
1962	12,8	80,3	580	78,0	158,3	323,4	17889	322,6
1963	13,1	82,5	567	81,5	167,2	331,2	18041	348,4
1964	13,5	85,2	566	79,5	179,6	342,8	18339	362,4
1965	13,5	87,8	564	82,6	197,3	359,4	19177	394,7
1966	14,2	90,1	560	86,6	217,0	380,6	20401	425,2
1967	14,7	91,5	548	89,4	222,5	399,5	20650	424,4
1968	15,4	92,7	522	92,5	243,1	416,2	20807	446,0
1969	16,2	93,9	520	95,8	256,2	433,4	21207	461,4
1970	17,6	94,0	511	99,6	252,1	447,7	20700	436,8
1971	17,5	94,6	588	96,8	267,4	460,0	19584	444,0
1972	19,1	95,0	605	99,9	294,4	472,4	19943	485,5
1973	23,5	96,3	642	105,6	328,6	487,2	21054	546,2
1974	37,2	97,5	671	103,4	341,2	507,7	21026	520,8
1975	41,5	99,8	752	99,6	360,2	522,8	19457	480,5
1976	46,3	102,6	794	98,9	412,3	537,6	20261	526,9
1977	50,5	106,9	842	100,3	468,6	554,1	20889	565,5
1978	56,8	111,9	859	102,3	522,8	576,4	21784	599,8
1979	73,1	117,6	900	103,6	566,6	597,6	22458	613,2
1980	107,9	124,9	979	107,9	586,4	620,0	21942	586,4
1981	144,4	134,4	1118	112,6	649,6	642,5	21817	605,9
1982	132,9	142,3	1028	105,6	641,0	657,5	20286	566,4
1983	119,1	149,0	921	101,5	689,5	670,0	19946	607,4
1984	125,9	156,0	957	107,9	773,9	685,0	20995	672,7
1985	123,6	160,0	939	106,1	803,4	703,5	20879	700,0



Роки	Енергетика, газ, вода				Будівництво			
	ВВП, млрд. дол.	Капітал - 1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. дол.	ВВП, млрд. дол.	Капітал - 1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. дол.
1960	12,9	212,0	1037	32,3	22,9	20,9	4004	116,7
1961	13,6	219,1	1035	34,2	23,6	20,7	3908	117,8
1962	14,3	226,0	1028	35,6	25,2	20,9	4028	122,0
1963	15,0	233,7	1028	37,4	26,9	21,5	4117	126,0
1964	15,9	241,3	1036	38,5	29,3	22,9	4238	138,0
1965	16,6	250,5	1049	40,4	32,3	23,8	4427	144,0
1966	17,7	261,6	1061	43,0	35,4	25,1	4609	144,5
1967	18,6	273,1	1081	45,3	37,0	26,1	4513	141,4
1968	20,1	289,6	1107	49,6	40,5	27,3	4604	150,7
1969	21,6	301,0	1157	53,0	45,6	28,3	4803	148,1
1970	22,9	314,0	1177	54,6	47,8	30,3	4801	142,0
1971	26,2	328,0	1129	58,3	54,1	31,5	4985	153,8
1972	29,0	342,8	1180	60,0	59,9	32,7	5279	157,6
1973	32,4	358,8	1227	60,3	71,0	35,1	5562	146,4
1974	34,3	374,9	1223	62,0	75,3	37,5	5517	139,7
1975	42,7	387,4	1213	64,9	77,3	38,6	5093	128,7
1976	47,6	398,1	1271	64,1	86,9	39,5	5255	135,9
1977	53,3	410,7	1286	64,6	98,7	40,6	5612	141,9
1978	58,1	423,8	1326	66,1	116,6	42,8	6166	151,9
1979	58,7	435,4	1354	66,9	132,7	44,7	6437	149,4
1980	68,7	448,0	1405	68,7	139,4	45,5	6215	139,4
1981	80,8	459,4	1426	74,8	140,3	46,5	6060	129,0
1982	92,5	474,1	1428	74,7	143,0	44,7	5756	123,0
1983	104,0	481,7	1464	78,0	151,3	42,9	6149	129,7
1984	113,2	490,0	1499	82,0	173,0	42,0	6665	140,6
1985	122,0	502,7	1486	86,4	184,3	42,0	6987	143,5



