

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

**Лабораторний практикум  
з навчальної дисципліни  
"СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ  
ТА ПРОГНОЗУВАННЯ"**

**(модулі 3, 4)**

**для студентів напряму підготовки  
6.030506 "Прикладна статистика"  
денної форми навчання**

**Харків. Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014**

Затверджено на засіданні кафедри статистики та економічного прогнозування.

Протокол № 1 від 29.08.2013 р.

**Укладачі:** Раєвська О. В.

Чанкіна І. В.

Гольцяєва Л. А.

Л12            Лабораторний практикум з навчальної дисципліни "Статистичне моделювання та прогнозування" (модулі 3, 4) для студентів напряму підготовки 6.030506 "Прикладна статистика" денної форми навчання / укл. О. В. Раєвська, І. В. Чанкіна, Л. А. Гольцяєва. – Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 68 с. (Укр. мов.)

Подано лабораторні роботи, метою яких є закріплення й поглиблення знань теоретичного та практичного матеріалу, набуття навичок аналізу різних типів даних за допомогою пакета Statistica.

Рекомендовано для студентів економічних спеціальностей.

## Вступ

Лабораторний практикум призначений для засвоєння студентами теоретичних та практичних знань з навчальної дисципліни "Статистичне моделювання та прогнозування", набуття навичок роботи з пакетами прикладних програм Statistica 8.0, MS Excel та EViews, які дозволяють реалізувати спектр економіко-математичних методів та моделей аналізу та прогнозування розвитку соціально-економічних процесів і явищ.

Основний обсяг лабораторних робіт поданий для виконання в системі Statistica 8.0, важливою характеристикою якої є те, що вона є повноцінною прикладною програмою Windows та містить комплекс статистичних методів, що підтримують рішення різних статистичних та економіко-математичних задач. При розробці лабораторних робіт передбачається, що студент вміє працювати в середовищі Statistica 8.0.

MS Excel – це універсальний та досить потужний табличний процесор, який надає можливість відчувати всі деталі і тонкощі досліджуваних методів, що природним чином підвищує рівень засвоєності навчального матеріалу. Простота та потужність пакета EViews дозволяє обробляти панельні статистичні дані, які досить часто описують сучасні економічні явища.

Навчальна дисципліна складається з чотирьох змістовних модулів: методологічні основи статистичного моделювання і прогнозування, моделювання взаємозв'язків економічних процесів, моделювання часових процесів та моделювання і прогнозування багатовимірних процесів. Лабораторний практикум призначений для розробки тем третього та четвертого модулів. Кожна робота містить мету, завдання та методичні рекомендації до їх виконання. Кожна лабораторна робота розглянута на прикладі рішення конкретної задачі й забезпечена докладними коментарями та елементами графічного аналізу.

За виконання й захист лабораторної роботи виставляється відведена кількість балів відповідно до технологічної карти з навчальної дисципліни. Певна увага приділяється оформленню якісного звіту з лабораторної роботи, знанню студентами теоретичного матеріалу, володінню пакетами прикладних програм, а також повноті економічної інтерпретації отриманих результатів. Компетентності, яких набувають студенти в процесі вивчення дисципліни наведені в табл. 1.

**Компетентності,  
яких набувають студенти в процесі вивчення навчальної  
дисципліни "Статистичне моделювання та прогнозування"  
(за Національною рамкою кваліфікацій)**

№ п/п	Зміст компетентності	Теми дисципліни, що формують компетентність
1	2	3
<b>3. Здатність до моделювання взаємозв'язків між економічними процесами та явищами</b>		
Знання	<p>Знання передумов побудови класичної лінійної регресії, методів визначення її параметрів. Знання критеріїв оцінки адекватності моделі. Знання методів перевірки моделі на мультиколінеарність та методів її усунення. Знання видів шкал та методики перетворення кількісних шкал у якісні.</p> <p>Знання видів моделей з фіктивними змінними та методів оцінки наявності структурних зрушень в економічних процесах.</p> <p>Знання методів однофакторного та багатфакторного дисперсійного аналізу, методів оцінки величини стандартизованих ефектів.</p> <p>Знання видів індексів, особливостей використання індексного аналізу.</p> <p>Знання математичного та економічного змісту індексних моделей</p>	<p>Тема 5. Класична множинна регресія.</p> <p>Логіко-статистичні передумови забезпечення адекватності регресійних моделей.</p> <p>Тема 6. Регресія на змішаних множинах чинників.</p> <p>Тема 7. Моделювання взаємозв'язку в комбінаційних групуваннях і модель стандартизованих групувань.</p> <p>Тема 8. Багатфакторні індексні моделі</p>
Вміння	<p>Здатність проводити оцінку параметрів лінійної регресійної моделі, визначати її адекватності та за допомогою моделі прогнозувати зміну факторної ознаки.</p> <p>Здатність проводити оцінку регресійної моделі на мультиколінеарність та усувати її за необхідністю.</p> <p>Здатність використовувати фіктивні змінні для оцінки впливу якісних факторів на розвиток соціально-</p>	

1	2	3
	<p>економічних систем (підприємств, регіонів тощо).</p> <p>Здатність використовувати дисперсійний аналіз для аналізу взаємозв'язків за даними комбінаційних групувань.</p> <p>Здатність використовувати індексний аналіз при моделюванні оцінки структурних зрушень у протіканні економічних процесів, визначати коректність розробленої індексної моделі</p>	
Комунікація	<p>Навички толерантного ставлення до іншої думки при вирішенні завдання.</p> <p>Вміння використовувати ПП Statistica 8.0 та MS Excell для вирішення прикладної задачі.</p> <p>Здатність до критики й самокритики.</p> <p>Розвиток креативного мислення при вирішенні поставлених завдань.</p> <p>Вміння вести дискусію й презентувати результати статистичних досліджень</p>	
Автономність і відповідальність	<p>Здібність виділяти серед різноманітних пропозицій щодо вирішення проблеми інформацію, яка дозволяє це здійснити.</p> <p>Здатність до розвитку креативного мислення при вирішенні поставлених завдань.</p> <p>Прагнення до неперервного особистісного та професійного вдосконалення</p>	
<p>4. Здатність до моделювання та прогнозування часових рядів при дослідженні динаміки розвитку СЕС</p>		
Знання	<p>Знання принципів декомпозиції часового ряду, методів оцінки наявності тренда та перевірки його виду. Знання сутності автокореляції методів визначення її наявності та методів усунення автокореляції залишків моделі</p>	<p>Тема 9. Моделювання і прогнозування тенденцій розвитку.</p> <p>Тема 10. Моделювання повних циклів і процесів оновлення</p>

1	2	3
	<p>Знання принципів та підходів до моделювання циклічності в економічних процесах.</p> <p>Знання етапів та принципів побудови моделей адаптивного прогнозування. Знання принципів побудови інтегрованих моделей авторегресії першого та другого порядку</p>	<p>Тема 11. Моделі адаптивного прогнозування та інтегрована модель авторегресії</p>
Вміння	<p>Здатність проводити декомпозицію ряду динаміки та моделювати його трендову складову з метою прогнозування показників розвитку систем (підприємств, регіонів тощо). Здатність до побудови автокореляційної моделі та проведення перевірки наявності автокореляції залишків моделі та її усунення. Здатність виявляти та моделювати циклічні коливання в економічних процесах за допомогою розкладу в ряд Фур'є.</p> <p>Здатність застосовувати методи адаптивного прогнозування у ході дослідження перспективних та ретроспективних тенденцій розвитку СЕС (підприємств, організацій, регіонів тощо). Здатність використовувати інтегровані моделі авторегресії в дослідженні економічних процесів стохастичної природи</p>	
Комунікація	<p>Вміння використовувати ПП Statistica 8.0 та MS Excell для вирішення прикладної задачі.</p> <p>Здатність до критики й самокритики.</p> <p>Розвиток креативного мислення при вирішенні поставлених завдань</p>	
Автономність і відповідальність	<p>Здібність виділяти серед різноманітних позицій щодо вирішення проблеми інформацію, яка дозволяє це здійснити.</p> <p>Здатність до розвитку креативного мислення при вирішенні поставлених завдань. Прагнення до неперервного особистісного та професійного вдосконалення</p>	

1	2	3
<b>5. Здатність до моделювання структурно-динамічних особливостей розвитку складних СЕС</b>		
Знання	Знання принципів побудови моделей панельних даних, їх різновиди, методи перевірки якості моделей. Знання видів систем регресійних рівнянь, передумов їх ідентифікованості, методів оцінки їх параметрів	Тема 12. Модель об'єкто-періодів. Тема 13. Моделювання причинних комплексів і рекурентні моделі
Вміння	Здатність до побудови моделей на панельних даних при дослідженні просторових об'єктів у динаміці. Здатність використовувати системи регресійних рівнянь при дослідженні складноструктурованих економічних системи та взаємодії їх складових	
Комунікація	Вміння використовувати ПП Statistica 8.0 та Eviews 7.0 для вирішення прикладної задачі. Здатність до критики й самокритики. Розвиток креативного мислення при вирішенні поставлених завдань	
Автономність і відповідальність	Здібність виділяти серед різноманітних пропозицій щодо вирішення проблеми інформацію, яка дозволяє це здійснити. Здатність до розвитку креативного мислення при вирішенні поставлених завдань. Прагнення до неперервного особистісного та професійного вдосконалення	
<b>6. Здатність до визначення та моделювання поведінки однорідних складних СЕС</b>		
Знання	Знання основних понять факторного аналізу, його видів та методів. Знання принципів реалізації методів головних компонент. Знання сутності кластерного аналізу, відностей між кластеризацією і класифікацією	Тема 14. Модель головних компонент. Тема 15. Кластерний аналіз. Тема 16. Дискримінантний аналіз

1	2	3
	<p>Знання методів стандартизації та визначення відстані між об'єктами.</p> <p>Знання методів кластерного аналізу.</p> <p>Знання основних понять дискримінаційного аналізу, способи проведення покрокового дискримінаційного аналізу.</p> <p>Знання критеріїв оцінки якості класифікації</p>	
Вміння	<p>Здатність використовувати метод головних компонент для редукції факторного простору дослідження СЕС (підприємств, регіонів тощо).</p> <p>Здатність проводити групування СЕС (підприємства, регіони тощо) методами природної та штучної кластеризації.</p> <p>Здатність до обґрунтування вибору міри відстані між об'єктами.</p> <p>Здатність до розробки дискримінаційної функції та перевірки якості кластеризації СЕС (підприємств, організації, регіонів тощо)</p>	
Комунікація	<p>Вміння використовувати ПП Statistica 8.0 для вирішення прикладної задачі.</p> <p>Здатність до критики й самокритики.</p> <p>Розвиток креативного мислення при вирішенні поставлених завдань</p>	
Автономність і відповідальність	<p>Здібність виділяти серед різноманітних пропозицій щодо вирішення проблеми інформацію, яка дозволяє це здійснити.</p> <p>Здатність до розвитку креативного мислення при вирішенні поставлених завдань. Прагнення до неперервного особистісного та професійного вдосконалення</p>	



## Лабораторна робота № 5. Побудова моделі декомпозиції часових рядів

**Мета:** закріплення теоретичного та практичного матеріалу, набуття навичок декомпозиції часового ряду в пакеті Statistica 8.0. Вивчення методів перевірки наявності трендової складової в ряді. Освоєння навичок вибору виду тренда за допомогою пакета MS Excel.

### Завдання

1. Визначити вид моделі декомпозиції.
2. Виявити всі складові.
3. Спрогнозувати трендову складову.
4. Здійснити спектральний аналіз циклічної складової.
5. Здійснити композицію моделі та перевірити її якість.
6. Сформулювати висновки.

### Методичні рекомендації

Необхідно сформувати динамічний ряд і подати його у вигляді файла в ППП Statistica. Слід припустити, що відомі дані про динаміку обсягу ВВП (у млрд грн), які наведені на рис. 1.

