



Міністерство освіти і науки України  
**Національний технічний  
університет**  
"Дніпровська політехніка"

**І.М. Пістунов**

**ЗБІРНИК ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ**

Для дисципліни

**«Моделювання економічної динаміки»**

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2020

УДК 004.738.5:338.46(075)  
ББК 32.973.202я73  
ПЗ4

Затверджено вченою радою університету як навчальний посібник по дисципліні «Моделювання економічної динаміки» для студентів очної та заочної форм навчання зі спеціальності 051 Економіка (Протокол № від р).

Рецензенти:

*А.В. Бардась*, докт. екон. наук, проф., декан факультету менеджменту Національного гірничого університету;  
*Н.К. Васильєва*, док. екон. наук, проф., -завідувач кафедри інформаційних систем і технологій Дніпровського агро-економічного університету.

### **Пістунов І.М.**

ПЗ4 Збірник індивідуальних завдань для дисциплін «Моделювання економічної динаміки» [Електронний ресурс]: Навч. посібник/ І.М. Пістунов. – Дніпро: Державний НТУ «ДП», 2020. – 28 с. Режим доступу: [http://pistunovi.inf.ua/OBG\\_GOSP\\_RiIII\\_TASK.pdf](http://pistunovi.inf.ua/OBG_GOSP_RiIII_TASK.pdf) (дата звернення: 26.09.2020). – Назва з екрана.

У збірнику наведено задачі з визначення динамічних процесів в макроекономіці, застосування моделей Леонтьєва, Солоу та Харрода-Домара для аналізу динамічних зрушень в економіці України.

Збірник скомпоновано для практичних чи лабораторних занять із застосуванням комп'ютерної техніки.

Призначений для студентів вищих навчальних закладів і може бути корисним для фінансистів, економістів, плановиків, менеджерів та маркетингологів.

Посібник базується на літературних джерелах вітчизняних, зарубіжних авторів, ресурсах Інтернету та на досвіді викладання дисципліни «Моделювання економічної динаміки» в Державному НТУ «ДП».

**ББК 32.973.202я73**

© **І.М. Пістунов, 2020**

© **Державний НТУ « ДП », 2020**

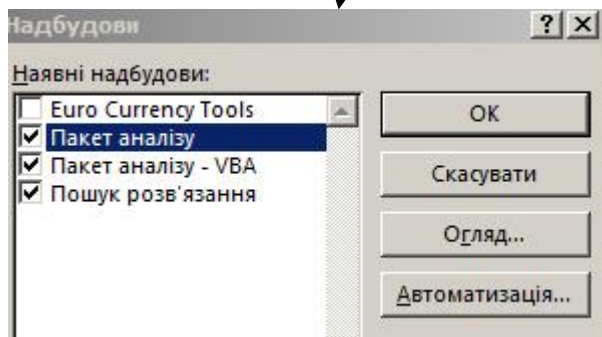
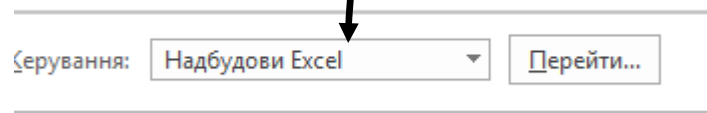
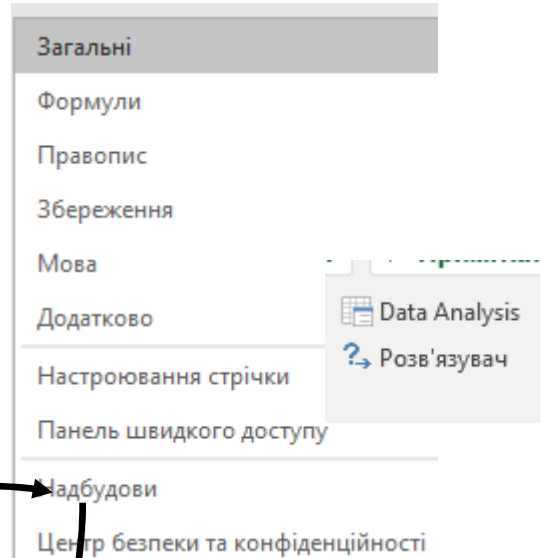
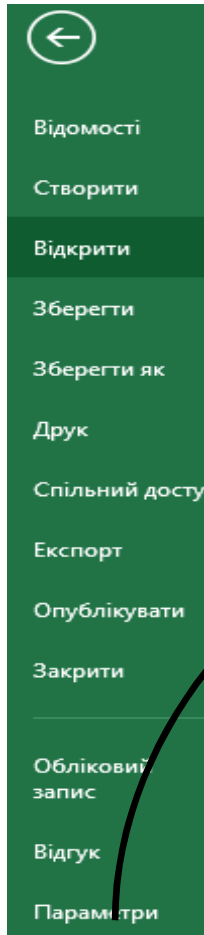
## ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ

1. Всі завдання студенти виконують із застосуванням табличного процесора Excel з версії Microsoft Office не пізніше 2007 року.
2. Кожен студент обирає завдання за номером у списку групи з табл. 1.
3. Числові значення кожного завдання обираються з таблиць, вміщених для кожного завдання окремо.

4. На сторінці процесора спочатку вставляється текст задачі, потім, значення букв, потім формула, за якою вирішується задача, далі рішення і текстові висновки.

5. Перед початком роботи потрібно налаштувати Microsoft Excel. Доступ до надбудов здійснюється через головне меню «Дані» і у правому кутку можна побачити ці надбудови.

Після інсталяції Microsoft Office, куди входить і програма Excel, необхідно провести налаштування цієї програми для розрахунків коефіцієнтів моделей та оптимізації. Для цього потрібно вибрати пункт «Файл-Параметри». В меню, що з'явиться, вибрати пункт «Надбудови».



Далі клацнути на кнопку «перейти» та відмітити вказані на рисунку позиції і натиснути «ОК» у цьому і наступних вікнах. Тепер в головному меню програми за пунктом «Дані» у правому кутку меню з'являться пункти «Data Analysis» та «Розв'язувач».

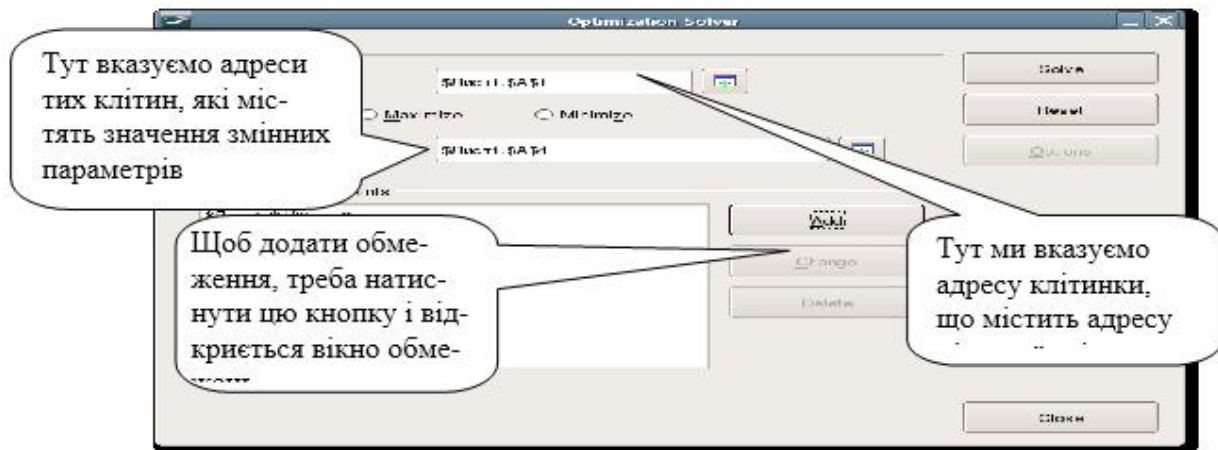
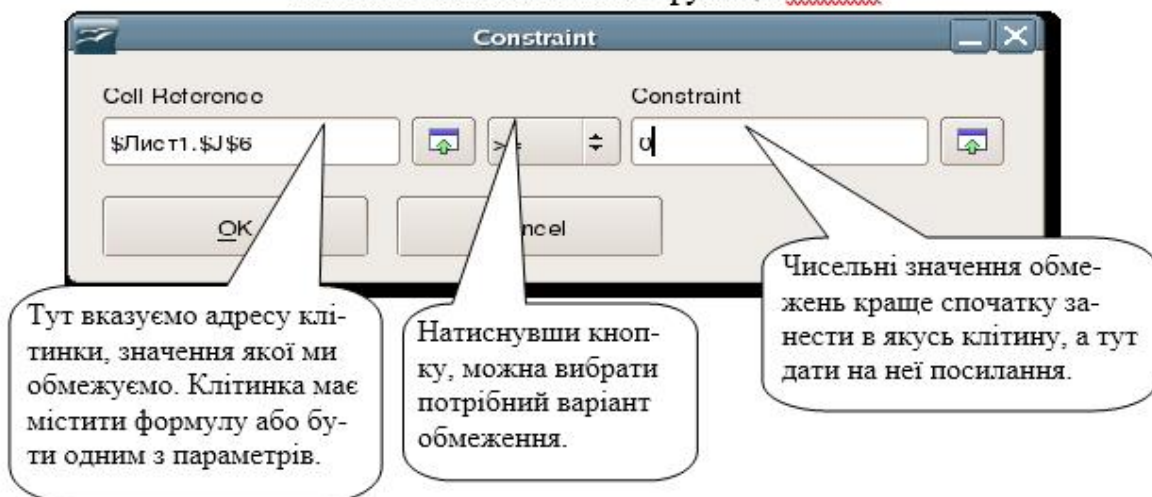
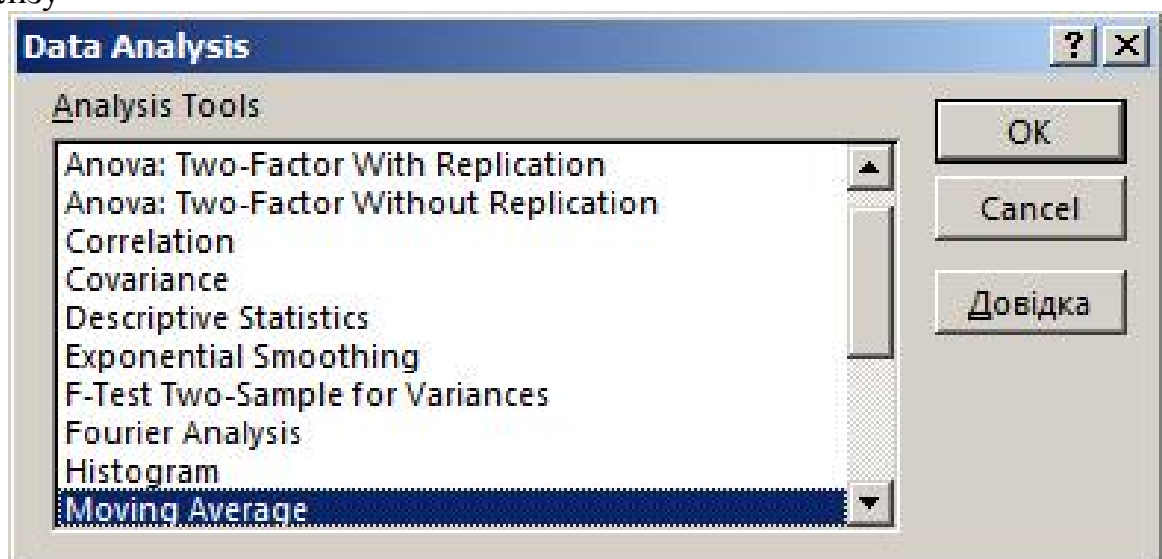