Роки	Транспорт та зв'язок				Торгівля			
	ВВП, млрд., дол.	Капітал-1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП-1980 р., млрд. дол.	ВВП, млрд. дол.	Капітал-1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП-1980 р., млрд. дол.
1960	33,2	513,6	3482	70,8	87,4	74,0	11646	227,3
1961	34,0	525,3	3379	71,2	89,4	76,4	11644	229,6
1962	36,1	538,7	3386	74,9	95,3	79,4	11872	244,3
1963	38,2	553,9	3380	79,4	99,8	83,1	12090	244,7
1964	40,6	569,4	3422	83,8	108,5	87,7	12493	261,7
1965	44,2	587,8	3499	91,7	116,3	93,8	13059	278,6
1966	47,9	607,5	3734	99,2	125,7	100,2	13588	293,6
1967	50,3	628,6	3838	101,1	134,7	106,1	13954	301,5
1968	54,0	649,1	3984	108,7	149,3	113,0	14181	318,2
1969	59,0	670,3	4111	113,4	162,7	120,2	14538	325,9
1970	62,8	691,1	4129	115,7	173,2	127,1	15076	331,7
1971	68,1	710,6	4180	117,6	186,2	131,3	15905	346,5
1972	75,8	724,0	4311	126,6	205,4	141,6	16573	374,3
1973	86,9	751,8	4331	139,7	232,7	150,8	17000	396,6
1974	95,6	771,9	4549	142,9	253,9	161,2	17449	387,9
1975	99,7	787,6	4480	138,0	280,5	168,0	17713	391,0
1976	113,5	803,0	4464	147,5	309,0	175,0	18314	412,3
1977	126,3	819,7	4643	156,4	342,6	181,9	19042	434,0
1978	143,7	840,9	4945	168,4	384,9	191,9	19636	454,1
1979	158,5	864,1	5174	174,9	429,9	202,5	20101	464,2
1980	173,3	884,0	5120	173,3	455,2	210,2	20191	455,2
1981	190,2	903,4	5207	173,0	500,4	220,2	20524	467,0
1982	197,8	918,1	5124	166,0	525,5	229,3	20758	464,5
1983	217,8	931,5	5524	175,7	563,7	241,2	21145	489,3
1984	239,8	950,0	5859	185,2	632,1	258,4	21979	531,8
1985	254,6	971,0	6062	186,1	677,3	272,5	22296	555,7



Статистичні дані економічної діяльності країни (США)

Роки	Виробнича сфера				Невиробнича сфера			
	ВВП, млрд. дол.	Капітал – 1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. дол.	ВВП, млрд. дол.	Капітал – 1972 р., млрд. дол.	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. дол.
1960	334,0	1343,4	44183	881,4	181,1	620,4	19223	520,1
1961	338,4	1374,0	43184	886,4	191,5	640,1	19767	560,8
1962	362,8	1409,6	43812	938,6	205,1	662,1	20558	572,7
1963	381,0	1449,8	44033	979,3	218,4	685,4	21308	585,9
1964	407,2	1496,6	44720	1023,1	234,8	717,6	22175	649,7
1965	442,7	1553,5	46245	1093,6	253,3	739,9	23142	668,2
1966	481,5	1619,5	48048	1150,9	278,7	768,6	24253	712,4
1967	500,7	1683,8	48514	1164,0	305,2	796,3	25611	751,0
1968	545,9	1750,7	49107	1225,6	335,8	823,6	26577	782,7
1969	587,6	1814,0	50028	1259,1	366,9	856,9	27653	819,6
1970	603,6	1875,4	49955	1244,9	399,3	885,3	28510	825,4
1971	648,4	1932,8	49835	1284,5	440,9	914,4	29285	851,6
1972	717,0	1989,8	51489	1370,8	482,4	945,6	30664	884,7
1973	828,9	2067,8	53388	1463,3	545,0	967,2	31676	929,2
1974	889,8	2146,4	54048	1424,0	597,6	992,9	32746	954,9
1975	954,9	2204,8	52213	1372,7	657,1	1019,8	33633	969,3
1976	1067,4	2263,6	53812	1453,0	726,8	1046,3	34940	997,1
1977	1194,3	2330,1	55739	1529,6	809,4	1075,3	36278	1032,3
1978	1348,0	2411,6	58265	1610,3	917,0	1100,7	37783	1081,2
1979	1496,7	2494,5	59933	1644,0	1021,4	1141,5	38891	1116,7
1980	1601,2	2570,3	59381	1601,2	1140,8	1179,6	39922	1140,4
1981	1789,4	2646,0	59671	1644,7	1277,0	1217,2	40726	1185,9
1982	1814,1	2708,0	57951	1583,6	1375,0	1251,8	41575	1185,0
1983	1911,8	2758,3	58690	1650,1	1512,8	1294,3	42144	1229,3
1984	2144,1	2823,4	61423	1799,9	1649,9	1334,2	43582	1274,9
1985	2249,9	2894,0	61987	1866,0	1793,3	1370,5	45163	1312,9