	1 T	2 ВВП
1	1	1234
2	2	1231
3	3	1236
4	4	1234
5	5	1233
6	6	1229
7	7	1232
8	8	1233
9	9	1232
10	10	1237
11	11	1233
12	12	1231
13	13	1232
14	14	1225
15	15	1213
16	16	1203
17	17	1198
18	18	1196

Рис. 1. Вихідні дані (фрагмент)

Необхідно побудувати графік вихідних даних, що наведено на рис. 2.

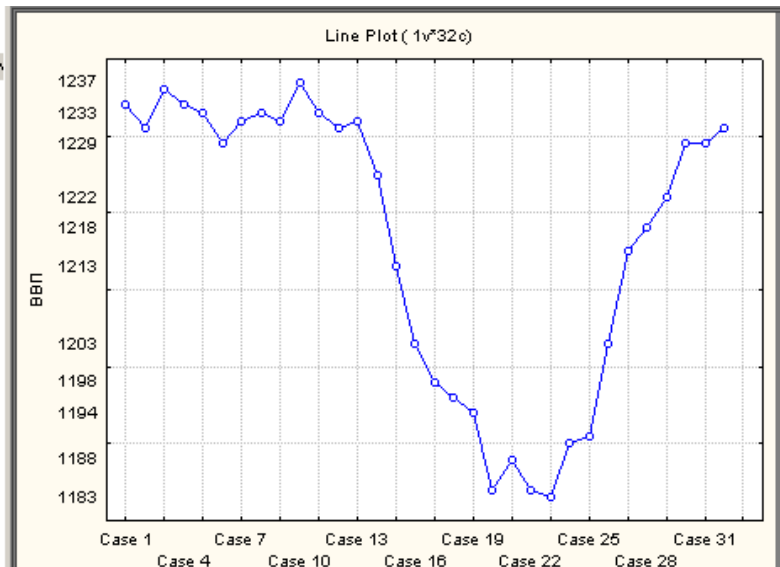


Рис. 2. Графік вихідних даних

Декомпозиція часового ряду поділяється на такі складові: трендово-циклічна, сезонна і випадкова. Це здійснюється з використанням мультиплікативної моделі часового ряду, яка в загальному вигляді наведена далі:

$$Y = T_t \times S_t \times C_t \times I. \quad (1)$$

Для цього необхідно вибрати вкладку Seasonal Decomposition у стартовій панелі модуля Advanced Linear / Nonlinear Models / Time Series / Forecasting і задати параметри сезонної декомпозиції (рис. 3, 4).

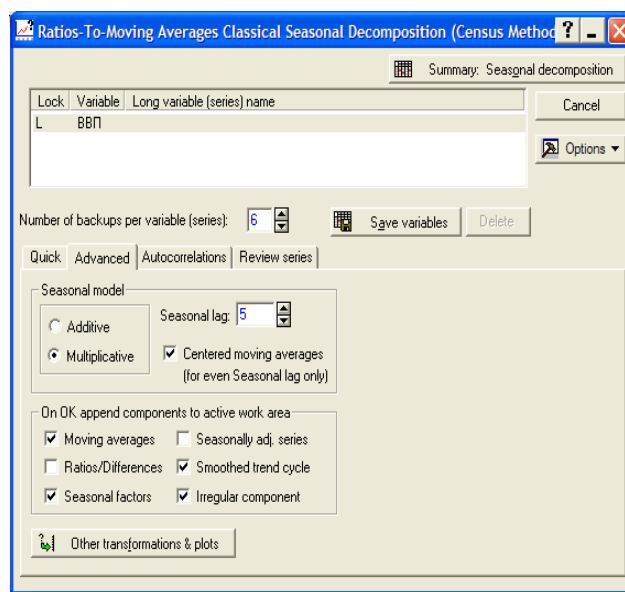


Рис. 3. Параметри моделі сезонної декомпозиції

Seasonal Decomposition: Multipl. season (5) (Spreadsheet1.sta)							
ВВП							
Case	ВВП	Moving Averages	Ratios	Seasonal Factors	Adjusted Series	Smoothed Trend-c.	Irreg. Compon.
1	1234,000			99,9183	1235,009	1233,848	1,000941
2	1231,000			99,9545	1231,560	1233,753	0,998222
3	1236,000	1233,600	100,1946	100,1060	1234,691	1233,564	1,000913
4	1234,000	1232,600	100,1136	100,0699	1233,138	1233,063	1,000061
5	1233,000	1232,800	100,0162	99,9513	1233,601	1232,705	1,000727
6	1229,000	1232,200	99,7403	99,9183	1230,005	1231,908	0,998455
7	1232,000	1231,800	100,0162	99,9545	1232,560	1231,758	1,000651
8	1233,000	1232,600	100,0325	100,1060	1231,694	1232,232	0,999563
9	1232,000	1233,400	99,8865	100,0699	1231,140	1233,176	0,998349
10	1237,000	1233,200	100,3081	99,9513	1237,603	1234,040	1,002887
11	1233,000	1233,000	100,0000	99,9183	1234,008	1233,576	1,000350
12	1231,000	1231,600	99,9513	99,9545	1231,560	1231,759	0,999838
13	1232,000	1226,800	100,4239	100,1060	1230,696	1227,899	1,002277
14	1225,000	1220,800	100,3440	100,0699	1224,145	1221,839	1,001887

Рис. 4. Результат сезонної декомпозиції (фрагмент)

На наступному етапі виконання лабораторної роботи необхідно скопіювати результати декомпозиції, а саме трендово-циклічну, сезонну і випадкову складові у вікно з вихідними даними (рис. 5).

	1 T	2 ВВП	3 Smoothed Trend-C.	4 Seasonal Factors	5 Irreg.
1	1	1234	1233,848	99,9183	1,000941
2	2	1231	1233,753	99,9545	0,998222
3	3	1236	1233,564	100,1060	1,000913
4	4	1234	1233,063	100,0699	1,000061
5	5	1233	1232,705	99,9513	1,000727
6	6	1229	1231,908	99,9183	0,998455
7	7	1232	1231,758	99,9545	1,000651
8	8	1233	1232,232	100,1060	0,999563
9	9	1232	1233,176	100,0699	0,998349
10	10	1237	1234,040	99,9513	1,002887
11	11	1233	1233,576	99,9183	1,000350
12	12	1231	1231,759	99,9545	0,999838
13	13	1232	1227,899	100,1060	1,002277
14	14	1225	1221,839	100,0699	1,001887
15	15	1213	1214,030	99,9513	0,999639
16	16	1203	1206,122	99,9183	0,998227
17	17	1198	1199,981	99,9545	0,998803
18	18	1196	1195,132	100,1060	0,999667
19	19	1194	1191,737	100,0699	1,001199
20	20	1184	1188,587	99,9513	0,996627
21	21	1188	1186,673	99,9183	1,001936
22	22	1184	1185,422	99,9545	0,999255
23	23	1183	1185,912	100,1060	0,996488
24	24	1190	1189,187	100,0699	0,999985
25	25	1191	1195,372	99,9513	0,996828
26	26	1203	1203,566	99,9183	1,000347
27	27	1215	1211,197	99,9545	1,003596
28	28	1218	1217,457	100,1060	0,999387
29	29	1222	1222,402	100,0699	0,998973
30	30	1229	1226,597	99,9513	1,002448
31	31	1229	1230,388	99,9183	0,999689
32	32	1231	1232,283	99,9545	0,999413

Рис. 5. Результати декомпозиції

Далі необхідно побудувати графік трендово-циклічної складової (рис. 6).

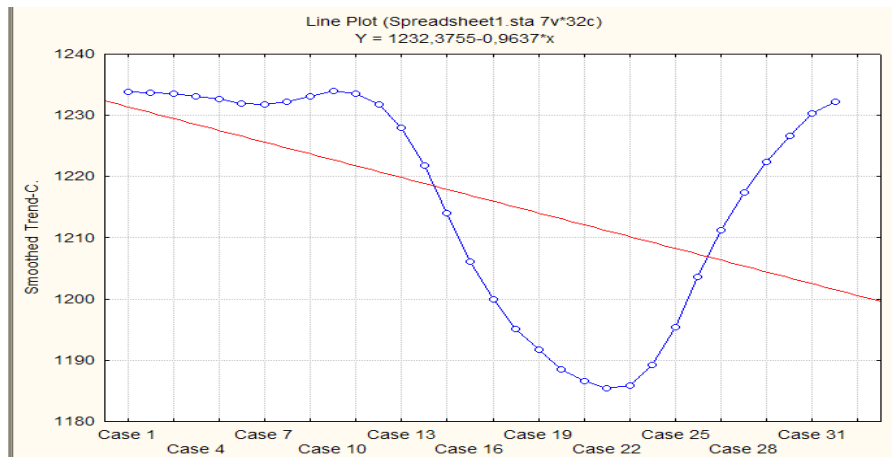


Рис. 6. Графік трендово-циклічної складової

Також необхідно побудувати графік сезонної складової (рис. 7).

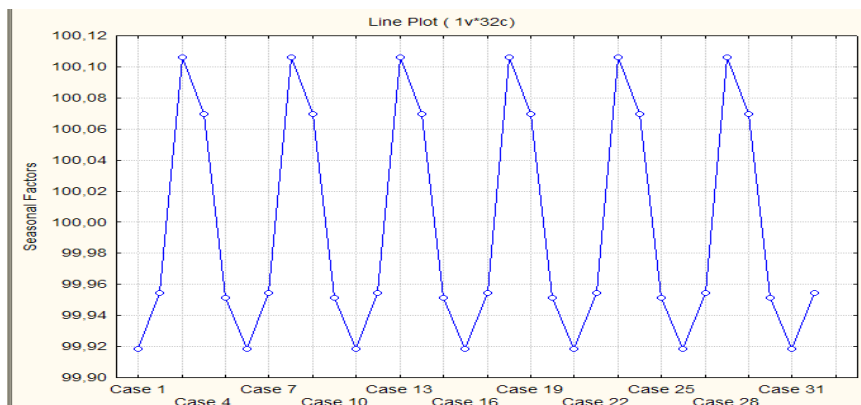


Рис. 7. Графік сезонної складової

Побудувати графік випадкової складової (рис. 8).

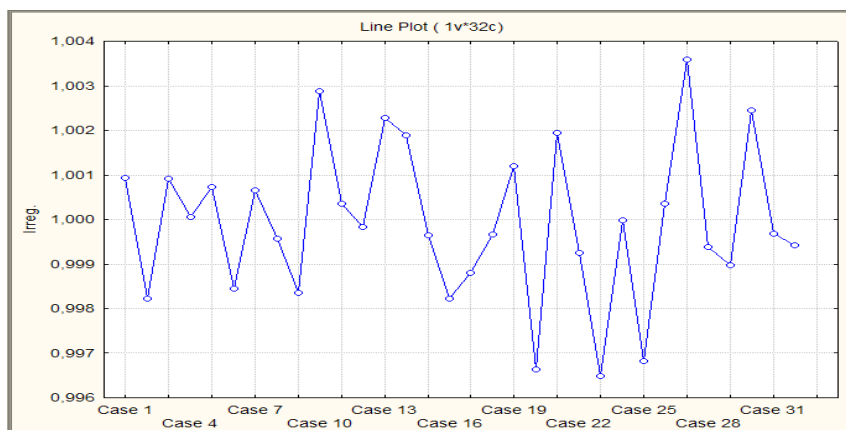


Рис. 8. Графік випадкової складової

Виділити тренд з трендово-циклічної складової. Для цього необхідно додати нову змінну і формулу її розрахунку (рис. 9, 10).