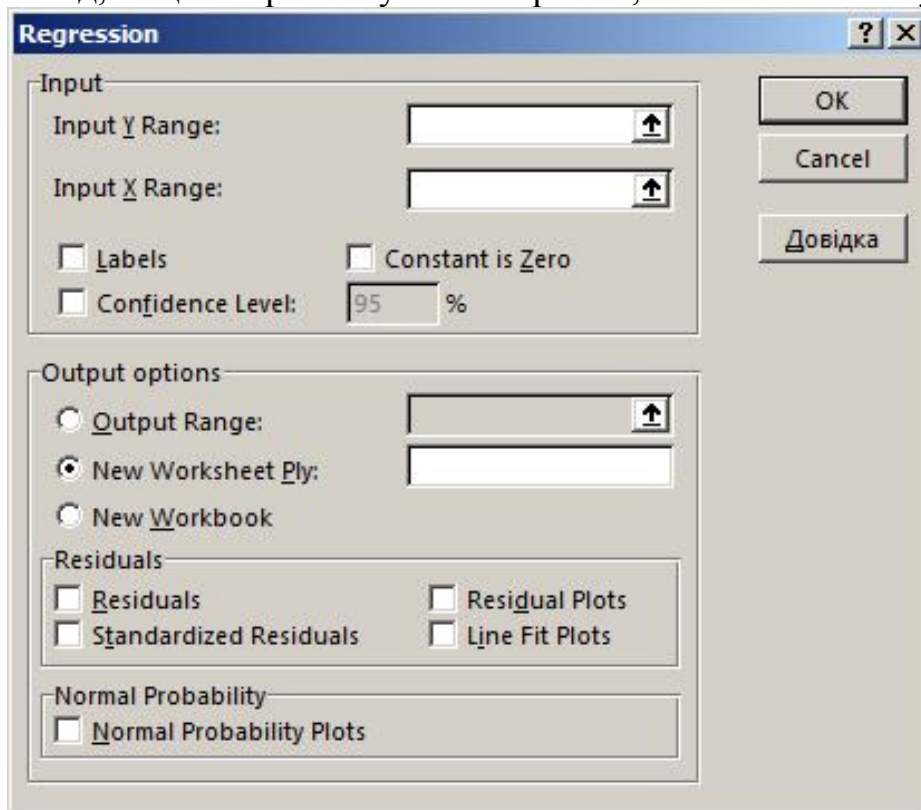
Рис. 3.12. Головне вікно функції Solver



6. При використанні функції «Аналіз даних» ви обираєте зі списку потрібний вид аналізу



Наприклад, якщо обираєте пункт «Регресія», то побачите наступне вікно



Порядок користування різними підпрограмами вам буде роз'яснено на практичних заняттях.

7. Завдання треба здавати в електронному вигляді на будь яких носіях у конвертах, які потрібно підписувати таким чином. Допускається здавати всі завдання на одному носії.

Задачу спочатку треба розв'язати в загальному вигляді з представлення формули рішення, в яку потім підставлені конкретні числові дані для свого варіанта. В деяких завданнях числові значення потрібно визначити за простою формулою. Наприклад, якщо в таблиці навпроти позначення  $C$  стоїть число 17, а числове значення в умові задачі подано як  $0,01 \cdot C$ , то це означає, що потрібно брати число  $0,01 \cdot 17 = 0,17$ .

Кожну тему супроводжують приклади вирішення із застосування таких прикладних пакетів як Open Office Calc, Microsoft Office Excel, Macsima та MathCad. При цьому припускається, що студенти вже знайомі з порядком використання як електронних таблиць так і математичних процесорів.

Наприклад, якщо потрібно провести розрахунки за формулою  $A = \frac{B-C}{D}$ ,

для наступних числових значень параметрів  $B = 10$ ,  $C = 5$ ,  $D = 8$ , то в підрозділі буде наведено малюнок, в якому видно фрагмент вікна електронної таблиці, де колонку А займають тестові визначення невідомих у формулі, колонку В – їх числові значення. Вікно  $f_x$  містить саму формулу розрахунку, де вказано адреси клітинок, які містять числові дані.

Якщо будуть застосовані функції електронних таблиць, то буде показано їх вікно з уведеними туди параметрами

B4		fx =(B1-B2)/B3	
	A	B	C
1	B=	10	
2	C=	5	
3	D=	8	
4	A=	0,625	

### Алгоритм розв'язання задачі в пакеті STATISTICA

Одним з методів аналізу часових рядів є моделі авторегресії і ковзного середнього, які виявляються особливо корисними для опису і прогнозування процесів, що виявляють однорідні коливання навколо середнього значення. Однак ця модель підходить тільки для стаціонарних рядів, середнє, дисперсія і автокорреляція, які приблизно постійні в часі.

У більшості часових рядів члени ряду залежать один від одного.

У гідрологічних рядах значущі внутрішньорядкові зв'язки спостерігаються частіше у сусідніх членів і швидко зменшуються зі збільшенням відстані між ними. На цій властивості впливу попереднього стану процесу на майбутнє базуються моделі авторегресії. математично це властивість можна виразити рівнянням (2.1):

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

де  $y_t$  - значення  $y$  в момент часу  $t$ ;  $\varphi_i$  - коефіцієнти рівняння

( $i = 1, 2, \dots, p$ );  $p$  - порядок авторегресії;  $\varepsilon_t$  - випадкова величина.

У моделі змінного середнього на відміну від попереднього способу припускають, що кожен елемент ряду схильний сумарному впливу випадкових попередніх помилок  $\varepsilon_i$  (2.2):

$$y_t = \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t, \quad (2)$$

де  $y_t$  - значення  $y$  в момент часу  $t$ ;  $\theta_i$  - коефіцієнти рівняння ( $i = 1, 2, \dots, q$ );  $q$  - порядок моделі змінного середнього;  $\varepsilon_t$  - випадкова величина [5].

Об'єднана модель авторегресії і інтегрованого ковзного середнього (ARIMA) була запропонована Боксом і Дженкінсон в 1976 р.

Абревіатура ARIMA, утворена від слова autoregression (AR) і англійської назви moving average (MA) для змінного середнього, стандартно використовуються в літературі і статистичних пакетах.

В українському перекладі назва моделі - АРІКС, що також є абревіатурою: АР - авторегресія, КС - ковзне середнє.

У пакеті STATISTICA аналіз і прогноз по моделі авторегресії і ковзного середнього здійснюється в модулі Тимчасові ряди і прогнозування (Time Series / Forecasting). В процесі роботи генерується велика кількість діалогових і допоміжних вікон, таблиць, графіків. Для успішної навігації по ним наводиться схема переходів між чотирма основними діалоговими вікнами першого рівня (рис. 1).



Рисунок 1 - Схема переходів між діалоговими вікнами

АРІКС (ARIMA) - складна модель, що вимагає певного досвіду у

використанні. Аналіз і прогнозування поведінки тимчасового ряду складається з декількох етапів, що включають виконання різних статистичних та сервісних процедур:

1. Відновлення пропущених даних.
2. Перетворення ряду до стаціонарного виду.
3. Ідентифікація моделі, тобто підбір порядку моделі  $p$  і  $q$ .
4. Оцінка параметрів моделі.
5. Перевірка адекватності моделі.
6. Прогноз за моделлю.