Роки	Сільське господарство				Промисловість			
	ВВП, млрд. фунт.	Капітал – 1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. фунт.	ВВП, млрд. фунт.	Капітал – 1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. фунт.
1960	0,894	11,9	1129	2,68	9,479	160,7	9688	59,28
1961	0,935	12,5	1090	2,68	9,791	166,6	9743	59,34
1962	0,942	13,6	1054	2,72	10,019	174,8	9655	59,79
1963	0,940	15,1	1045	2,89	10,557	179,4	9509	61,45
1964	0,971	15,7	1003	2,94	11,568	187,1	9611	65,74
1965	1,001	16,2	945	3,02	12,365	193,9	9707	66,90
1966	1,043	16,8	913	3,03	12,820	203,5	9699	62,75
1967	1,074	17,3	885	3,13	13,077	215,1	9412	67,58
1968	1,088	18,5	853	3,12	13,970	223,6	9254	71,47
1969	1,198	19,1	822	3,12	15,095	232,0	9315	72,97
1970	1,277	19,8	782	3,31	16,862	239,9	9267	72,96
1971	1,437	20,0	734	3,48	18,373	243,0	8955	72,50
1972	1,571	20,6	709	3,59	20,705	255,5	8643	72,61
1973	1,955	21,3	725	3,68	24,058	261,4	8668	78,68
1974	2,042	21,9	688	3,72	26,377	268,6	8703	77,90
1975	2,507	22,4	677	3,43	32,679	276,5	8382	73,26
1976	3,052	22,9	676	3,16	38,553	284,7	8134	74,43
1977	3,287	23,3	684	3,57	47,470	292,4	8169	75,86
1978	3,507	23,8	680	3,84	54,599	300,1	8129	76,23
1979	3,818	24,2	666	3,78	63,921	307,1	8103	79,17
1980	4,192	24,4	654	4,19	73,931	312,6	7795	73,93
1981	4,696	24,4	639	4,30	79,033	316,2	7066	71,68
1982	5,395	24,5	632	4,66	86,350	319,3	6679	73,52
1983	5,373	25,0	622	4,45	94,161	322,9	6309	76,32
1984	5,971	25,2	615	5,12	100,497	327,2	6293	77,26
1985	5,485	25,4	615	4,89	111,135	332,0	6164	80,88