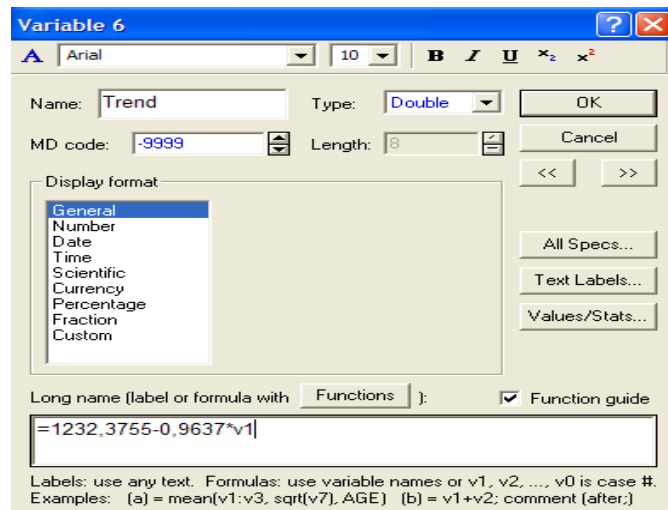


Рис. 9. Вікно введення нової змінної

	1 T	2 ВВП	3 Smoothed Trend-C.	4 Seasonal Factors	5 Irreg.	6 Trend
1	1	1234	1233,848	99,9183	1,000941	1231,412
2	2	1231	1233,753	99,9545	0,998222	1230,448
3	3	1236	1233,564	100,1060	1,000913	1229,484
4	4	1234	1233,063	100,0699	1,000061	1228,521
5	5	1233	1232,705	99,9513	1,000727	1227,557
6	6	1229	1231,908	99,9183	0,998455	1226,593
7	7	1232	1231,758	99,9545	1,000651	1225,63
8	8	1233	1232,232	100,1060	0,999563	1224,666
9	9	1232	1233,176	100,0699	0,998349	1223,702
10	10	1237	1234,040	99,9513	1,002887	1222,739
11	11	1233	1233,576	99,9183	1,000350	1221,775
12	12	1231	1231,759	99,9545	0,999838	1220,811
13	13	1232	1227,899	100,1060	1,002277	1219,847
14	14	1225	1221,839	100,0699	1,001887	1218,884
15	15	1213	1214,030	99,9513	0,999639	1217,92
16	16	1203	1206,122	99,9183	0,998227	1216,956

Рис. 10. Результати формування трендової складової (фрагмент)

Необхідно побудувати графік трендової складової (рис. 11).

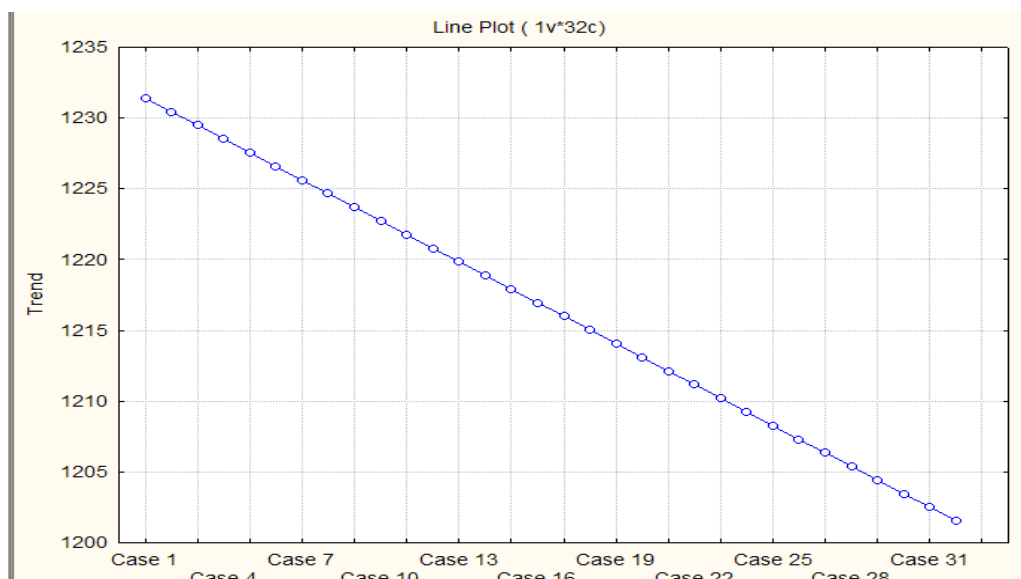


Рис. 11. Графік тренда

Далі розраховуються значення циклічної складової таким чином (рис. 12 – 14):

$$\text{Cycle} = \text{Smoothed Trend} - C. / \text{Trend.}$$

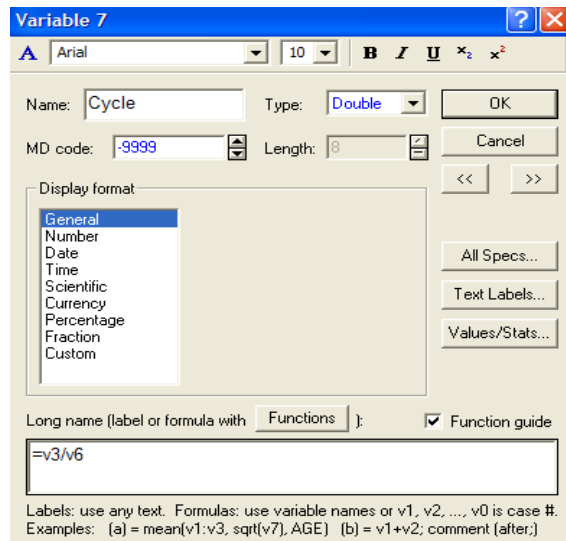


Рис. 12. Вікно введення нової змінної

	1	2	3	4	5	6	7
	T	ВВП	Smoothed Trend-C.	Seasonal Factors	Irreg.	Trend	Cycle
1	1	1234	1233,848	99,9183	1,000941	1231,412	1,001978
2	2	1231	1233,753	99,9545	0,998222	1230,448	1,002686
3	3	1236	1233,564	100,1060	1,000913	1229,484	1,003319
4	4	1234	1233,063	100,0699	1,000061	1228,521	1,003697
5	5	1233	1232,705	99,9513	1,000727	1227,557	1,004193
6	6	1229	1231,908	99,9183	0,998455	1226,593	1,004333
7	7	1232	1231,758	99,9545	1,000651	1225,63	1,005
8	8	1233	1232,232	100,1060	0,999563	1224,666	1,006178
9	9	1232	1233,176	100,0699	0,998349	1223,702	1,007742
10	10	1237	1234,040	99,9513	1,002887	1222,739	1,009243
11	11	1233	1233,576	99,9183	1,000350	1221,775	1,009659
12	12	1231	1231,759	99,9545	0,999838	1220,811	1,008968
13	13	1232	1227,899	100,1060	1,002277	1219,847	1,006601
14	14	1225	1221,839	100,0699	1,001887	1218,884	1,002425
15	15	1213	1214,030	99,9513	0,999639	1217,92	0,996806

Рис. 13. Результати розрахунку циклічної складової (фрагмент)

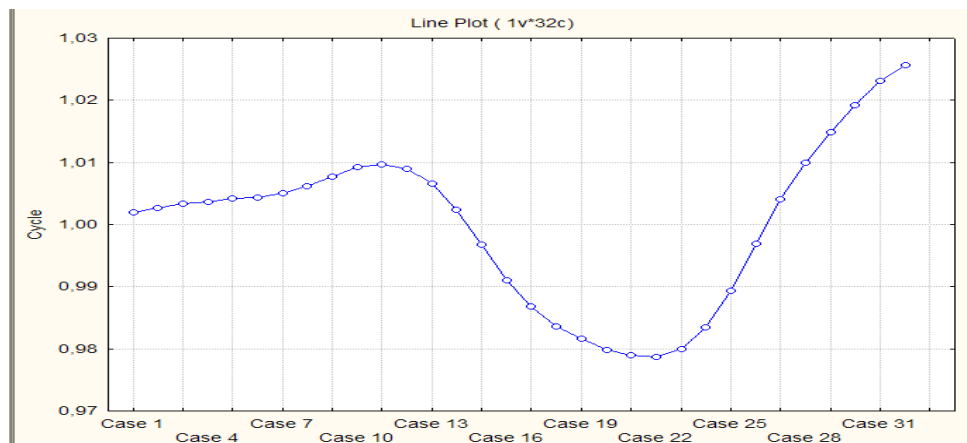


Рис. 14. Графік циклічної складової

Перш ніж перейти до прогнозування ВВП на 5 періодів вперед за допомогою моделі декомпозиції часового ряду, необхідно виконати такі дії:

- додати 5 спостережень після останнього з наявних у ряді;
- у стовпці даних T (період часу) вписати відповідні порядкові числівники, продовжуючи ряд;
- у стовпці Seasonal Factors вписати відповідні значення сезонних складових;
- у стовпці Cycle вписати відповідні значення циклічної складової з урахуванням періоду циклу;
- у стовпці Trend задати перерахунок даних;
- додати нову змінну ВВП predict.

Тоді розрахувати прогнозні значення показника ВВП на 5 кроків вперед можна шляхом вказівки моделі виду (рис. 15):

$$\text{ВВПpredict} = \text{Trend} \times \text{Cycle} \times \text{Seasonal Factors} / 100.$$

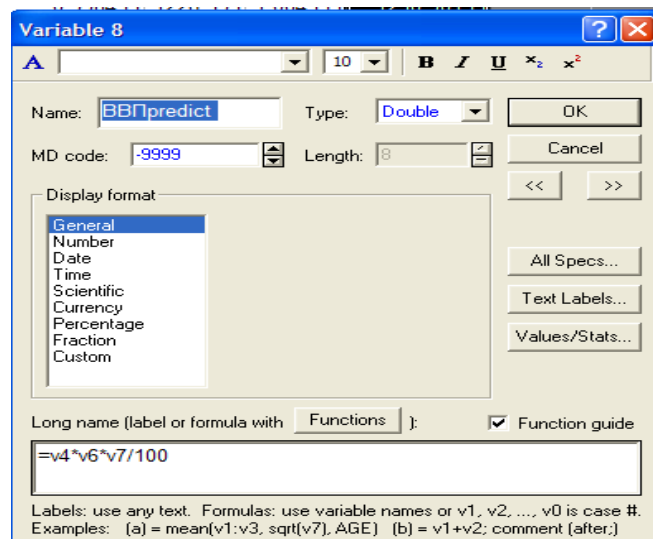


Рис. 15. Вікно введення нової змінної

Прогнозне значення ВВП наведено на рис. 16, а його графік – на рис. 17.

	1 T	2 ВВП	3 Smoothed Trend-C.	4 Seasonal Factors	5 Irreg.	6 Trend	7 Cycle	8 ВВПpredict
1	1	1234	1233,848	99,9183	1,000941	1231,412	1,001978	1232,83989
2	2	1231	1233,753	99,9545	0,998222	1230,448	1,002686	1233,19251
3	3	1236	1233,564	100,1060	1,000913	1229,484	1,003319	1234,87196
31	31	1229	1230,388	99,9183	0,999689	1202,501	1,023191	1229,38292
32	32	1231	1232,283	99,9545	0,999413	1201,537	1,025589	1231,72334
33	33			100,1060		1200,573	1,001978	1204,22329
34	34			100,0699		1199,61	1,002686	1203,67239
35	35			99,9513		1198,646	1,003319	1202,03769
36	36			99,9183		1197,682	1,003697	1201,12849
37	37			99,9545		1196,719	1,004193	1201,19066

Рис. 16. Прогнозне значення ВВП (фрагмент розрахункової таблиці)

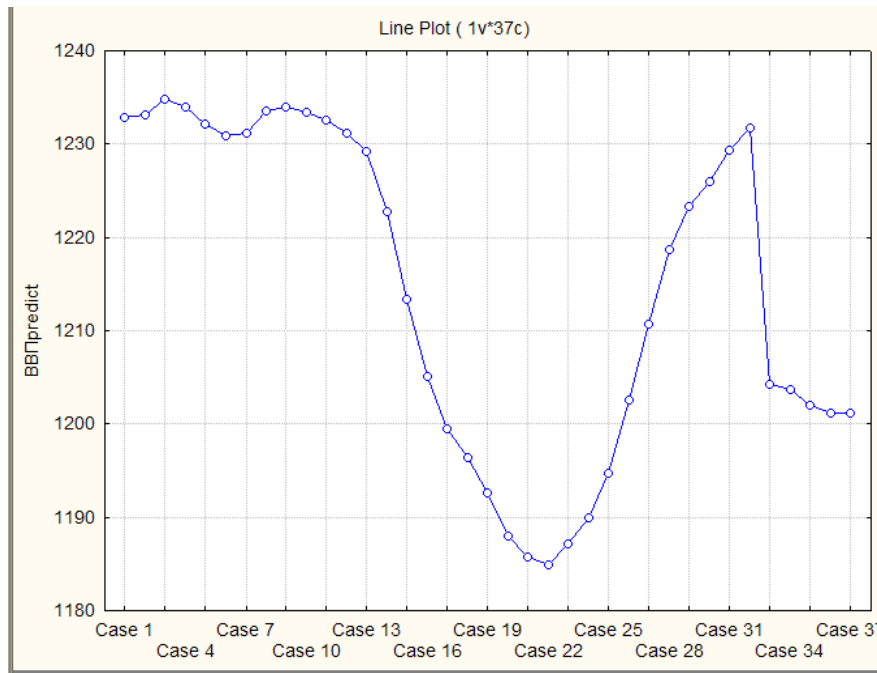


Рис. 17. Графік ВВП predict

На рис. 18 наведено гістограму розподілу похибок. Те, що зазначений розподіл близький до нормального закону, є підтвердженням адекватності моделі і точності прогнозу.