Спершу треба завантажити програму STATISTICA, далі створити нову Робочу книгу та експортувати таблицю з вхідними даними. Рекомендується мати, як мінімум, 50 спостережень в файлі вихідних даних, в цьому випадку маємо 59.

Створену робочу книгу краще відразу перейменувати і зберегти в папці.

Кожному ряду треба дати унікальне ім'я замість стандартних Var1, Var2 ..., а в поле Довга мітка або формула (Long Name) треба занести будь-яку корисну інформацію про ряд, наприклад, період спостережень, характеристики посадки і т.д. Перейменування здійснюється в вікні специфікацій змінної, яке можна викликати подвійним клацанням ПК миші на імені стовпчика.

Рекомендується використовувати послідовність дій зазначену вище як стандартний початок будь-якого сеансу роботи в пакеті STATISTICA.

Для того, щоб почати роботу з вхідними даними, треба викликати модуль для роботи з тимчасовими рядами Аналіз → Поглиблені методи аналізу → Тимчасові ряди і прогнозування (Statistics → Advanced Linear / Nonlinear Models → Time Series / Forecasting) або ввести в рядку пошуку (Тимчасові ряди і прогнозування (Time Series / Forecasting)).

1. Відновлення пропущених даних.

Замінімо тимчасово десятий за рахунком спостереження на константу відсутності інформації -9999. Всі порожні клітинки пакета за замовчуванням містять цей код. Відновимо відсутнє дане п'ятьма різними способами, які



пропонуються в стартовому вікні модуля на вкладці Обробка пропусків (Missing data), призначеному для обробки пропущених значень (рис. 2):

- загальну середню (середнє по всіх спостереженнями);
- інтерполяція по найближчих точках (двом сусіднім);
- середнє, розраховане по N найближчим точкам (N задаєте самі);
- медіана ряду, складеного з N найближчих точок;
- відновлення за рівнянням лінійної регресії.

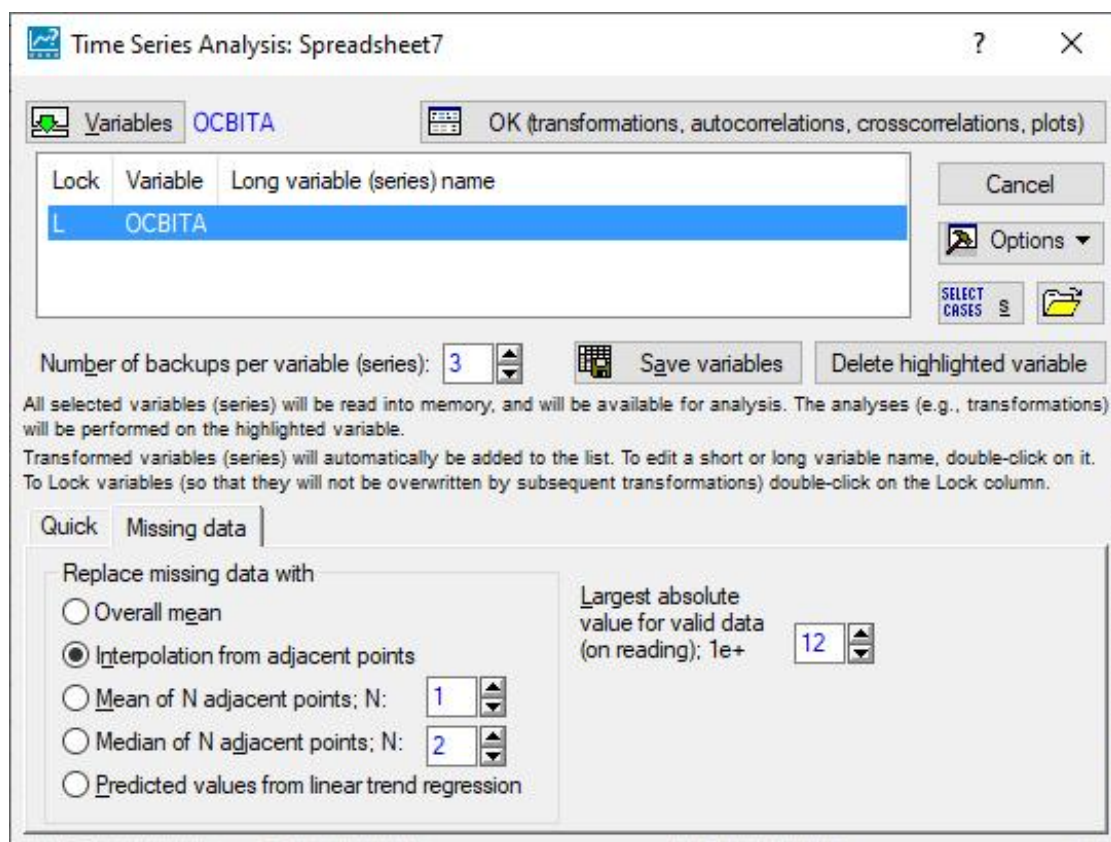


Рисунок 2 - Стартове вікно модуля. Меню для відновлення пропущених даних

Відновлене значення можна подивитися в спеціальній таблиці.

Для цього треба перейти на інше діалогове вікно (рис. 3) кнопкою ОК і на вкладці Графіки (Review & Plots) замовити Перегляд виділеної змінної (Review highlighted variable).

Якщо в списку кілька рядів, то обрана команда перегляду буде ставитися до виділеного ряду.

Далі значення, відновлені різними способами, порівнюємо з вихідним і робимо висновок про точність відновлення.

## 2. Перетворення ряду до стаціонарного виду.

Модель АРІКК(ARIMA) може бути застосована тільки до стаціонарних рядів, тому спочатку треба побудувати графік для своїх даних і, якщо ряд не відповідає цій вимозі, то багаторазовими перетвореннями привести його до нормального (стаціонарного) виду.

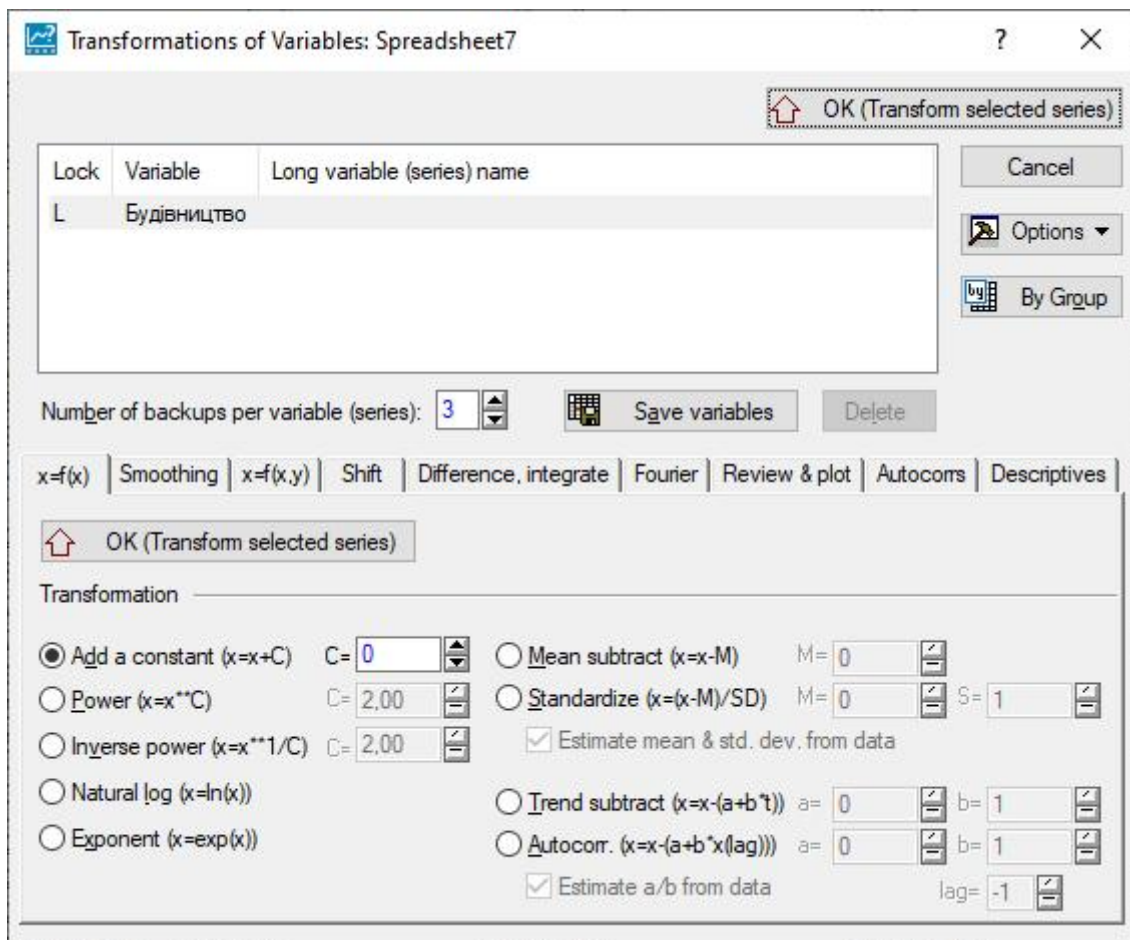


Рисунок 3. - Діалогове вікно для перетворення ряду

Для приведення ряду до стаціонарного виду перейдіть у вікно для перетворень кнопкою ОК (перетворення, авто- і кросскореляції) (Transformations, ... ..) і на вкладці Графіки (Review & Plots) виберіть команду для побудови графік вихідного ряду. Там же поставте галочку у режиму будувати Графік після кожного перетворення (Plot Variables after each transformation).