Роки	Добувна промисловість				Оброблювальна промисловість			
	ВВП, млрд. фунт.	Капітал – 1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. фунт.	ВВП, млрд. фунт.	Капітал – 1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. фунт.
1960	0,668	7,1	754	13,36	8,189	110,1	8557	42,84
1961	0,699	7,1	723	13,17	8,419	114,4	8634	42,95
1962	0,742	7,8	702	13,50	8,537	119,0	8558	42,95
1963	0,744	7,8	674	13,50	8,974	121,5	8430	44,44
1964	0,744	7,8	647	13,53	9,999	126,2	8554	48,53
1965	0,708	7,8	616	13,03	10,651	130,3	8672	49,91
1966	0,690	8,2	568	12,29	11,060	135,2	8700	50,85
1967	0,675	8,6	546	12,19	11,259	142,5	8434	51,12
1968	0,670	8,8	481	12,17	11,999	147,5	8352	54,77
1969	0,614	8,9	436	11,39	13,094	153,3	8474	56,81
1970	0,570	8,9	411	10,95	14,936	159,1	8465	57,03
1971	1,055	9,5	397	10,95	15,784	158,4	8181	56,42
1972	0,936	16,1	380	9,22	18,049	162,7	7907	57,80
1973	1,077	16,7	363	9,31	21,052	166,9	7961	63,05
1974	1,343	18,1	349	9,21	22,958	171,6	8007	62,27
1975	1,861	21,0	360	9,21	28,054	175,5	7669	59,97
1976	2,608	24,7	356	9,32	32,318	179,1	7425	59,07
1977	4,300	28,2	359	9,64	39,086	182,7	7461	60,18
1978	5,302	31,6	361	9,61	44,804	186,6	7427	60,56
1979	8,532	34,3	359	12,31	50,660	190,7	7395	60,45
1980	12,461	36,8	361	12,46	55,208	193,5	7081	55,21
1981	16,040	39,1	351	13,28	55,915	190,4	6365	51,90
1982	18,345	41,2	338	14,62	60,305	195,0	6005	52,01
1983	20,814	43,1	323	15,56	64,720	195,3	5664	53,50
1984	22,260	45,2	301	14,77	70,867	196,5	5679	55,59
1985	22,970	47,5	284	16,04	79,070	197,0	5578	57,31

Роки	Енергетика, газ, вода				Будівництво			
	ВВП, млрд. фунт.	Капітал-1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. фунт.	ВВП, млрд. фунт.	Капітал-1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. фунт.
1960	0,622	43,5	377	3,08	1,415	4,8	1554	10,44
1961	0,673	45,1	386	3,22	1,543	4,8	1636	11,24
1962	0,740	48,0	395	3,34	1,666	4,8	1680	11,32
1963	0,839	50,1	405	3,51	1,795	5,2	1719	11,29
1964	0,915	53,1	410	3,68	2,006	5,6	1801	12,43
1965	1,006	55,8	419	3,96	2,154	6,4	1851	12,98
1966	1,070	60,1	431	4,11	2,246	6,8	1883	13,26
1967	1,143	64,0	432	4,27	2,373	7,6	1822	13,79
1968	1,301	67,3	421	4,53	2,560	8,2	1807	14,12
1969	1,387	69,8	405	4,77	2,704	8,6	1766	14,01
1970	1,356	71,9	391	4,98	2,966	9,0	1653	13,74
1971	1,534	75,1	377	5,13	3,265	9,4	1594	13,96
1972	1,720	76,7	356	5,59	4,022	9,6	1674	14,22
1973	1,929	77,8	344	6,32	4,891	10,1	1830	14,55
1974	2,076	78,9	347	6,41	5,118	10,6	1762	13,05
1975	2,764	80,0	353	6,08	6,299	11,0	1626	12,36
1976	3,627	80,9	353	6,04	7,175	11,3	1586	12,18
1977	4,084	81,5	349	6,04	7,964	11,6	1504	12,15
1978	4,493	81,9	341	6,06	9,299	11,9	1524	12,97
1979	4,729	82,1	349	6,41	10,843	12,2	1590	13,06
1980	6,262	82,3	353	6,26	12,343	12,3	1617	12,34
1981	7,078	82,7	350	6,50	12,985	12,3	1526	11,10
1982	7,700	83,1	336	6,89	13,906	12,4	1474	11,31
1983	8,627	84,5	322	7,26	15,507	12,4	1461	11,76
1984	7,370	85,5	313	6,90	17,296	12,6	1509	12,17
1985	9,095	87,5	302	7,53	18,651	13,0	1501	12,32