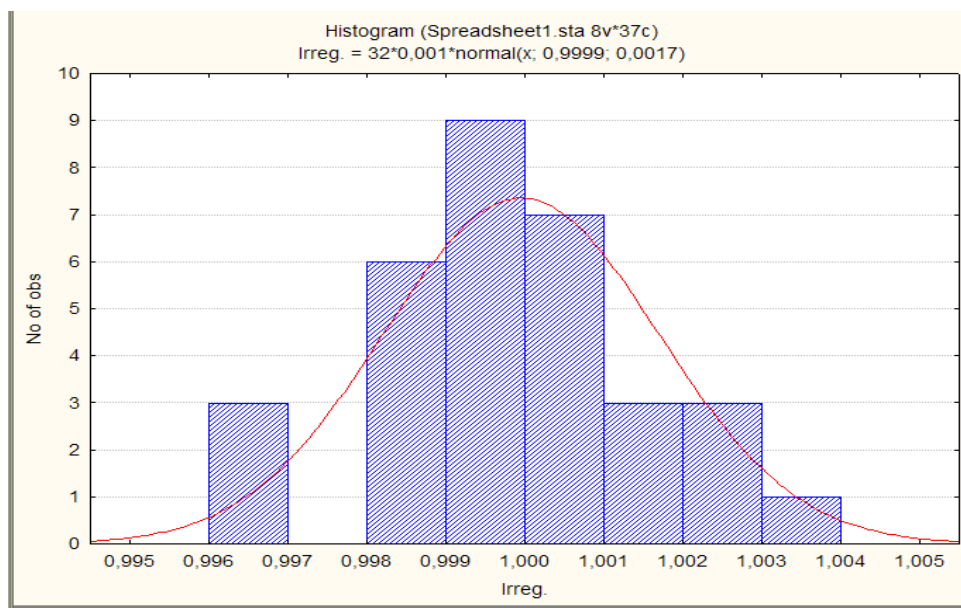


Рис. 18. Гістограма розподілу помилок

Слід розрахувати середню відносну процентну похибку за формулою (рис. 19):

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \times \sum \frac{|y - \bar{y}|}{y} \times 100 \% \quad (2)$$



	1	2	3	4	5
1	ВВП	ВВПpredict	y-yc	ABS	(y-yc)/y
2	1234	1232,83989	1,160107	1,160107	0,00094
3	1231	1233,19251	-2,19251	2,192514	0,001781
4	1236	1234,87196	1,128045	1,128045	0,000913
5	1234	1233,92423	0,075773	0,075773	6,14E-05
6	1233	1232,10386	0,896137	0,896137	0,000727
29	1218	1218,74734	-0,74734	0,747337	0,000614
30	1222	1223,2559	-1,2559	1,255898	0,001028
31	1229	1225,99901	3,000993	3,000993	0,002442
32	1229	1229,38292	-0,38292	0,38292	0,000312
33	1231	1231,72334	-0,72334	0,723336	0,000588
34					0,04282
35				MAPE	0,133814

Рис. 19. Розрахунок середньої абсолютної процентної похибки (фрагмент розрахункової таблиці)

Середня відносна процентна похибка рівна 0,134 %, що підтверджує точність прогнозу за даною мультиплікативною моделлю часового ряду.

**Висновок:** у процесі виконання даної лабораторної роботи була досягнута її мета, а саме отримані студентами навички побудови моделі декомпозиції.

### Лабораторна робота № 6. Оцінка наявності автокореляції залишків моделі. Усунення автокореляції

**Мета:** набуття навичок оцінки наявності автокореляції залишків моделі.

**Завдання:** необхідно побудувати модель впливу показників розвитку регіонів України на рівень іноземних інвестицій та перевірити модель на наявність автокореляції.

Таблиця 2

#### Показники розвитку регіонів України

Регіон	X1 Частка підприємств колективної форми власності (у % до загальної кількості в регіоні)	X2 Індекс продукції промисловості (%) 1990 = 100	X3 Індекс продуктивності праці (%) 1990 = 100	Y іноземні інвестиції (млн дол. США)
1	2	3	4	5
АРК	0,220	0,180	0,170	0,200
Вінницька	0,820	0,540	0,450	0,530
Волинська	0,910	0,460	0,470	0,510

1	2	3	4	5
Дніпропетровська	0,960	0,870	0,770	0,850
Донецька	3,490	4,490	4,810	4,050
Житомирська	0,310	0,840	1,210	0,960
Закарпатська	0,550	2,360	2,230	1,570
Запорізька	0,130	0,450	0,690	0,880
Івано-Франківська	0,770	0,810	0,830	0,800
Київська	0,250	0,460	0,550	0,510
Кіровоградська	0,500	1,080	1,040	0,800
Луганська	0,120	0,390	0,530	0,750
Львівська	0,220	0,180	0,170	0,200
Миколаївська	0,820	0,540	0,450	0,560
Одеська	0,910	0,460	0,470	0,570
Полтавська	0,960	0,870	0,770	0,850
Рівненська	0,160	0,710	0,880	0,860
Сумська	0,110	0,070	0,270	0,140
Тернопільська	0,020	0,140	0,250	0,220
Харківська	0,010	0,030	0,070	0,090
Херсонська	0,043	0,136	0,154	0,175
Хмельницька	0,969	0,073	0,182	0,201
Черкаська	0,172	0,105	0,178	0,289
Чернівецька	0,108	0,150	0,181	0,352
Чернігівська	0,064	0,189	0,354	0,979

### Методичні рекомендації

#### 1. Побудова багатofакторної економетричної моделі

Для побудови і всебічного аналізу множинних лінійних економетричних моделей в пакеті Statistica 8.0 передбачений модуль Multiple Regression (множинна регресія). Щоб приступити до обчислювальних процедур, необхідно увійти в позицію меню Statistics / Multiple Regression. У стартовій панелі цього модуля необхідно задати змінні для аналізу. Результати побудови лінійної економетричної моделі подані в діалоговому вікні (рис. 20). У верхній частині вікна міститься основна інформація про моделі, в нижній частині знаходяться функціональні кнопки, що дозволяють всебічно розглянути результати аналізу.

Ініціювавши кнопку Summary: Regression results (Результати регресійного аналізу), слід визначити найважливіші характеристики моделі і ступінь її адекватності (рис. 20).

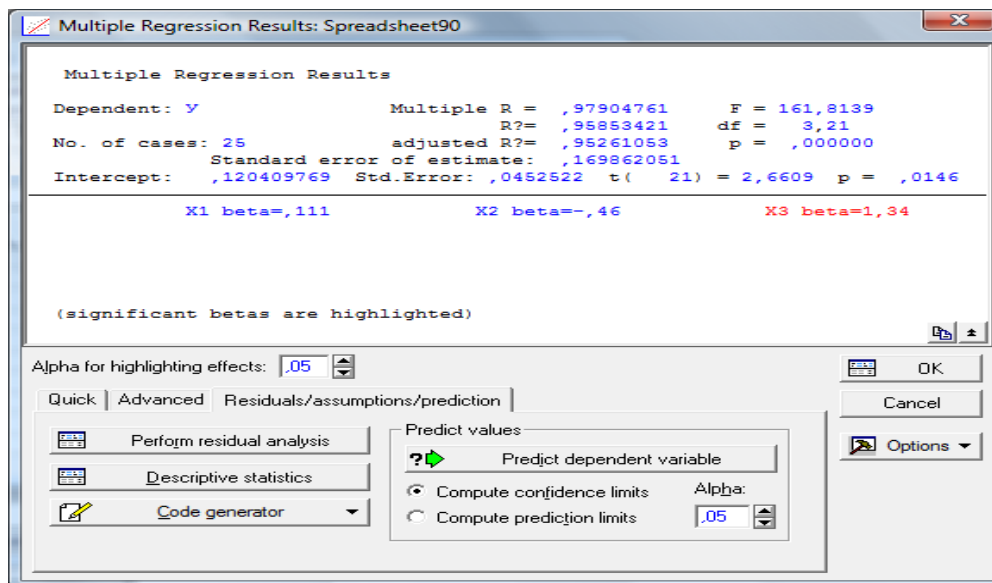


Рис. 20. Вікно результатів регресійного аналізу

Розрахункові результати регресійного аналізу наведено на рис. 21.

Regression Summary for Dependent Variable: Y (Spreadsheet90)						
R = ,97904761 R <sup>2</sup> = ,95853421 Adjusted R <sup>2</sup> = ,95261053						
F(3,21)=161,81 p<,00000 Std.Error of estimate: ,16986						
N=25	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(21)	p-level
Intercept			0,12041	0,04525	2,6609	0,01462
X1	0,11119	0,08100	0,12225	0,08906	1,3726	0,18433
X2	-0,45817	0,34634	-0,38190	0,28868	-1,3229	0,20009
X3	1,33885	0,33458	1,07875	0,26958	4,0015	0,00064

Рис. 21. Результати регресійного аналізу

Слід проаналізувати отримані результати моделі:

R = 0,979 – коефіцієнт множинної кореляції;

R<sup>2</sup> = 0,9585 – коефіцієнт детермінації моделі;

Adjusted R<sup>2</sup> - 0,9526 – скоригований коефіцієнт детермінації на число спостережень і число параметрів;

F (3,21) = 161,81 – критерій адекватності Фішера;

Std.Error of estimate = 0,16986 – середнє квадратичне відхилення помилок моделі;

В  $(a_0, a_1, a_2, a_3) = (0,12; 0,122; -1,38; 1,0788)$  – параметри моделі, отже, модель має вигляд:

$$Y = 0,12 + 0,122 \times X_1 - 0,38 \times X_2 + 1,0788 \times X_3.$$

Виходячи з аналізу отриманих результатів, дана модель в цілому адекватна і якісна, але параметр при показнику  $X_1$  не значущий.

## 2. Розрахунок критерію Дарбіна – Уотсона

Для визначення коефіцієнта Дарбіна – Уотсона для оцінки наявності автокореляції в залишках моделі в меню аналізу помилок ініціювати кнопку Descriptive statistics (рис. 22).