Тепер результат кожного перетворення буде автоматично висвітлюватися на екрані у вигляді графіка, і Ви зможете візуально оцінювати стаціонарність ряду (рис. 2.3).

Рекомендуються наступні перетворення:

- логарифмування для стабілізації дисперсії і зменшення амплітуд коливання часового ряду (вкладка  $x = f(x)$ );
- видалення тренду (вкладка  $x = f(x)$ );
- взяття різниці першого або вищого порядків на вкладці Різниця (Difference) для видалення лінійного тренда;
- згладжування (вкладка Smoothing);
- віднімання середнього, стандартизація ряду (вкладка  $x = f(x)$ ).

Для перевірки стаціонарності корисно також будувати для кожного перетвореного ряду графік автокореляційної функції - вкладка Автокореляції (Autocorr). У стаціонарного ряду графік автокореляційної функції буде прагнути до нуля зі збільшенням лага.

В процесі роботи модуля генерується багато рядів. Їх імена автоматично додаються в список, очолюваний ім'ям вихідного ряду. Будь-який ряд можна зберегти або видалити. Обрана чергова дія буде застосовуватися до ряду, виділеного в цьому списку.

3. Ідентифікація моделі. Наступним кроком є підбір порядку моделі АРПКС (ARIMA). Модель - це рівняння, за яким будуть обчислюватися прогнозовані величини. Ідентифікація моделі - це вибір конкретного виду рівняння. Ви повинні вказати програмі, скільки доданків буде в рівнянні авторегресії (p), а скільки – в рівнянні змінного середнього (q). Величини p і q -це параметри моделі. Наприклад, при  $p = 1$  і  $q = 1$  рівняння моделі буде виглядати наступним чином(2.3):

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \text{const}, \quad (3)$$

де  $y_t$  - значення досліджуваної величини в момент часу  $t$ ;  $y_{t-1}$  - значення

досліджуваної величини в попередній момент часу;  $\epsilon_{t-1}$  - значення випадкової складової досліджуваної величини в момент часу  $t-1$ ;  $\phi_1$ ,  $\theta_1$  - коефіцієнти рівняння, які будуть підбиратися за методом найменших квадратів (рис. 4).

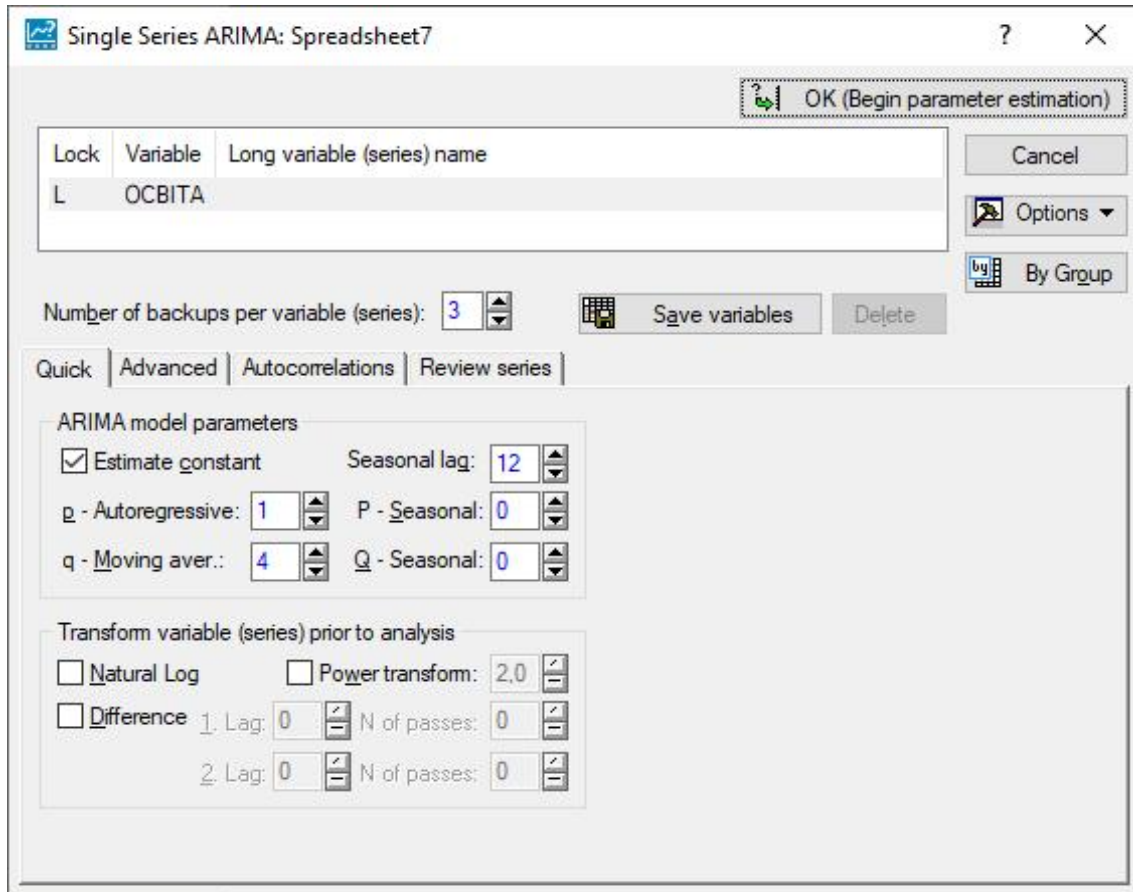


Рисунок 4. -Діалогове вікно для завдання порядку моделі

В цьому діалоговому вікні треба задати кількість членів в рівнянні моделі, наприклад,  $p = 1$ ,  $q = 0$  і наявність вільного члена - Оцінити константу (Estimate constant). Надалі, якщо модель вийде невдалою, треба буде варіювати значення  $p$  і  $q$  з урахуванням рекомендацій по вигляду графіків автокореляційної функції та часткової автокореляційної функції (рис. 5) та (рис. 6)

Графік автокореляційної функції називають також корелограм (рис.2.5). На цьому графіку крім самої АКФ (автокореляційна функція), значення якої зображуються у вигляді стовпчиків, червоним кольором вказані довірчі інтервали для коефіцієнтів автокореляції, які в межах довірчих інтервалів незначимо відрізняються від нуля.

Рекомендації по підбору порядку моделі на основі аналізу графіків АКФ і ЧАКФ (часткова автокореляційна функція). Попередній висновок про порядок моделі ковзного середнього можна зробити за кількістю перших  $q$  значимих значень автокореляційної функції (рис. 5). Зазначене правило добре, якщо підібраний порядок невеликий, наприклад, від одного до трьох-чотирьох.

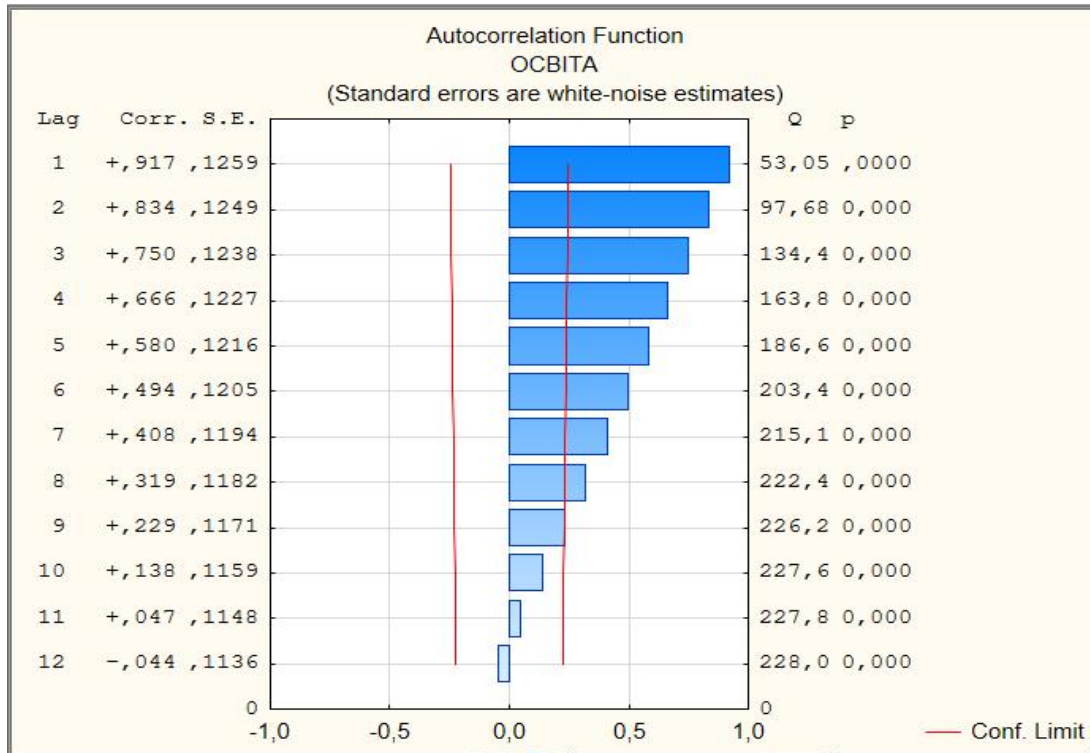


Рисунок 5.- Графік автокореляційної функції

Для підбору порядку авторегресії  $p$  велику інформацію дає вид часткової автокореляційної функції. Якщо значимий перший коефіцієнт автокореляції, то  $p=1$ . Якщо значимі два перших коефіцієнта, то  $p=2$ .