Роки	Транспорт та зв'язок				Торівля			
	ВВП, млрд. фунт.	Капітал-1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. фунт.	ВВП, млрд. фунт.	Капітал-1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. фунт.
1960	1,953	63,2	1705	8,45	2,733	19,0	4119	18,87
1961	2,022	64,1	1732	8,72	2,829	20,4	4200	19,12
1962	2,115	69,0	1742	8,70	2,969	22,0	4280	19,12
1963	2,286	71,4	1722	8,99	3,145	23,0	4307	19,91
1964	2,439	71,4	1705	9,57	3,323	24,7	4315	20,78
1965	2,629	71,5	1695	9,77	3,605	26,6	4325	21,22
1966	2,781	75,1	1669	10,05	3,756	28,3	4325	21,42
1967	2,834	73,6	1668	10,16	3,909	30,0	4172	21,62
1968	3,157	75,3	1651	10,59	4,054	32,1	4133	22,26
1969	3,418	77,0	1621	11,00	4,213	34,2	4069	22,39
1970	3,555	79,4	1640	11,47	6,036	36,2	4005	23,03
1971	3,777	82,5	1639	11,77	6,860	38,6	3916	23,55
1972	4,209	84,6	1614	12,34	7,752	41,0	3958	24,86
1973	4,998	87,1	1605	13,33	8,798	43,6	4148	26,05
1974	5,998	89,2	1569	13,37	9,770	46,1	4163	25,01
1975	7,772	90,2	1576	13,20	11,927	48,0	4515	24,12
1976	9,292	90,9	1534	13,06	13,666	49,8	4504	24,37
1977	10,228	92,1	1533	13,50	16,573	52,1	4555	24,22
1978	11,772	92,6	1551	13,83	19,456	54,7	4591	25,63
1979	13,177	92,8	1567	14,45	22,192	57,7	4729	26,37
1980	14,269	93,8	1580	14,27	24,737	60,3	4818	24,74
1981	15,558	93,3	1526	14,30	26,804	62,6	4705	24,34
1982	16,916	91,6	1477	14,21	29,029	65,0	4671	24,81
1983	17,896	91,7	1439	14,61	32,514	67,6	4639	25,87
1984	19,540	93,0	1460	15,24	36,014	70,0	4851	27,73
1985	20,957	95,0	1450	16,05	40,384	72,6	4944	28,97



Роки	Виробнича сфера				Невиробнича сфера			
	ВВП, млрд. фунт.	Капітал-1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. фунт.	ВВП, млрд. фунт.	Капітал-1980 р., млрд. фунт.	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. фунт.
1960	16,474	259,4	18195	99,72	6,939	73,7	5829	37,30
1961	17,120	268,4	18401	101,10	7,661	81,5	5947	38,42
1962	17,711	284,2	18411	101,65	8,190	80,4	6133	40,15
1963	18,723	294,1	18302	104,53	8,871	81,9	6267	42,06
1964	20,307	304,5	18435	111,46	9,627	83,0	6394	44,07
1965	21,754	314,6	18523	113,89	10,476	84,4	6532	45,80
1966	22,646	327,5	18489	115,01	11,380	95,2	6699	47,59
1967	32,367	343,9	17959	116,28	12,390	96,7	6802	49,23
1968	24,829	357,7	17658	121,56	13,628	102,7	6879	51,02
1969	26,628	376,9	17593	123,49	14,676	103,1	6984	52,41
1970	30,696	384,3	17347	124,51	15,304	114,1	7034	54,51
1971	33,712	393,5	16838	125,26	17,627	127,1	7193	56,47
1972	38,259	411,3	16598	127,62	20,158	158,2	7422	59,72
1973	44,700	423,5	16976	136,29	23,899	172,7	7720	61,24
1974	49,305	436,4	16885	133,04	28,951	181,6	7900	61,58
1975	61,184	448,1	16776	126,37	37,071	190,4	7927	64,50
1976	71,738	459,6	16434	127,20	43,533	199,2	8058	67,62
1977	85,522	471,5	16445	129,30	48,895	207,1	8093	70,93
1978	98,633	483,1	16475	132,50	55,424	215,0	8222	74,59
1979	113,951	494,0	16655	136,83	65,000	224,2	8424	76,92
1980	129,472	503,4	16464	129,47	78,452	233,7	8540	78,45
1981	139,076	508,8	15462	125,72	87,886	242,4	8549	79,09
1982	151,596	512,8	14933	128,51	96,197	253,4	8651	80,04
1983	165,451	519,6	14470	133,01	105,370	261,9	8818	81,78
1984	179,318	528,0	14728	137,52	114,676	270,0	9006	84,33
1985	196,612	538,0	14674	143,11	126,377	280,0	9446	87,06