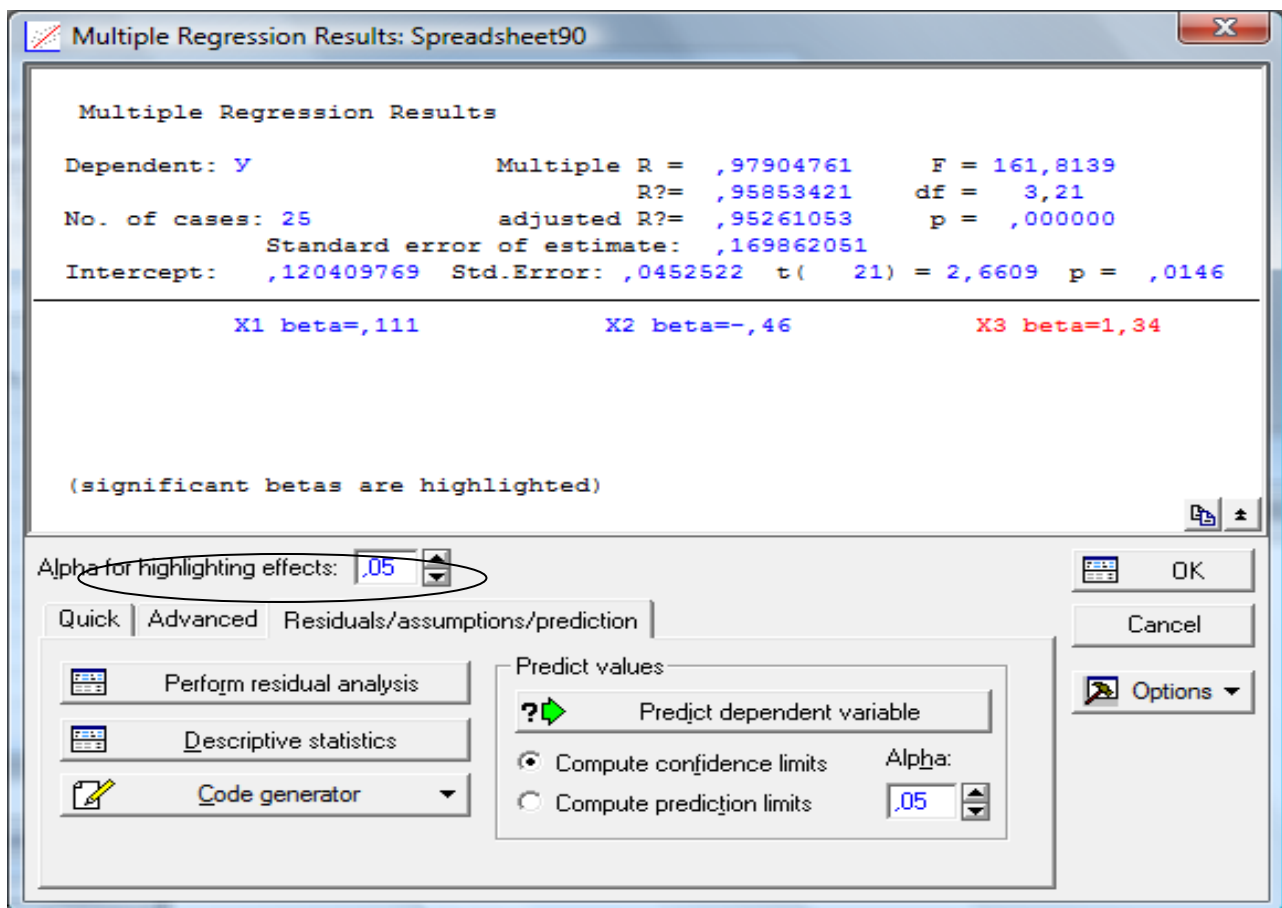


Рис. 22. Меню аналізу помилок

У меню аналізу помилок, ініціювавши кнопку Durbin – Watson statistic (Статистика Дарбіна – Уотсона) (рис. 22), ми отримується значення автокореляції помилок моделі за критерієм Дарбіна – Уотсона і за значенням нецікличного коефіцієнта автокореляції (рис. 23).

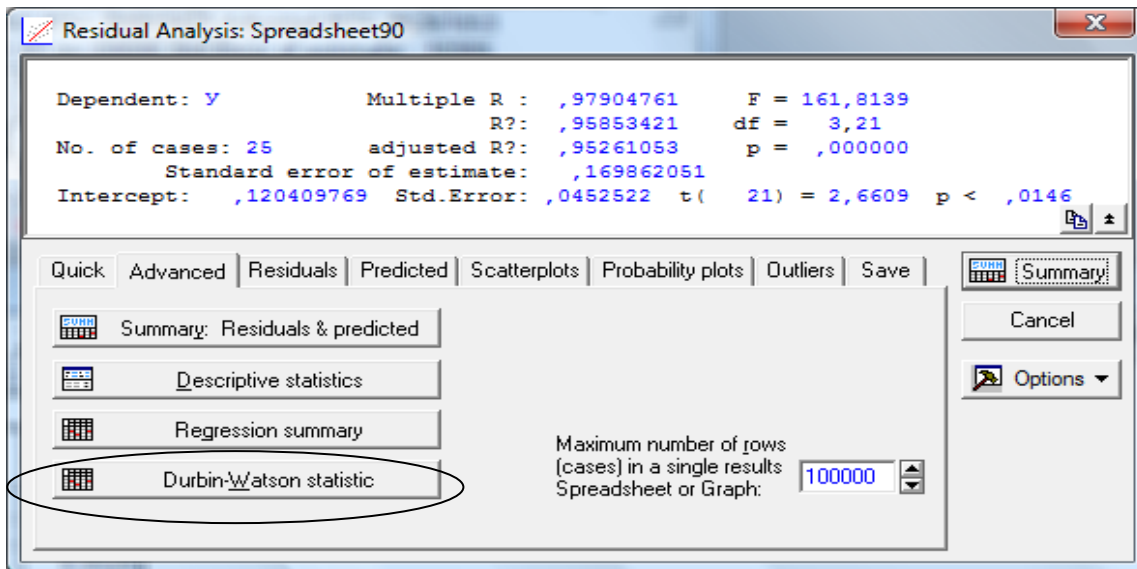


Рис. 23. Модуль аналізу помилок

Результат розрахунку коефіцієнта Дарбіна – Уотсона наведено на рис. 24.

	Durbin-Watson d (Spreadsheet9 and serial correlation of residua	
	Durbin-Watson d	Serial Corr.
Estimate	1,30236	0,20136

Рис. 24. Результат розрахунку критерію Дарбіна – Уотсона за допомогою пакета Statistica

Критичні значення критерію дорівнюють  $d_l = 1,12$   $d_u = 1,65$ . Тобто  $d_l < d < d_u$ , це свідчить що розраховане значення критерію перебуває у зоні невизначеності, а використання одного критерію недостатньо. Коефіцієнт циклічної кореляції (Serial Corr.) складає 0,2, що свідчить про наявність позитивної автокореляції.

### 3. Розрахунок критерію фон Неймана

$$Q = \frac{\sum (u_t - u_{t-1})^2}{\sum u_e^2} = DW \frac{n}{n-1} = 1,3 \times \frac{25}{24} = 1,354. \quad (3)$$

Критичні значення критерію становлять 1,42 і 2,99. Значить у моделі позитивна автокореляція помилок.

#### 4. Розрахунок нециклічного коефіцієнта автокореляції

Нециклічний коефіцієнт автокореляції показує вплив кожного наступного значення помилки на попереднє і розраховується за такою формулою:

$$r^* = \frac{\sum_{t=2}^n (u_t \times u_{t-1}) - \frac{1}{n-1} \left( \sum_{t=1}^n u_{t-1} \right) \left( \sum_{t=2}^n u_t \right)}{\sqrt{\left[ \sum_{t=1}^n u_{t-1}^2 - \frac{1}{n-1} \left( \sum_{t=1}^n u_{t-1} \right)^2 \right] \left[ \sum_{t=2}^n u_t^2 - \frac{1}{n-1} \left( \sum_{t=2}^n u_t \right)^2 \right]}} = 0,19. \quad (4)$$

Позитивне значення нециклічного коефіцієнта кореляції свідчить про наявність позитивної автокореляції в моделі.

Перевірка залишків моделі на автокореляцію довела в що в моделі існує позитивна автокореляція. Наявність автокореляції в моделі є порушенням побудови класичної регресійної моделі, тому для побудови якісної та адекватної моделі необхідно використовувати не метод найменших квадратів, а інші методи оцінки параметрів моделі.

**Метод Ейткіна** відрізняється від звичайного МНК тим, що при оцінці параметрів моделі використовується матриця  $\Omega$ , що відображає коригування вихідних даних на мінливість дисперсії. Параметри моделі визначаються за формулою:

$$a = (X^T \times \Omega^{-1} \times X)^{-1} X^T \times \Omega^{-1} \times Y. \quad (5)$$

$$\Omega^{-1} = \frac{1}{1-\rho^2} \begin{pmatrix} 1 & -\rho & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -\rho & 1+\rho^2 & -\rho & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -\rho & 1+\rho^2 & -\rho & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

На практиці для розрахунку  $\rho$  використовується те ж співвідношення, що й для визначення циклічного коефіцієнта кореляції:

$$\rho \approx r^0 \approx \frac{\sum_{t=1}^n u_t \times u_{t-1}}{\sum_{t=1}^n (u_t)^2}. \quad (7)$$

Як видно з розрахунків на рис. 25, значення циклічного коефіцієнта кореляції складає 0,2, тобто параметр  $\rho = 0,2$ .

Подальші розрахунки було проведено в пакеті MS Excel з використанням вбудованих функцій.

### 5. Введення вихідних даних у робочий аркуш пакета MS Excel (рис. 25).

	A	B	C	D
1	X1	X2	X3	y
2	0,09	0,36	0,20	0,22
3	0,12	0,74	0,53	0,82
4	0,21	0,64	0,51	0,91
5	0,84	0,91	0,85	0,96
6	11,33	1,33	4,05	3,49
7	8,10	0,35	0,96	0,31
8	0,78	0,56	1,57	0,55
9	0,30	0,08	0,88	0,13
10	1,03	0,48	0,80	0,77
11	0,98	0,26	0,51	0,25
12	0,17	0,36	0,80	0,50
13	0,25	0,08	0,75	0,12
14	0,09	0,36	0,20	0,22
15	0,12	0,74	0,56	0,82
16	0,21	0,64	0,57	0,91
17	0,84	0,91	0,85	0,96
18	0,57	0,44	0,86	0,16
19	3,75	0,08	0,14	0,11
20	0,02	0,10	0,22	0,02
21	0,09	0,02	0,09	0,01
22	0,54	0,20	0,18	0,04
23	0,34	0,19	0,20	0,97
24	0,01	0,15	0,29	0,17
25	0,31	0,19	0,35	0,11
26	0,62	0,25	0,98	0,06

Рис. 25. Вихідні дані для побудови багатofакторної моделі

### 6. Проведення проміжних розрахунків

Транспонування в пакеті MS Excel проводиться за допомогою функції ТРАНСП (масив) (рис. 26), значення матриці  $X^T$  (рис. 27).





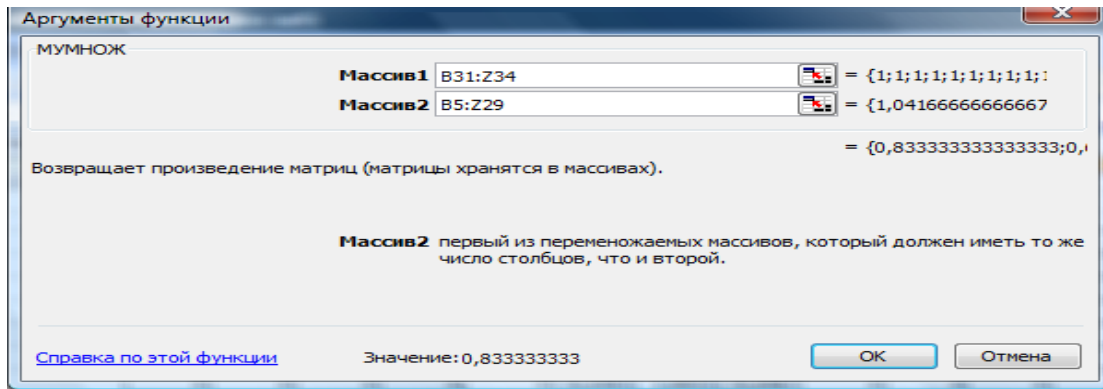


Рис. 29. Вікно реалізації функції МУМНОЖ

Для отримання зворотної матриці використовується функція МОБР (масив), (рис. 30).