Рішення, які значення задати для  $p$  і  $q$ , є не простим і вимагає експерименту з різними моделями. Проте, є наступні практичні рекомендації, узагальнюючі обидва графіка:

1. Задати параметр  $p=1$ , якщо АКФ експоненціально убуває, а ЧАКФ різко виділяє значення на лагу 1, немає кореляції на інших лагах.

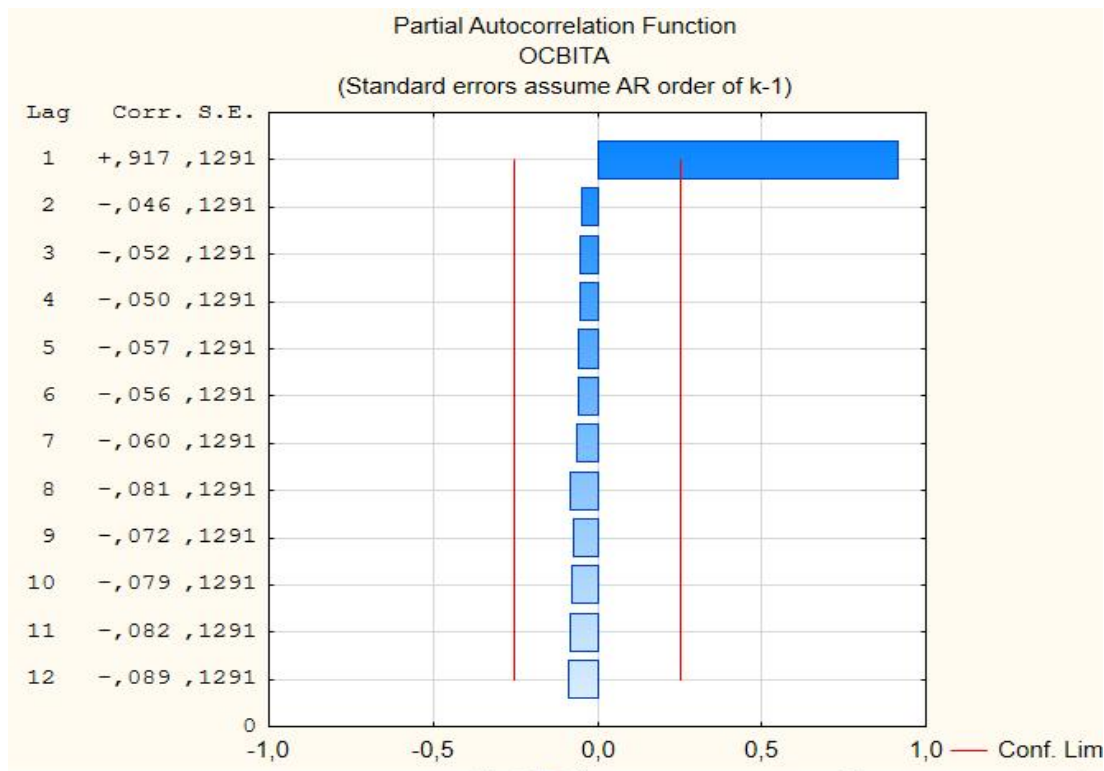


Рисунок 6.- Графік часткової автокореляційної функції

2. Задати параметр  $p = 2$ , якщо АКФ має форму синусоїди або експоненціально убиває. ЧАКФ повинна різко виділятися на значеннях лагів 1 і 2.

3. Задати параметр  $q = 1$ , якщо АКФ різко виділяє значення на лагу 1, немає кореляції на інших лагах. ЧАКФ експоненціально убиває.

4. Задати параметр  $q = 2$ , якщо АКФ різко виділяється на лагу 1 і 2, немає кореляції на інших. ЧАКФ має форму синусоїди або експоненціально убиває.

5. Поставити  $p = 1$  і  $q = 1$ , якщо АКФ експоненціально убиває з лага 1, ЧАКФ експоненціально убиває з лага 1.

4. Оцінювання параметрів моделі.

Існують різні методи оцінювання параметрів, які дають дуже схожі оцінки, але для даної моделі одні оцінки можуть бути більш ефективні, а інші менш ефективні. Загалом, під час оцінювання порядку моделі використовується так званий квазіньютонівський алгоритм максимізації правдоподібності (вірогідності) спостереження значень ряду за значеннями параметрів. Практично

це вимагає обчислення (умовних) сум квадратів (SS) залишків моделі. Є різні способи обчислення суми квадратів залишків SS; ви можете обрати:

- наближений метод максимальної правдоподібності МакЛеода і Сейлз (1983);
- наближений метод максимальної правдоподібності з ітераціями назад;
- точний метод максимальної правдоподібності по Меларду (1984).

Метод оцінювання вибирається в лівій нижній частині вікна (рис. 4).

Система пропонує дві обчислювальні процедури, що реалізують метод максимальної правдоподібності, наближений і точний (Exact).

Тепер, коли задано параметри моделі і таким чином визначено кількість невідомих коефіцієнтів в рівнянні, можна запустити процедуру їх знаходження (Оцінювання) кнопкою Ok (Begin parameters estimation).

Якщо ітераційний процес обчислення коефіцієнтів зійшовся, то з'явиться вікно з результатами обчислень Результати АРІСС (Single Series ARIMA Results). В інформаційній галузі діалогового вікна результатів (рис.2.7) висвічуються такі відомості:

- ім'я ряду спостережень;
- перелік перетворень (Transformations), яких зазнав ряд;
- вид моделі: Model (p, d , Q), де d - число перетворень типу взяття різниць першого або більш високих порядків;
- кількість спостережень у вихідному ряду (No. of obs);
- початкове і кінцеве значення залишкової Сума квадратів (SS) і середній квадрат залишків (MS);
- числові значення коефіцієнтів рівняння і їх стандартні помилки.

Коефіцієнти рівняння моделі стійкі, якщо вони, по меншій міру, в два рази перевищують свої стандартні помилки. червоним кольором виділяються значимі коефіцієнти.

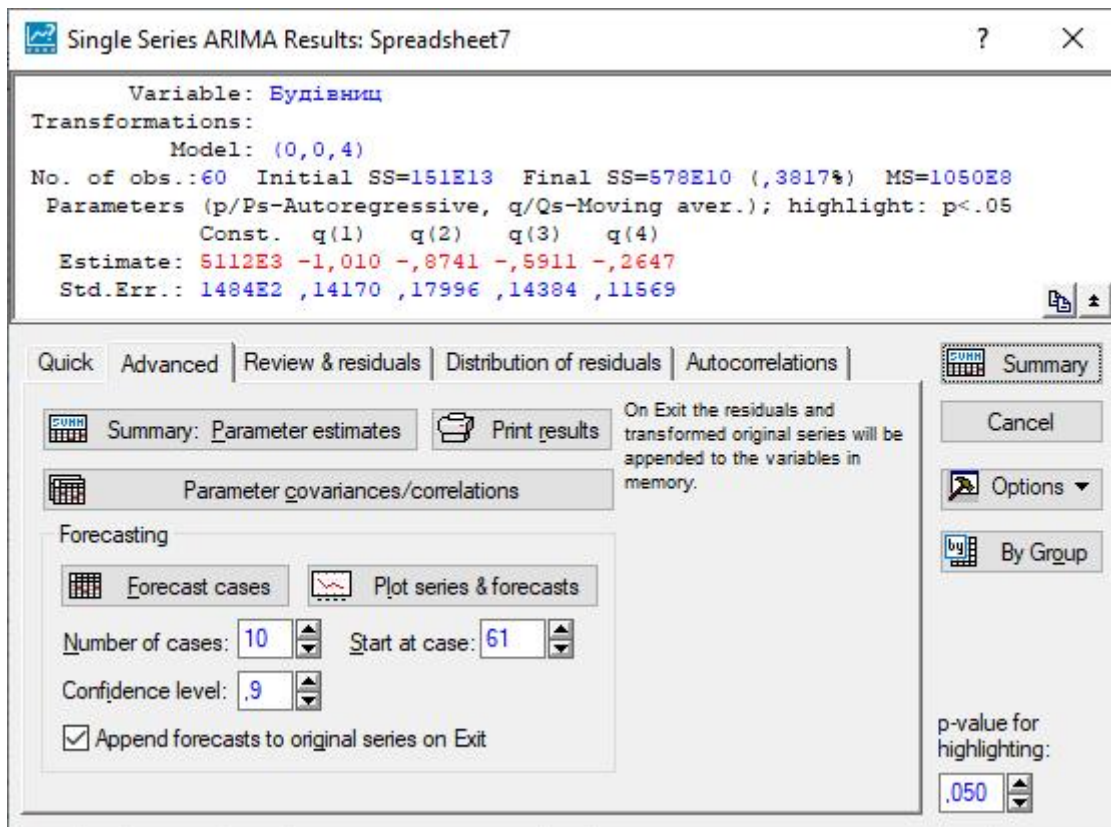


Рисунок 7.- Вікно результатів, прогнозу і аналізу залишків

5. Прогноз за моделлю. Параметри прогнозу можна задати у вікні результатів (рис. 6) на вкладці Додатково (Advanced) в поле Прогноз (Forecasting):

- завчасність - Число спостережень (Number of Cases);
- номер елемента ряду, з якого передбачається почати прогноз (Start at Case);
- довірчу ймовірність прогнозу - Рівень довіри (Confidence level).