Роки	Сільське господарство				Промисловість			
	ВВП, млрд ієн	Капітал – 1975 р., млрд ієн	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд ієн	ВВП, млрд ієн	Капітал – 1975 р., млрд ієн	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд ієн
1960	2047	11767	13163	7404	5832	23806	10155	13794
1961	2243	13036	12800	7531	7527	27746	10768	16938
1962	2436	13422	12438	7926	8338	31679	11355	15900
1963	2525	14408	11775	7787	9777	35491	11692	17616
1964	2748	15466	11366	8026	11120	39890	11915	20289
1965	2982	16776	11014	8174	11746	43579	12124	21105
1966	3371	18386	10660	8379	13749	47244	12406	23805
1967	4045	20129	10360	8888	16753	52772	13048	28236
1968	4242	22454	9880	9147	19609	59991	13589	32372
1969	4421	24962	9460	9038	23977	68323	13960	37419
1970	4463	27586	8860	8904	28518	78463	14250	44034
1971	4253	30840	9150	8463	30682	88787	14310	46998
1972	5050	34699	7550	9652	34372	99158	14280	51522
1973	6675	38429	7050	10336	42331	110415	14900	58034
1974	7499	41600	6750	10111	48238	120512	14740	57709
1975	8141	44873	6610	10071	48579	128913	13940	55166
1976	8870	48883	6430	9601	55572	136201	13960	60553
1977	9402	52573	6340	9402	60868	143838	13900	63463
1978	9441	56959	6330	9358	66649	151085	13730	67545
1979	9623	61423	6130	9493	71079	159775	13780	72061
1980	8847	65695	5770	8847	78175	169267	14080	78175
1981	8957	69822	5570	8578	83246	180346	14260	81415
1982	9064	73578	5480	9015	87248	190773	14240	86280
1983	9264	77517	5310	9123	91513	201265	14520	93007
1984	9626	81397	5120	9314	99711	214262	14810	102756
1985	9949	85397	5090	9395	106032	228274	14950	111439



Роки	Добувна промисловість				Оброблювальна промисловість			
	ВВП, млрд ієн	Капітал – 1975 р., млрд ієн	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд ієн	ВВП, млрд ієн	Капітал – 1975 р., млрд ієн	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд ієн
1960	278	668	458	741	5184	14894	9490	11588
1961	313	733	413	725	6682	17971	10139	14523
1962	351	778	431	794	7378	20966	10699	13270
1963	341	808	359	802	8725	23838	11099	14803
1964	379	854	323	832	9934	27338	11349	17197
1965	417	908	323	824	10428	29984	11549	17866
1966	456	974	296	902	12279	32391	11849	20254
1967	524	1010	260	939	15126	36671	12518	24287
1968	561	1114	270	991	17846	41441	13049	28037
1969	593	1178	240	1028	22006	49257	13450	32626
1970	621	1232	200	1067	26340	57463	13770	38712
1971	635	1315	190	1122	28357	65359	13830	41108
1972	663	1375	160	1166	31918	72637	13830	45483
1973	822	1345	130	1201	39568	80689	14430	52013
1974	947	1373	140	1045	45137	88101	14270	51904
1975	776	1438	160	1012	44801	93694	13460	48744
1976	843	1471	180	1206	51101	98101	13450	53644
1977	959	1494	190	1315	55412	102510	13400	56577
1978	1104	1512	150	1268	60545	106383	13260	60390
1979	1240	1541	120	1181	64815	111577	13330	64453
1980	1363	1608	110	1363	70232	117756	13670	70232
1981	1321	1638	105	1354	74545	115165	13850	73416
1982	1287	1683	100	1439	78191	132125	13800	77653
1983	1221	1671	100	1406	81416	139314	14060	83872
1984	1208	1727	80	1360	88845	149274	14380	93568
1985	1226	1769	90	1376	94257	160258	14530	101465