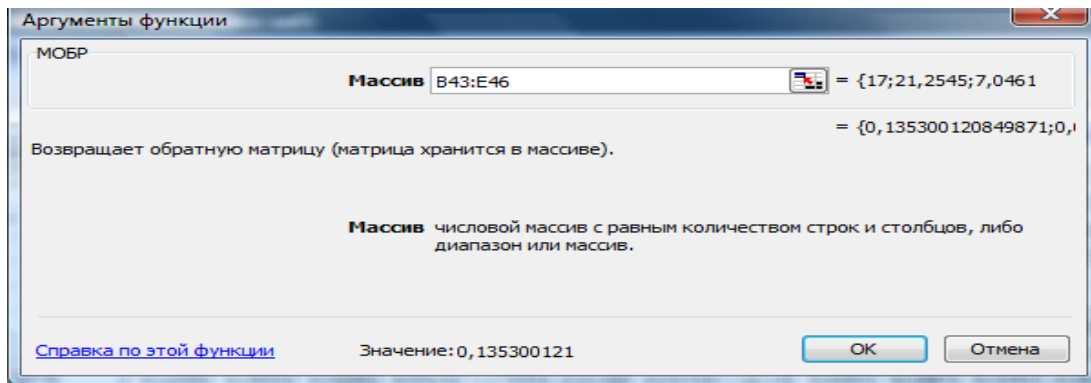


Рис. 30. Вікно реалізації функції МОБР

Використовуючи наведені функції проводяться розрахунки за формулою (4). Результати розрахунків наведено на рис. 31.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
35																			
36																			
37		0,8333	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667	0,6667
38		0,0688	0,0675	0,0275	-1,4942	10,4117	6,2521	-0,905	-0,0521	0,8492	0,8117	-0,0721	0,2167	0,0204	0,0675	0,0275	0,7475	-0,3388	3,9396
39	$X^T \Omega^{-1} =$	0,2208	0,5933	0,3496	0,5754	1,17833	-0,0146	0,5171	-0,13	0,4492	0,1067	0,3192	-0,0633	0,2192	0,5933	0,3496	0,7608	0,2704	-0,0258
40		0,0979	0,4263	0,265	-0,0292	4,01042	-0,1308	1,3175	0,4596	0,5771	0,2192	0,6042	0,6042	-0,0563	0,4463	0,3238	0,6229	0,7254	-0,0733
41																			
42																			
43		17	21,255	7,0462	12,127														
44		21,255	184,34	16,02	48,214														
45	$X^T \Omega^{-1} X =$	7,0462	16,02	5,1688	8,9094														
46		12,127	48,214	8,9094	23,137														
47																			
48																			
49																			
50		0,1353	0,0009	-0,1837	-0,0021														
51	$(X^T \Omega^{-1} X)^{-1} =$	0,0009	0,0125	0,017	-0,0331														
52		-0,1837	0,017	0,8514	-0,2671														
53		-0,0021	-0,0331	-0,2671	0,2161														
54																			
55		9,1113		-0,2578															
56	$X^T \Omega^{-1} y =$	38,748	a	0,0422															
57		8,1051		1,1369															
58		17,786		0,378															
59																			
60																			

Рис. 31. Розрахунок параметрів багатфакторної регресійної моделі методом Ейткіна

## 7. Формування загального вигляду багатофакторної регресійної моделі

Загальний вигляд моделі:

$$Y = -0,2578 + 0,0422 \times X1 + 1,1269 \times X2 + 0,378 \times X3.$$

## 8. Перевірка отриманої моделі на наявність автокореляції залишків

З метою перевірки й усунення автокореляції залишків у моделі доцільно розрахувати коефіцієнт Дарбіна – Уотсона.

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^T (u_t - u_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T u_t^2} = 1,72. \quad (8)$$

Критичні значення критерію дорівнюють  $d_l = 1,12$   $d_u = 1,65$ . Тобто  $d_u < d < 2$ , а це свідчить про відсутність автокореляції моделі.

Таким чином, модель, побудована з використанням методу Ейткіна, не має автокореляції в залишках.

**Висновки:** проведено розрахунки параметрів моделі з використанням методу Ейткіна, що дозволило усунути автокореляцію в залишках моделі.

## Лабораторна робота № 7. Прогнозування часових рядів за допомогою експоненціального згладжування

**Мета:** набуття навичок прогнозування часових рядів за допомогою експоненційного згладжування в пакеті Statistica 8.0.

**Завдання:** необхідно побудувати прогноз показника ефективності використання електроенергії за 2013 рік. Для побудови прогнозу використовуються дані в помісячному розрізі за 2007 – 2012 роки. Вхідні дані наведено в табл. 3.

**Динаміка зміни ефективності використання електроенергії за період  
з 1.01.2007 по 31.12.2013 рр.**

Період	Показник ефективності використання електроенергії	Період	Показник ефективності використання електроенергії
01.01.2004	1,20982718	01.01.2007	1,59777471
01.02.2004	1,27834821	01.02.2007	1,633890876
01.03.2004	1,514566326	01.03.2007	1,973832863
01.04.2004	1,54764835	01.04.2007	2,237319336
01.05.2004	1,600397516	01.05.2007	2,062611012
01.06.2004	1,821002203	01.06.2007	2,502758633
01.07.2004	2,122722915	01.07.2007	2,991313738
01.08.2004	2,273722705	01.08.2007	3,173583035
01.09.2004	2,058814162	01.09.2007	2,998345896
01.10.2004	1,794736893	01.10.2007	2,860028295
01.11.2004	1,702445486	01.11.2007	2,616503314
01.12.2004	2,510009396	01.12.2007	3,536762178
01.01.2005	1,247670773	01.01.2008	1,932454053
01.02.2005	1,286140332	01.02.2008	2,17941783
01.03.2005	1,456974398	01.03.2008	2,30721971
01.04.2005	1,596815873	01.04.2008	2,713010215
01.05.2005	1,749766937	01.05.2008	2,622589532
01.06.2005	1,846175724	01.06.2008	2,888808842
01.07.2005	2,114614016	01.07.2008	3,717023955
01.08.2005	2,464125631	01.08.2008	3,572300522
01.09.2005	1,975640374	01.09.2008	3,38394339
01.10.2005	1,788388528	01.10.2008	3,367798459
01.11.2005	1,700016431	01.11.2008	2,886250224
01.12.2005	2,718877379	01.12.2008	4,511109646
01.01.2006	1,26834417	01.01.2009	2,315408905
01.02.2006	1,377314405	01.02.2009	2,519082714
01.03.2006	1,533593494	01.03.2009	2,504722849
01.04.2006	1,76775895	01.04.2009	3,052254599
01.05.2006	1,747846944	01.05.2009	3,171663038
01.06.2006	1,804177201	01.06.2009	3,374728823
01.07.2006	2,061203618	01.07.2009	4,248052887
01.08.2006	2,55474233	01.08.2009	4,223822178
01.09.2006	2,554129509	01.09.2009	4,409503905
01.10.2006	2,342063566	01.10.2009	4,31513992
01.11.2006	2,194392523	01.11.2009	4,141818815
01.12.2006	3,179671689	01.12.2009	5,415524853

### Методичні рекомендації

#### 1. Перевірка на наявність тренда в часовому ряді

1.1. Ряд динаміки розбивають на дві рівні або майже рівні частини.

Ряд, що аналізується, можна розбити на 2 вибірки по 36 спостережень (табл. 3).

1.2. Розрахунок дисперсії та середньої за кожною частиною вибірки.

Для розрахунку значення середніх та дисперсій доцільно використовувати модуль Descriptive Statistics у пакеті Statistica 8.0 (рис. 32).

Descriptive Statistics (Spreadsheet1)						
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.
X1	36	1,88235	1,20982	3,17967	0,22070	0,46978
X2	36	3,05439	1,59777	5,41552	0,79858	0,89363

Рис. 32. Розрахунок дисперсії та середньої за вибірками

1.3. Розрахунок коефіцієнта Стьюдента за формулою:

$$t = \frac{|\bar{y}_1 - \bar{y}_2|}{\sigma \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot \sigma_1^2 + (n_2 - 1) \cdot \sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (9)$$

$\sigma = 7,16, t = 0,7$

При  $t < t_\alpha$  ( $0,7 < 2,02$ ) гіпотеза про відсутність тренда в середній приймається.

1.4. Розрахунок критерію Фішера за формулою:

$$F = \begin{cases} \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}, & \text{если } \sigma_1^2 > \sigma_2^2; \\ \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}, & \text{если } \sigma_1^2 < \sigma_2^2. \end{cases} \quad (10)$$

$F = 3,6.$

Якщо  $F$  більше, ніж табличне значення ( $F_{\text{табл.}} = 2,37$ ), то гіпотезу про рівність дисперсій відхиляють, тобто тренд присутній в дисперсії.

## 2. Прогнозування ряду динаміки за допомогою експоненціального згладжування

Аналіз рядів динаміки в пакеті Statistica 8.0 здійснюється в модулі Time Series Analysis. Спочатку необхідно провести експоненціальне згладжування вихідних даних. Для цього вибрати вкладку Exponential smoothing & forecasting (рис. 33).

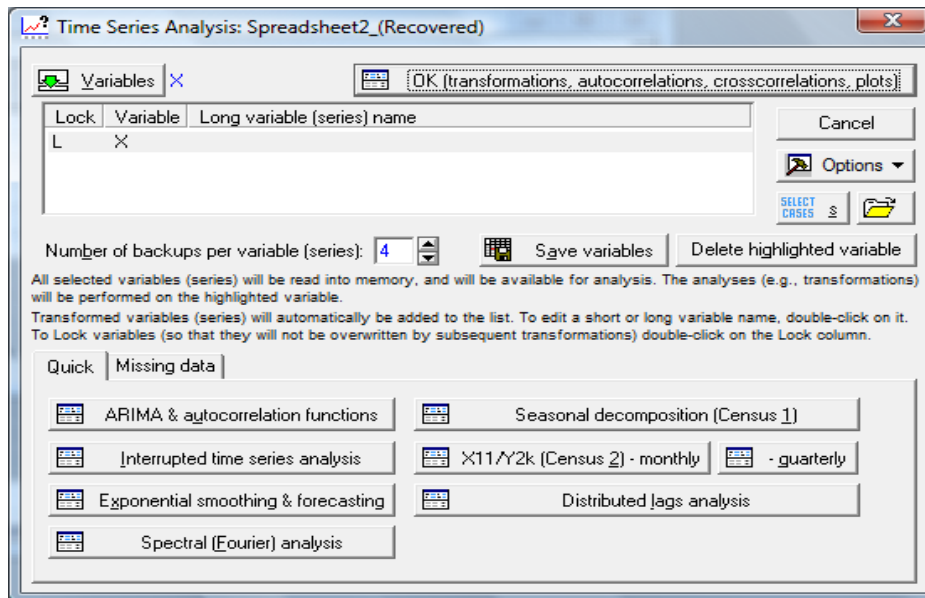


Рис. 33. Стартова панель модуля Time Series Analysis

У наступному вікні необхідно задати параметри експоненціального згладжування. Змінні для аналізу, лаг сезонної компоненти – 12. Вид моделі – Winters (рис. 34). Вибір виду моделі зумовлений наявністю тренда в дисперсії.