Графік ряду з доданими спрогнозованими значеннями червоного кольору і довірчими інтервалами для них (рис. 8) можна отримати, клацнувши на кнопці графік ряду і прогнозів (Plot series & forecasts). Рекомендується побудувати кілька моделей і вибрати найкращий варіант.



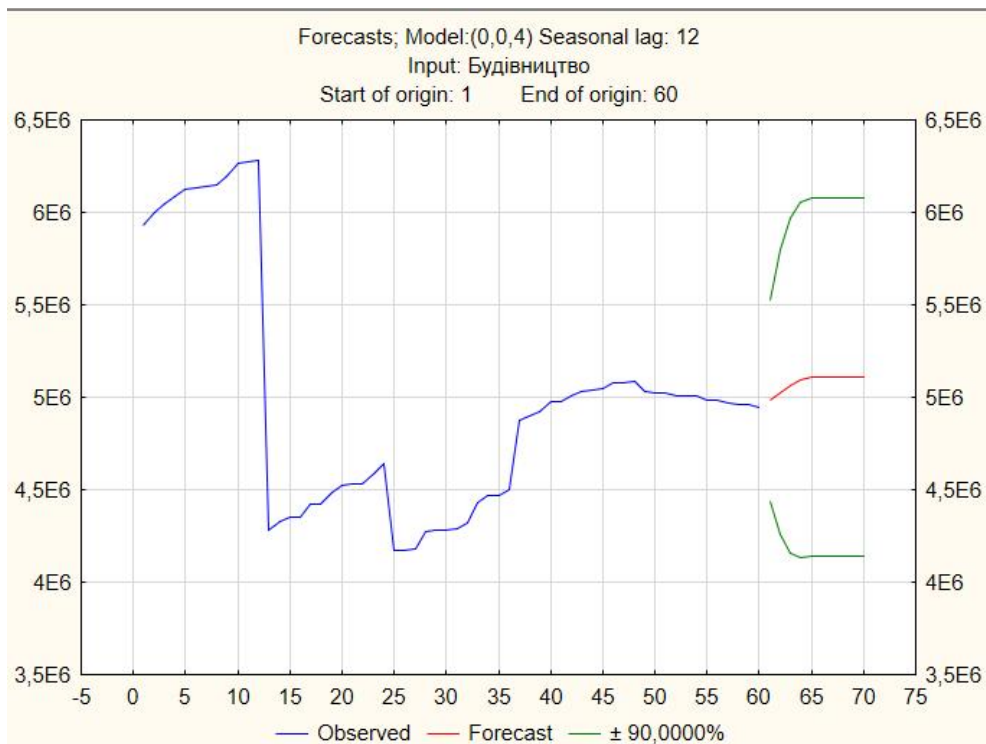


Рисунок 8 - Приклад прогнозу по моделі з порядком  $p = 1$  і  $q = 4$

Існують два варіанти завдання ряду для прогнозу, пов'язані з обмеженнями моделі. Якщо для прогнозу задається ім'я вихідного ряду, то модель автоматично враховує перетворення тільки типу взяття різниць (параметр  $d$ ) і видає результати для вихідного ряду.

Якщо при приведенні ряду до стаціонарного виду використовувалися перетворення інших типів, то прогноз треба замовляти для перетвореного ряду. Так як результати проміжних перетворень храняться в модулі, то перерахунок прогнозованих величин на ряд спостережень не має складнощів.

6. Аналіз адекватності моделі даних. На жаль, єдиного загального правила для цього аналізу немає. Більш-менш обґрунтоване рішення можна прийняти, порівнявши наявні спостереження зі значеннями, отриманими за допомогою підбраної моделі.

Різниці між значеннями, що спостерігаються і передбаченими значеннями називають залишками. Аналіз залишків дозволяє отримати уявлення, наскільки добре підбрана сама модель і наскільки правильно обраний метод оцінки коефіцієнтів.

Передбачається, що модель адекватна, якщо виконуються 2 вимоги:

- 1) залишки незалежні,
- 2) залишки розподілені за нормальним законом.

Для перевірки незалежності залишків зазвичай використовують критерій серій, критерій Дарбіна - Уотсона, автокореляційну функцію.

У моделі ARIMA для цих цілей пропонується використовувати автокореляційну функцію (корелограм).

Для перевірки нормальності розподілу залишків найчастіше використовується графік на нормальному ймовірному папері, а також критерії Колмогорова-Смирнова,  $\chi^2$ -квадрат і т.д.

У вікні результатів зробимо графік залишків на вкладці Перегляд (Review & residuals) (рис. 9), гістограму ряду залишків (рис. 10) і графік на нормальному ймовірному папері (вкладка Розподіл залишків - Distribution of Residuals) (рис. 11). Потім побудуємо графік автокореляційної функції залишків (вкладка автокореляції - Autocorrelations). якщо коефіцієнти автокореляції незначимі (не виходять за межі довірчого коридору) і розташовані хаотично, то залишки незалежні (рис. 12).

Якщо модель не адекватна, то доведеться почати моделювання спочатку, з підбору нових  $p$  і  $q$  або з більш раннього етапу - перетворення ряду до стаціонарного виду.