Роки	Енергетика, газ, вода				Будівництво			
	ВВП, млрд. єн	Капітал-1975 р., млрд. єн	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. єн	ВВП, млрд. єн	Капітал-1975 р., млрд. єн	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. єн
1960	370	8244	207	1465	869	1464	2476	5032
1961	532	9042	216	1690	1265	1717	2675	5858
1962	609	9935	225	1836	1485	1962	2833	6182
1963	711	10845	234	2011	1726	2192	2865	6870
1964	807	11698	243	2260	2075	2431	3033	7965
1965	901	12687	252	2415	2265	2720	3233	8375
1966	1014	13878	261	2649	2654	3081	3453	9232
1967	1103	15091	270	3010	3191	3542	3590	10445
1968	1201	16436	270	3343	3889	4060	3700	12249
1969	1378	17890	270	3765	4415	4785	3710	13142
1970	1557	19768	280	4253	5662	5609	3940	15975
1971	1690	22113	290	4768	6514	6688	4140	17130
1972	1791	25146	290	4873	7763	8040	4330	18953
1973	1941	28381	340	4820	9854	9468	4670	21087
1974	2154	31038	330	4760	11718	10450	4640	19433
1975	3002	33781	320	5410	14322	11433	4790	20885
1976	3628	36629	330	5703	15175	12324	4920	20433
1977	4497	39834	310	5571	15994	13195	4990	20615
1978	5000	43190	320	5887	18551	14321	5200	22694
1979	5024	46657	330	6427	20992	15447	5360	23159
1980	6580	49903	300	6580	22506	16604	5480	22506
1981	7385	53548	310	6645	24062	17805	5440	22219
1982	7770	56965	340	7188	23966	18947	5410	22161
1983	8876	60279	360	7729	22097	20359	5410	19793
1984	9658	63261	350	7828	22437	21543	5270	19330
1985	10549	66247	330	8598	23129	22564	5300	19183



Роки	Транспорт та зв'язок				Торгівля			
	ВВП, млрд. ієн	Капітал – 1975 р., млрд. ієн	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. ієн	ВВП, млрд. ієн	Капітал – 1975 р., млрд. ієн	Праця, тис. чол.	ВВП – 1980 р., млрд. ієн
1960	1352	16791	2139	3355	2653	6511	7841	5398
1961	1391	17826	2216	3655	2679	6613	7777	6237
1962	1575	19153	2322	3919	2932	6793	7824	6828
1963	1896	20591	2418	4434	3721	7034	8268	7842
1964	2105	22149	2572	4946	3915	7355	8564	9233
1965	2305	24309	2659	5309	4370	7641	8832	99912
1966	2743	26816	2813	6056	5157	8053	9239	1119
1967	3231	29391	2890	6938	5834	8456	9470	12149
1968	3724	32469	3020	7953	7102	9108	9820	13685
1969	4272	35832	3110	9277	9015	10092	10010	15513
1970	5022	32889	3240	10436	10504	11207	10120	17187
1971	5433	43763	3330	10922	11295	12338	10350	18544
1972	5845	48509	3270	11151	13089	13831	10500	21397
1973	6970	53189	3370	12450	16106	15886	10850	22622
1974	8110	57045	3310	13285	20433	17559	10970	22548
1975	9546	60624	3320	13490	21934	19253	11270	23673
1976	10984	64010	3410	13680	25096	20632	11510	25433
1977	12918	68058	3410	13329	27331	22199	11930	27398
1978	13891	73976	3420	13571	29444	23770	12100	29467
1979	14462	80621	3490	13775	32227	25549	12280	32600
1980	14787	86822	3500	14787	36792	27509	12480	36792
1981	15755	93010	3440	15098	38418	29222	12740	37719
1982	16458	99160	3490	15159	40543	30782	12960	39434
1983	17300	105507	3500	15801	41774	32496	13130	40845
1984	18716	111127	3410	16748	42289	34208	13190	41163
1985	19652	116251	3430	17424	43313	36143	13180	42013