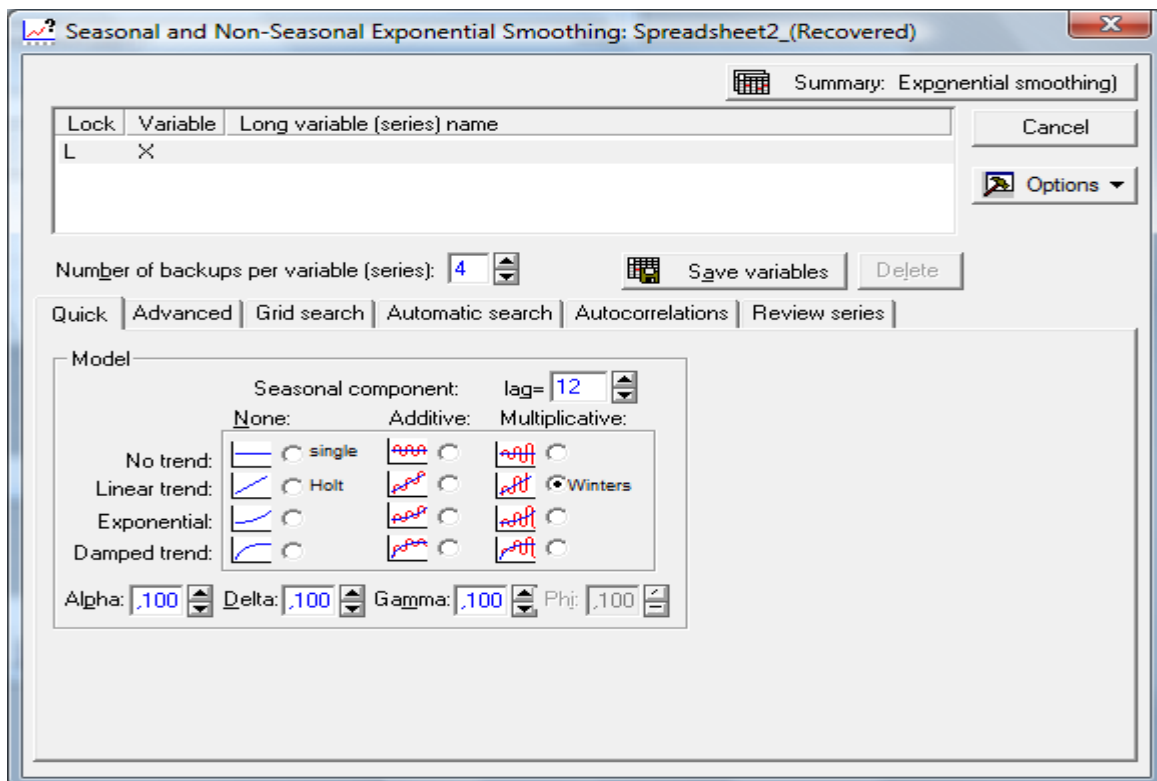
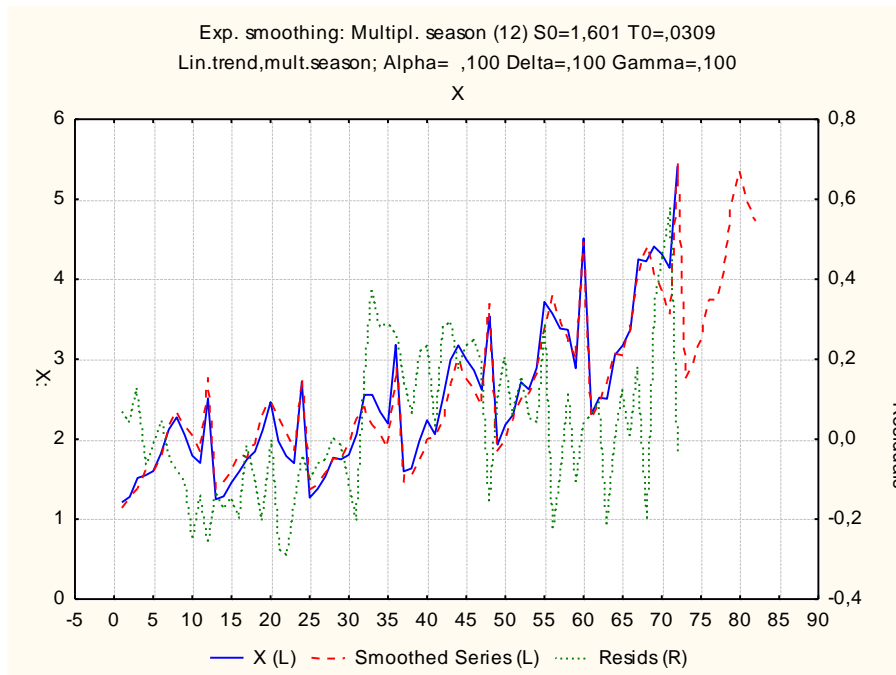


Рис. 34. Діалогове вікно модуля Exponential smoothing & forecasting

На рис. 35 зображено графік результатів розрахунку за цією моделлю.



**Рис. 35. Графік результатів прогнозування показника ефективності використання електроенергії**

На рис. 36 показано таблицю аналізу помилок, для побудованої моделі показник середньої абсолютної процентної похибки становить 6,4 %, що менше граничного значення показника (10 %).

		Exp. smoothing: Multipl. season (12) Lin.trend,mult.season; Alpha= ,100 X
Summary of error	Error	
Mean error	0,033473788373	
Mean absolute error	0,152028163093	
Sums of squares	2,594505967510	
Mean square	0,036034805104	
Mean percentage error	0,429914524950	
Mean abs. perc. error	6,405849208484	

**Рис. 36. Таблиця аналіз похибок прогнозування**

У табл. 4 показано значення прогнозу ефективності використання електроенергії в 2013 році.

### Прогноз показника ефективності використання електроенергії

Період	Показник ефективності використання електроенергії розрахунковий
01.01.2010	2,753456
01.02.2010	2,955544
01.03.2010	3,272780
01.04.2010	3,745566
01.05.2010	3,745469
01.06.2010	4,117651
01.07.2010	4,989774
01.08.2010	5,362973
01.09.2010	5,003525
01.10.2010	4,729032
01.11.2010	4,328571
01.12.2010	6,402972

**Висновок:** Проаналізовано наявність тренда в ряді динаміки та побудовано модель експоненційного згладжування, що дозволило розрахувати прогноз показника ефективності використання електроенергії на 2013 рік.

### Лабораторна робота № 8. Побудова моделі панельних даних.

**Мета** – оволодіння навичками розробки розробки та оцінки параметрів моделі панельних даних у ПП Eviews.

**Завдання:** необхідно побудувати модель панельних даних для дослідження рівня розвитку країн світу за 4 роки за такими показниками: валовий зовнішній борг, прями інвестиції, зайнятість, індекс споживчих цін, індекс цін виробників промислової продукції, витрати на кінцеве споживання, ВВП.

#### Методичні рекомендації

1. Створення робочого аркуша в середовищі Eviews 7.0 (рис. 37).

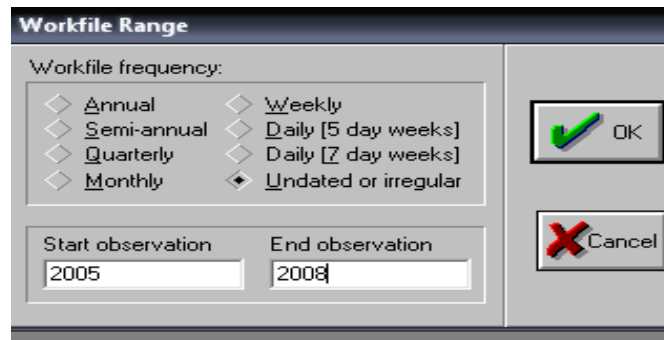


Рис. 37. Створення робочого аркушу в середовищі Eviews 7.0

2. Імпорт показників у середовище Eviews 7.0 (рис. 38).

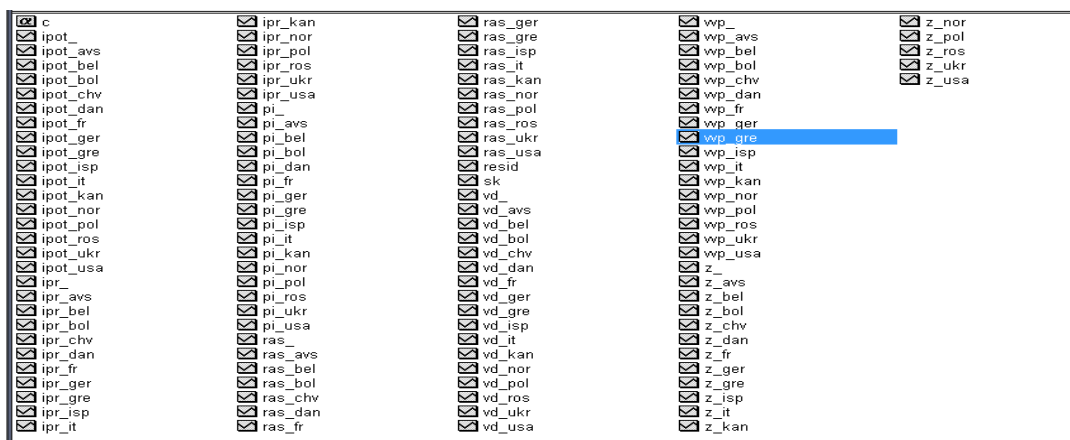


Рис. 38. Робоча область даних

3. Заповнення об'єкта pool списком ідентифікаторів (рис. 39).



Рис. 39. Заповнення об'єкта pool списком ідентифікаторів

4. Завдання параметрів моделі панельних даних (рис. 40).



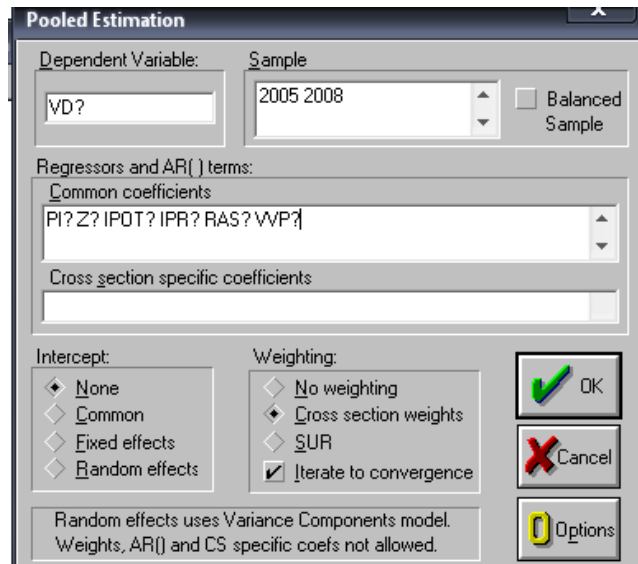


Рис. 40. Оцінка моделі панельних даних

У результаті проведених розрахунків у ПП Eviews 7.0 формується звіт такої форми (рис. 41).

Dependent Variable: VVD?  
Method: GLS (Cross Section Weights)  
Date: 11/30/09 Time: 15:49  
Sample: 2005 2008  
Included observations: 4  
Number of cross-sections used: 16  
Total panel (unbalanced) observations: 62

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PI?	-20.43562	1.784699	-11.45046	0.0000
Z?	-16.97752	3.050551	-5.565396	0.0000
IPOT?	3172.621	3193.142	0.993573	0.3247
IPR?	-1013.755	3029.295	-0.334650	0.7391
RAS?	1.419541	0.348659	4.071437	0.0001
VVP?	-0.170088	0.334743	-0.508115	0.6134

Weighted Statistics			
R-squared	0.946815	Mean dependent var	1882934.
Adjusted R-squared	0.942067	S.D. dependent var	2018970.
S.E. of regression	485952.5	Sum squared resid	1.32E+13
F-statistic	199.3871	Durbin-Watson stat	1.256380
Prob(F-statistic)	0.000000		

Unweighted Statistics			
R-squared	0.972540	Mean dependent var	1799917.
Adjusted R-squared	0.970089	S.D. dependent var	3032398.
S.E. of regression	524450.7	Sum squared resid	1.54E+13
Durbin-Watson stat	1.179546		

Рис. 41. Результати розрахунків параметрів моделі панельних даних

**Висновок:** таким чином, найкращою є модель панельних даних із фіксованими ефектами.

## Лабораторна робота № 9. Побудова систем структурних рівнянь

**Мета:** оволодіння навичками розробки систем одночасних рівнянь у середовищі ПП Eviews.

**Завдання:** Необхідно розробити системи структурних рівнянь, що дозволяє урахувати вплив внутрішніх та зовнішніх факторів на розвиток підприємства. Показники, що відображають розвиток підприємства, зміни, що відбуваються на національному і галузевому рівні наведено в табл. 5 – 7.