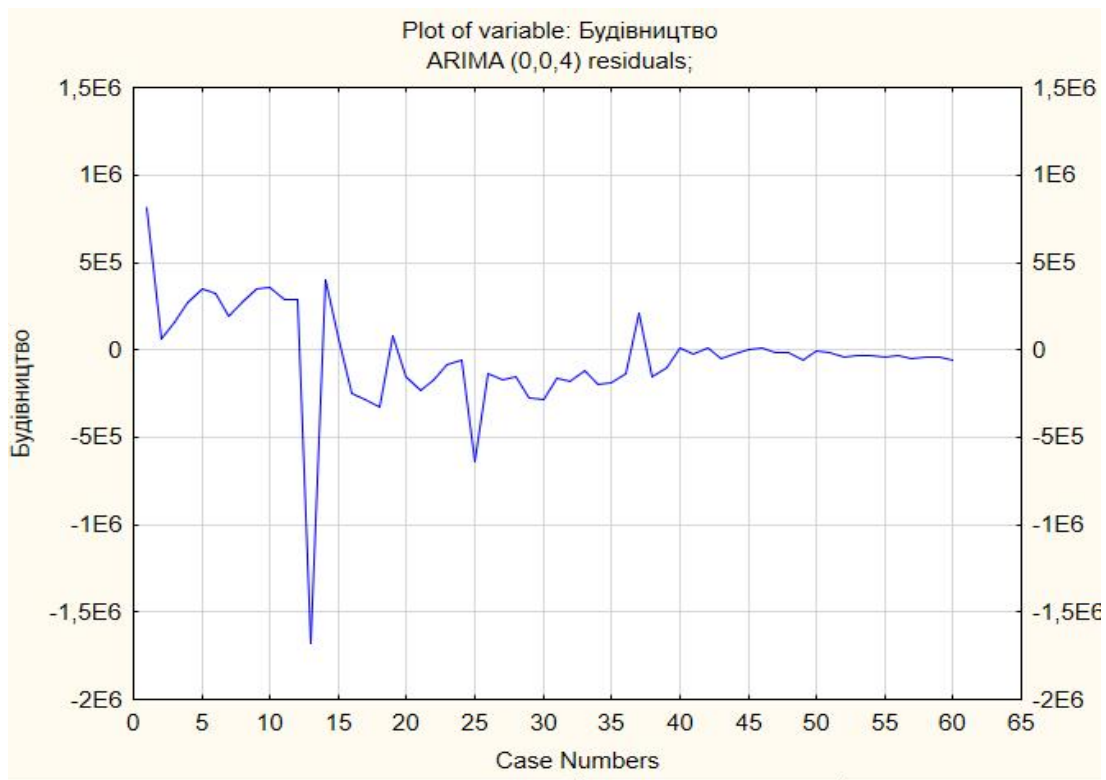


Рисунок 9 –Графік залишків

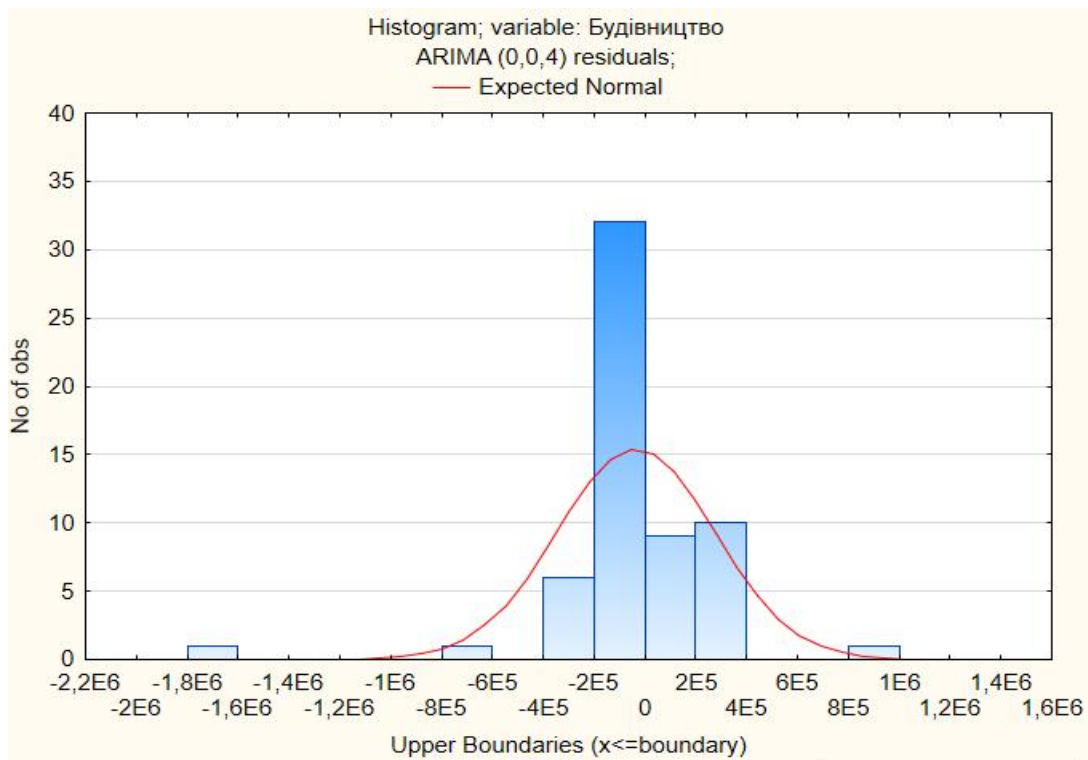


Рисунок 10 – Гістограма ряду залишків

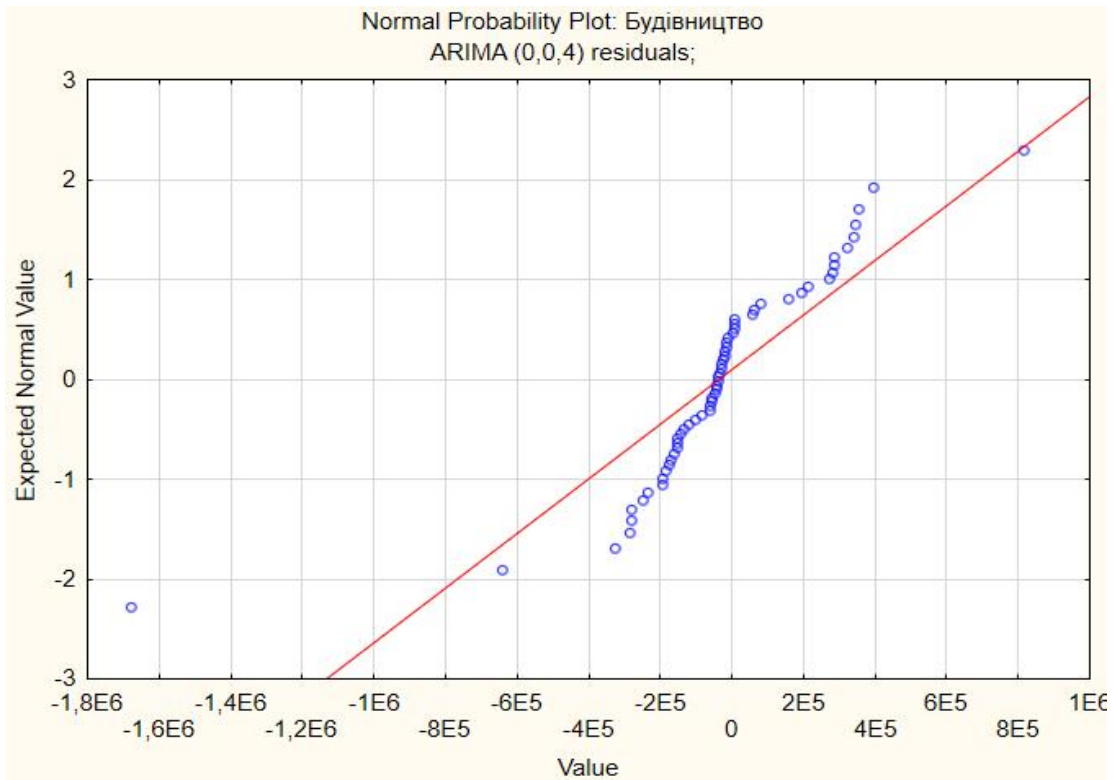


Рисунок 11 – Графік на нормальному ймовірному папері

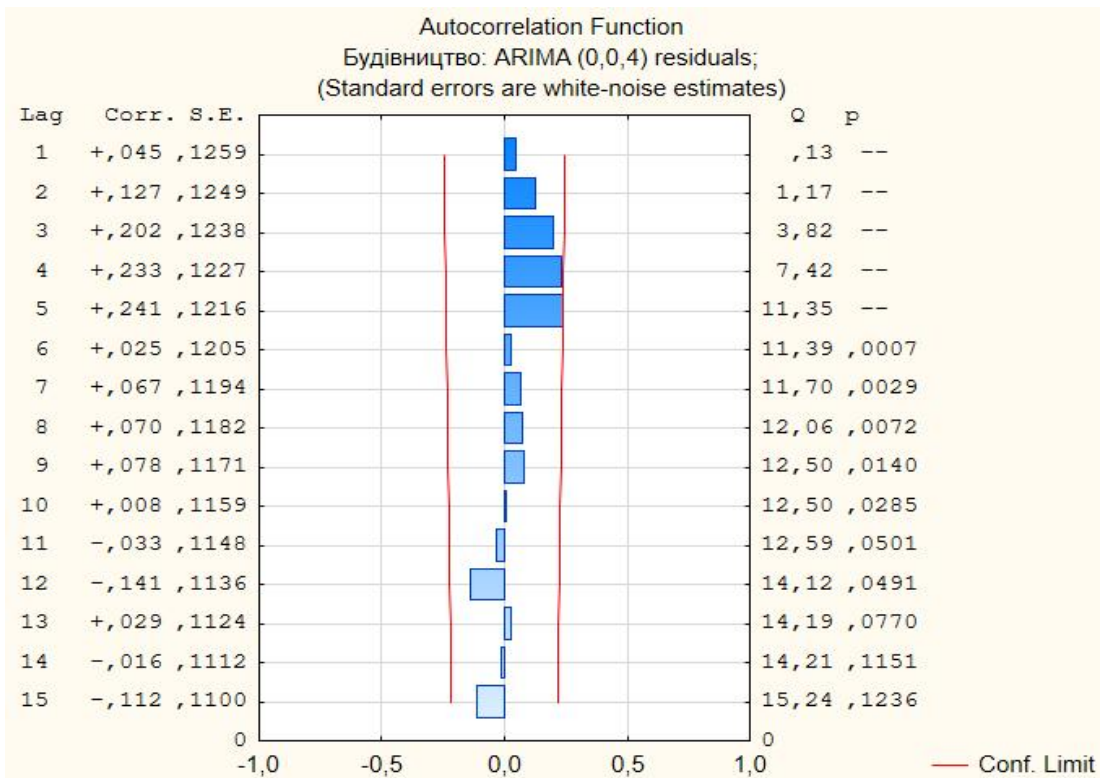


Рисунок 12 – Графік автокореляційної функції залишків

## Індивідуальні завдання № 1

### Аналіз динаміки галузей України

*Завдання:* користуючись знаннями, набутими після вивчення матеріалу розділу, провести аналіз динаміки фінансових показників галузей України та прогнозування їх розвитку.

*Порядок виконання:* для визначення свого варіанту галузі студент використовує останню цифру номеру своєї залікової книжки у табл. 1. Кожен студент вирішує всі задачі цього завдання.

*Методичні вказівки:* 1) Звернутися до сайту Держстату України.

2) Провести аналіз динаміки валового галузевого продукту (ВГП) за період з 2010 року.

3) Дати оцінку зміни трендів галузей і можливих наслідків.

Провести прогнозування за допомогою програми Statistica для різних рівнів довірчої ймовірності (0,7; 0,8; 0,9; 0,95).

4) Зробити висновки.

Таблиця 1

Остання цифра залікової книжки	Галузь діяльності
0	Видобувна
1	Машинобудівна
2	Хімічна
3	Аграрна
4	Фінансова
5	Педагогічна
6	Транспортна
7	Правоохоронна
8	Наукова
9	Туристична

**Індивідуальні завдання № 2**  
**Аналіз динаміки галузей України з точки зору міжгалузевої динамічної моделі Леонтєва**

*Завдання:* користуючись знаннями, набутими після вивчення матеріалу розділу, провести динаміки фінансових показників галузей України.

*Порядок виконання:* для визначення свого варіанту галузі студент використовує останню цифру номеру своєї залікової книжки у табл. 1. Студенти, що навчаються за скороченою програмою, до свого номеру додають число 15. Кожен студент вирішує всі задачі цього завдання.

- Методичні вказівки:*
- 1) Скористатися даними та аналізом з індивідуального завдання №1
  - 2) Прийняти обрану галузь як виробництво знарядь праці.
  - 3) Знайти коефіцієнти міжгалузевої динамічної моделі Леонтєва, використовуючи дані Держстату України.
  - 4) Побудувати графік залежності темпів приросту виробництва знарядь праці і предметів праці від темпу споживання та .
  - 5) Визначити напрямок змін галузевої структури валового внутрішнього продукту при зміні темпу споживання.
  - 6) Визначити умови безперервного зростання обраної галузі
  - 7) Зробити висновки.

### Індивідуальні завдання № 3

#### Аналіз динаміки економічних процесів з точки зору моделі Солоу

*Завдання:* визначити термін закінчення перехідного періоду розвитку економіки з адекватним урахуванням нелінійних залежностей обсягів випуску секторів від обсягів ресурсів за різних значень екзогенних параметрів і на підставі цього отримати деяку узагальнену картину економічного зростання, припускаючи, що виробнича функція є функцією Кобба-Дугласа  $F(K, L) = AK^\alpha L^{1-\alpha}$ .