Роки	Виробнича сфера				Невиробнича сфера			
	ВВП, млрд. єн	Капітал-1975 р., млрд. єн	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. єн	ВВП, млрд. єн	Капітал-1975 р., млрд. єн	Праця, тис. чол.	ВВП - 1980 р., млрд. єн
1960	12753	60339	35774	34983	3633	25450	8234	18545
1961	15105	66938	36236	40219	4871	27027	8416	20226
1962	16766	73009	36772	40755	5755	29032	8489	25570
1963	19618	79716	37018	44649	7333	31304	8707	29475
1964	21963	87291	37450	50459	8110	33969	8937	31907
1965	23668	95025	37862	52875	9462	36505	9373	33510
1966	27674	103580	38570	58591	11073	39283	9725	36262
1967	33054	114290	39358	66656	12837	42242	9858	39154
1968	38566	128082	40009	75406	15054	45540	10029	42831
1969	46100	143974	40250	84389	17821	49522	10169	47122
1970	54169	162754	40410	96536	21783	54190	10530	52365
1971	58177	182416	40280	102057	25125	59900	10930	55698
1972	66119	204237	39930	112675	30040	66806	11330	62078
1973	81936	227387	40840	124529	36160	74160	11750	65923
1974	96005	247166	40410	123086	44058	79959	11960	65605
1975	102522	265096	39930	123285	51677	86073	12300	68303
1976	115697	282050	40230	129710	57814	92093	12480	70580
1977	126513	299863	40570	134207	65658	99124	12850	75501
1978	137976	320021	40780	142635	73617	106461	13300	79385
1979	148383	342815	41040	151088	81743	114303	13750	84687
1980	161107	365897	41310	161107	87944	122465	14050	87916
1981	178438	390205	41450	165838	94296	131924	14360	91200
1982	177279	413240	41580	172049	101842	141563	14800	93747
1983	181948	437144	41870	178569	109044	151611	15460	98346
1984	183153	462537	41800	189311	125989	162705	15860	103200
1985	192126	488629	41950	199454	139969	173649	16120	108296



Список літературних джерел

1. Бутник О.М. Економіко-математичне моделювання перехідних процесів у -соціально-економічних системах: Монографія. – Харків: Вид.Дім «Інжек»; СПД Лібуркіна Л.М., 2004. – 304с.
2. Загородній Ю.В., Кадієвський В.А. Моделювання економіки. – К.: ДАСОА, 2007. – 214с.
3. Занг В.Б. Синергетична економіка. – М.: Мир, 1999. – 336с.
4. Кальна-Дубінюк Т.П. Моделювання економічної динаміки: Навч. пос. – К.: НАУ, 2002. – 135с.
5. Капустян О.В., Сукретна А.В. Методи нелінійного аналізу в математичній економіці – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2011.
6. Касьяненко В.О., Старченко Л.В. Моделювання та прогнозування економічних процесів. Конспект лекцій: Навч. пос. – Суми: ВТЛ «Університетська книга», 2006. – 185с.
7. Лаврінський Л.В., Шарапов О.С., Устинко С.В., Шарапов О.Д. Моделювання системних характеристик в економіці. – К: ЕКМО, 2004.–169с.
8. Лагоша Б.А. Оптимальное управление в экономике - М.: Финансы и статистика, 2003. — 192 с.
9. Лисенко Ю.Г., Петренко В.Л., Тимохин В.Н., Филипов А.В. Экономическая динамика. – Донецк: ДГУ, 2000. – 176с.
10. Моделирование экономической динамики: Уч. пос. / Клебанова Т.С., Дубровина Н.А., Полякова О.Ю, и др. – 2-ое изд., стереот. – Харьков: Изд.Дом «Инжек», 2005. – 244с.
11. Моделювання економічної динаміки: Навч. посіб. – К.: Атіка, 2006. – 276с.
12. Пономаренко О.І., Перестюк М.О., Бурим В.М. Сучасний економічний аналіз. Мікроекономіка. Частина 2. — К.: Вища школа, 2004. — 262 с.