*Порядок виконання:* для визначення свого варіанту галузі студент використовує номер за списком групи останню цифру номеру своєї залікової книжки у табл. 2. Студенти, що навчаються за скороченою програмою, до свого номеру додають число 15. Кожен студент вирішує всі задачі цього завдання.

*Методичні вказівки:* 1. За вихідними даними знайти стаціонарне значення середньодушового споживання

$$c^0 = (1 - \rho)(1 - a)x^0, \quad x^0 = (k^0)^{1-\alpha}, \quad k^0 = \left[ \frac{\rho(1-a)A}{\lambda} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}, \quad \lambda = \mu + \nu$$

2. Розрахувати динаміку зміни фондоозброєності у часі і визначити час, потрібний на вихід до стаціонарного режиму, коли  $k = const = k^0$ .

$$k(t) = \left[ (k^0)^{1-\alpha} + e^{-(1-\alpha)\lambda t} \left( k_0^{1-\alpha} - (k^0)^{1-\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

3. За формулами п.1 розрахувати таку ж динаміку середньодушового споживання, замінюючи у них всі параметри ( $n$ ) з індексами  $n^0$  на  $n(t)$ .

4. Побудувати графіки залежності часу виходу на стаціонарний режим від зміни таких параметрів як  $\nu$  – річний темп приросту чисельності зайнятих,  $\mu$  – частка вибулих протягом року основних виробничих фондів,  $a$  – коефіцієнт прямих витрат (частка проміжного продукту у валовому внутрішньому продукті),  $\rho$  – норма накопичення (частка валових інвестицій у ВВП). Для цього по черзі обирати один з цих параметрів, залишаючи інші стаціонарними

згідно вихідних даних,  $i$ , міняючи його значення від 0 до 1, проводити розрахунки згідно п. 2 з метою знайдення часу виходу на стаціонарний режим.

**Для довідки:** Стан економіки в моделі Солоу задається п'ятьма ендогенними змінними:  $X$  – валовий суспільний продукт (ВСП),  $C$  – фонд невиробничого споживання,  $I$  – інвестиції,  $L$  – кількість зайнятих,  $K$  – виробничі фонди. Для спрощення розрахунків було введено відносні показники:  $k = K/L$  – фондоозброєність;  $x = X/L$  – народногосподарська продуктивність праці;  $i = I/L$  – питомі інвестиції (на одного зайнятого);  $c = C/L$  – середньодушове споживання (на одного зайнятого).

### Вихідні дані.

Таблиця 2

№ п/п	$A$	$\alpha$	$a$	$\nu$	$\mu$	$\rho$
1	49,89	0,141	0,267	0,143	0,192	0,42
2	19,53	0,582	0,476	0,504	0,155	0,381
3	52,55	0,426	0,192	0,34	0,213	0,409
4	64,44	0,416	0,285	0,017	0,45	0,562
5	77,71	0,488	0,221	0,224	0,18	0,223
6	46,55	0,164	0,289	0,042	0,033	0,537
7	96,56	0,296	0,122	0,43	0,295	0,523
8	11,85	0,582	0,255	0,189	0,253	0,129
9	94,77	0,515	0,09	0,162	0,033	0,488
10	35,85	0,428	0,438	0,192	0,14	0,133
11	53,68	0,205	0,167	0,224	0,581	0,483
12	53,21	0,473	0,551	0,199	0,376	0,425



№ п/п	$A$	$\alpha$	$a$	$\nu$	$\mu$	$\rho$
13	94,81	0,361	0,309	0,057	0,125	0,438
14	68,85	0,158	0,274	0,253	0,216	0,424
15	69,88	0,473	0,279	0,53	0,28	0,042
16	34,18	0,39	0,029	0,547	0,181	0,445
17	77,36	0,454	0,563	0,055	0,135	0,474
18	92,12	0,192	0,397	0,016	0,199	0,385
19	74,20	0,205	0,074	0,409	0,353	0,404
20	76,32	0,191	0,31	0,389	0,474	0,247
21	43,98	0,1	0,071	0,089	0,455	0,172
22	26,19	0,447	0,55	0,079	0,188	0,049
23	49,16	0,237	0,028	0,106	0,14	0,531
24	87,66	0,571	0,265	0,149	0,188	0,45
25	94,55	0,467	0,049	0,282	0,054	0,13
26	48,39	0,065	0,571	0,12	0,063	0,534
27	33,06	0,309	0,096	0,166	0,255	0,486
28	93,63	0,27	0,359	0,37	0,524	0,315
29	77,76	0,355	0,107	0,125	0,431	0,366
30	38,53	0,312	0,314	0,501	0,11	0,33

## Індивідуальні завдання № 4

### Вивчення моделі економічного зростання Харрода-Домара

*Завдання:* Засвоїти методи аналізу економіки з точки зору моделі Харрода-Домара

*Порядок виконання:* для визначення свого варіанту галузі студент використовує номер за списком групи останню цифру номеру своєї залікової книжки у табл. 2. Студенти, що навчаються за скороченою програмою, до свого номеру додають число 15. Кожен студент вирішує всі задачі цього завдання.

*Методичні вказівки:*

- 1) визначити коефіцієнт акселерації, при якому буде досягнута рівновага в економіці,
- 2) визначити частка приросту капіталу у прирості загальної величини суспільного продукту,
- 3) знайти величину економічного зростання,
- 4) розрахувати рівноважне значення інвестицій. визначити термін закінчення перехідного періоду розвитку економіки з адекватним урахуванням нелінійних залежностей обсягів випуску секторів від обсягів ресурсів за різних значень екзогенних параметрів і на підставі цього отримати деяку узагальнену картину економічного зростання, припускаючи, що виробнича функція є функцією Кобба-Дугласа  $F(K, L) = AK^\alpha L^{1-\alpha}$ .

Таблиця 4

Валовий внутрішній продукт у попередньому періоді, поточному та його природне значення (ВВП0, ВВП1, ВВПn), інвестиції у поточному році (I1), вартість капіталу у попередньому та поточному періоді (K0, K1) – все в ум. гр. од., частка

заощаджень в національному доход (ЧЗНД) – у %

№ п/п	ВВП0	ВВП1	I1	K0	K1	ЧЗНД
1	150	181	4,6667	6,9481	6,8831	0,4719
2	199	179	7,9167	8,8961	6,6883	0,7116
3	155	197	5,5417	10,195	12,857	0,3783
4	157	195	6,875	9,2857	12,078	0,3933
5	154	175	6,7917	10,455	11,039	0,4082
6	164	137	4,6667	6,7532	12,273	0,6891
7	150	114	6,125	10,065	10,714	0,4944
8	182	196	4,3333	11,753	12,922	0,5056
9	142	133	7	7,0779	6,8831	0,4831
10	181	127	6	6,8182	6,8831	0,6442
11	145	148	4,9583	8,2468	7,4026	0,5805
12	154	102	5	10,39	9,8701	0,4569
13	101	142	6,5833	8,6364	6,6234	0,4307
14	104	190	7,2917	10,714	8,0519	0,5768
15	137	165	4,9583	12,273	12,208	0,633
16	135	197	5,875	11,364	6,6234	0,6966
17	197	145	5,2083	8,7662	12,078	0,397
18	137	114	8	8,0519	11,234	0,4457
19	126	101	6	7,987	8,8312	0,6142
20	130	161	5,5833	10,065	12,468	0,4981
21	179	155	4,25	7,7922	12,143	0,588
22	138	168	5,4167	6,6883	8,1169	0,4345
23	175	160	5,8333	7,4026	10,195	0,5094
24	128	187	8,2083	12,013	9,2857	0,5243
25	185	157	5,4167	7,7922	12,208	0,4906
26	124	169	4,2083	6,4935	7,4675	0,3783
27	199	175	5,9583	6,6883	9,1558	0,5655
28	177	132	6,4583	9,3506	10	0,4307
29	187	174	4,375	10,325	9,3506	0,4157
30	180	195	7,9167	12,078	7,2078	0,7041

## Література

1. Моделирование экономической динамики: Учебное пособие /Клебанова Т.С., Полякова О.Ю.-Х.: Изд. Дом «ИНЖЕК», 2011.-244 с.
2. Григорків В. С, Ярошенко О. І. Дискретні моделі економічної динаміки: навчальний посібник. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2014. – 96 с.
3. Григорків В. С.,Григорків М. В., Скращук Л. В. Диференціальні моделі економічної динаміки: основи теорії та приклади: навчальний посібник Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2015. – 214 с.
4. Бродський Ю. Б., Молодецька К. В. Моделювання економічної динаміки: підручник. Житомир: ЖНАЕУ, 2016. – 132 с.
5. Кочура Є.В. Моделювання макроекономічної динаміки: Навч. посібник.- Київ: Центр навчальної літератури, 2013.-236 с.
6. Гладка О. М., Карпович І. М., Сінчук А. М. Моделі економічної динаміки для фахівців з інформаційних технологій: Навчальний посібник/ О. М. Гладка, І. М. Карпович, А. М. Сінчук. – Рівне: РДГУ, 2019. – 158 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«Моделювання економічної динаміки»  
для магістрів спеціальності 051 «Економіка»,

Розробник Ігор Миколайович Пістунов

Редактор: О.Н. Ільченко

Підписано до друку 21.10.2019. Формат 30 × 42/4.  
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 7,3.  
Обл.-вид. арк. 1,2. Тираж 100 прим. Зам.\_\_\_\_\_.

Підготовлено до виходу в світ  
у Державному вищому навчальному закладі  
«Національний гірничий університет».  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842  
4960050, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19