Таблиця 5

### Внутрішні показники розвитку підприємства

Період	Обсяг реалізації продукції підприємства за рік	Коефіцієнт маневреності	Оборотність власного капіталу	Продуктивність праці	Рентабельність основних засобів
1	162 007	0,86	38,54	0,058 994	0,363 351
2	173 779,2	0,91	44,11	0,060 307	0,417 698
3	217 694	0,95	57,15	0,07 378	0,579 316
4	202 065	0,93	53,07	0,06 146	0,475 846
5	295 696,1	0,85	79,45 534	0,091 091	0,5 937
6	299 260,6	0,85	86,83 901	0,088 867	0,512 644
7	309 128,5	0,82	89,70 247	0,08 224	0,466 429
8	373 417	0,77	105,0 968	0,100 907	0,58 509
9	552 412	0,69	154,7 706	0,119 622	0,656 643
10	720 162	0,71	205,1 294	0,169 412	0,867 463

Таблиця 6

### Показники машинобудівної галузі

Період	Обсяг реалізації продукції галузі за рік	Індекс цін по машинобудівній галузі	Кредиторська заборгованість підприємств перед банками	Питома вага підприємств, що займалися інноваціями
1	2	3	4	5
1	20 078,3	118,1	15,8	2 936,1
2	21 523,1	104,7	15,3	4 255,95
3	24 492,2	102,8	15,6	6 305,25
4	35 133,1	105,8	11,5	10 175,25
5	53 569,3	113,7	10,8	13 286,85

1	2	3	4	5
6	59 668,1	105,6	9,2	21 512,7
7	68 730,6	106	10,9	36 783,9
8	98 339,9	111,9	11,5	64 029,45
9	12 1664,9	122	10,8	110 101,5
10	74 240,7	107,7	10,7	108 116

Таблиця 7

### Макроекономічні показники

Період	ВВП, млн грн	Агрегований показник якості регуляторної політики за розрахунком Світового банку	Інвестиції в основний капітал (млн грн)	Курс національної валюти до євро	Показник структурного безробіття	Чисельність населення із середньодушови ми загальними доходами у місяць, нижчими за прожитковий мінімум
1	170 070	26,34 146	23 629	482,02	28,1	80,2
2	204 190	26,09 756	32 573	478,0117	29,85	82,7
3	225 810	25,85 366	37 178	548,4617	31,84	83,3
4	267 344	25,36 585	51 011	630,345	33,88	76,2
5	345 113	37,07 317	75 714	669,9 867	34,04	65,6
6	441 452	44,87 805	93 096	619,4 992	29,58	55,3
7	544 153	34,14 634	125 254	640,1 267	24,65	50,9
8	720 731	36,40 777	188 486	694,6 567	23,55	29,3
9	949 864	39,1	233 081	770,8	19,64	18,1
10	914 720	41,58	151 777	987,6 803	14,58	18,1

### Методичні рекомендації

1. Специфікація моделі. Характер взаємозв'язку між елементами зовнішнього середовища і підприємством обумовлює вибір одночасної

системи рівнянь. Три рівня: підприємство, галузь, економіка країни в системі одночасних рівнянь відображаються окремими рівняннями. Система рівнянь має такий загальний вигляд:

$$\begin{cases} y_1 = a_0^1 + a_1^1 x_1^1 + a_2^1 x_2^1 + a_3^1 x_3^1 + a_4^1 x_4^1 + a_5^1 x_{52}^1 \\ y_2 = a_0^2 + a_1^2 x_1^2 + a_2^2 x_2^2 + a_3^2 x_3^2 + a_4^2 y_1 \\ y_3 = a_0^3 + a_1^3 x_1^3 + a_2^3 x_2^3 + a_3^3 x_3^3 + a_4^3 x_4^3 + a_5^3 y_1 + a_6^3 y_2 \end{cases},$$

де перше рівняння відображає особливості розвитку національної економіки:  $y_1$  – ВВП України за рік,  $x_{11}$  – агрегований показник якості регуляторної політики за розрахунком Світового банку;

$x_2^1$  – інвестиції в основний капітал (млн грн);

$x_3^1$  – курс національної валюти до Євро;

$x_4^1$  – показник структурного безробіття (частка структурних безробітних у загальній кількості безробітних);

$x_5^1$  – чисельність населення із середніми загальними доходами у місяць на душу населення, нижчими за прожитковий мінімум (% від загальної кількості населення).

Друге рівняння відображає особливості розвитку машинобудівної галузі промисловості:  $y_2$  – обсяг реалізації продукції галузі за рік;

$x_1^2$  – індекс цін за машинобудівною галуззю;

$x_2^2$  – кредиторська заборгованість підприємств перед банками;

$x_3^2$  – питома вага підприємств, що займалися інноваціями.

Третє рівняння відображає розвиток промислового підприємства:  $y_3$  – об'єм реалізації продукції підприємства за рік;

$x_1^3$  – коефіцієнт маневреності;

$x_2^3$  – оборотність власного капіталу;

$x_3^3$  – продуктивність праці;

$x_4^3$  – рентабельність основних засобів.

2. Відповідно до запропонованої системи одночасних рівнянь для кожного рівняння необхідно оцінити ступінь його ідентифікованості. Розрахунки за умовою ідентифікації моделі наведено в табл. 8.

### Перевірка ідентифікованості моделі

Рівняння	H	D	Ідентифікація моделі
$y_1 = a_0^1 + a_1^1 x_1^1 + a_2^1 x_2^1 + a_3^1 x_3^1 + a_4^1 x_4^1 + a_5^1 x_5^1$	5	3	3<5
$y_2 = a_0^2 + a_1^2 x_1^2 + a_2^2 x_2^2 + a_3^2 x_3^2 + a_4^2 y_1$	3	2	2<3
$y_3 = a_0^3 + a_1^3 x_1^3 + a_2^3 x_2^3 + a_3^3 x_3^3 + a_4^3 x_4^3 + a_5^3 y_1 + a_6^3 y_2$	4	1	1<4

З проведених розрахунків видно, що всі рівняння системи є над-ідентифікованими.

3. За наведеною системою одночасних рівнянь необхідно провести розрахунки параметрів моделі з використанням ДМНК, тому що всі рівняння системи є надідентифікованими. Розрахунки проводились з використаннями ПП EViews у такій послідовності:

3.1. Для створення нового файлу необхідно скористатися меню пакета *File*→*New*→*Workfile*. У вікні необхідно вказати періодичність даних, а також початковий та кінцевий періоди аналізу. Для річних даних слід вказати номер початкового та кінцевого років.

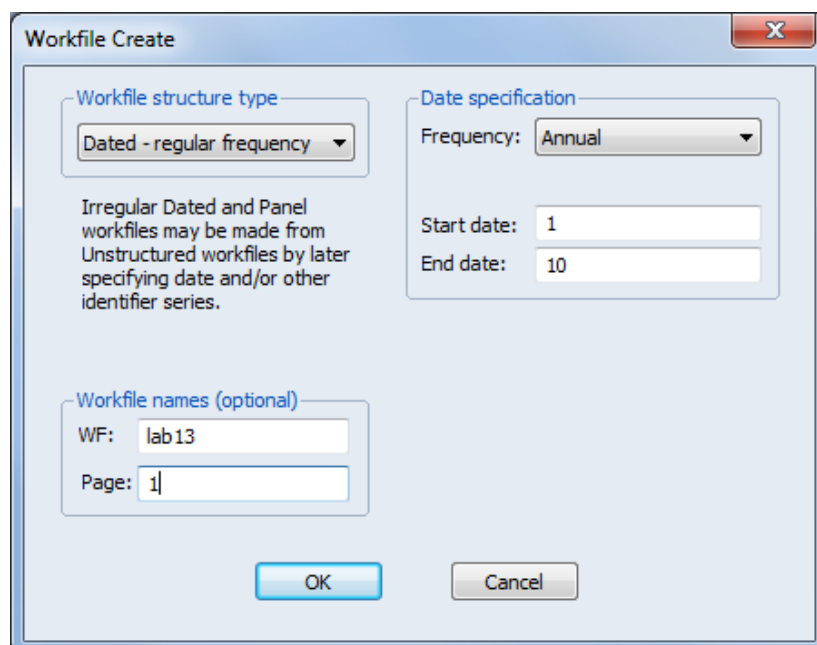


Рис. 42. Діалогове вікно модулю створення нового робочого файлу

Вікно нового робочого файлу має вигляд, наведений на рис. 42.

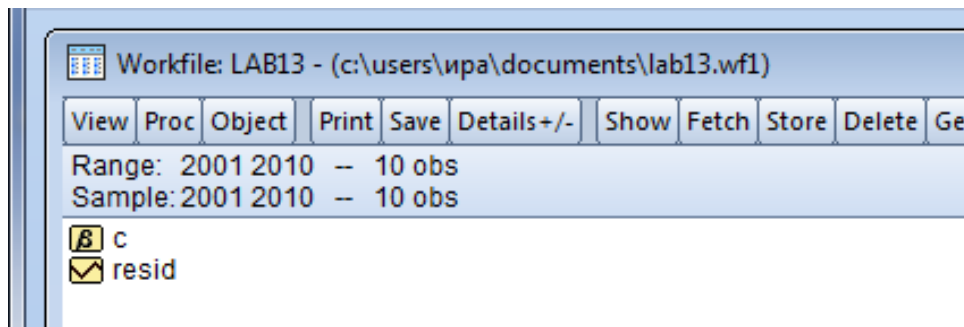


Рис. 42. Вікно нового робочого файлу

3.2. Для введення даних до програми можна обрати один із методів:

1. Введення в ручну, для цього слід обрати меню Objects→New Object..., серед запропонованих варіантів обирається тип Series та вказується назва змінної.

2. Імпортування даних із інших джерел.

Найбільш зручним методом є імпортування даних із файлу MS Excel. Файл повинен мати коротку назву англійською мовою. Приклад оформлення даних наведено рис. 43.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	N	у3	х31	х34	х32	х33	у2	х21	х22	х23	х11	х12	х13	х14	х15	у1
2	2000	20880	0.641266	13.08476	0.476909	0.348984	20078.3	118.1	15.8	2936.1	26.34146	23629	482.02	28.1	80.2	170070
3	2001	13808	0.761515	9.276453	0.205025	0.357723	21523.1	104.7	15.3	4255.95	26.09756	32573	478.0117	29.85	82.7	204190
4	2002	21456	0.292676	15.08345	0.432811	0.337697	24492.2	102.8	15.6	6305.25	25.85366	37178	548.4617	31.84	83.3	225810
5	2003	27982.5	0.434984	21.56012	0.506908	0.441508	35133.1	105.8	11.5	10175.25	25.36585	51011	630.345	33.88	76.2	267344
6	2004	26502.3	0.447838	20.0499	0.437706	0.455031	53569.3	113.7	10.8	13286.85	37.07317	75714	669.9867	34.04	65.6	345113
7	2005	32574	0.653528	36.96335	0.345411	0.545897	59668.1	105.6	9.2	21512.7	44.87805	93096	619.4992	29.58	55.3	441452
8	2006	48015.5	1.099819	39.37461	0.4959	0.730434	68730.6	106	10.9	36783.9	34.14634	125254	640.1267	24.65	50.9	544153
9	2007	54648.3	1.332743	35.37736	0.70078	0.893047	98339.9	111.9	11.5	64029.45	36.40777	188486	694.6567	23.55	29.3	720731
10	2008	49622	1.845827	43.13081	0.575199	2.29915	121664.9	122	10.8	110101.5	39.1	233081	770.8	19.64	18.1	949864
11	2009	47277	3.183263	69.40252	0.389778	2.593081	74240.7	107.7	10.7	108116	41.58	151777	987.6803	14.58	18.1	914720

Рис. 43. Оформлення даних у файлі MS Excel, з якого проводиться імпорт

Для імпорту використовується команда меню File→Import→Read Text-Lotus-Excel та обирається адреса файлу. У вікні (рис. 44) вказується порядковий розташування даних та перелік назв змінних, що мають бути імпортовані.

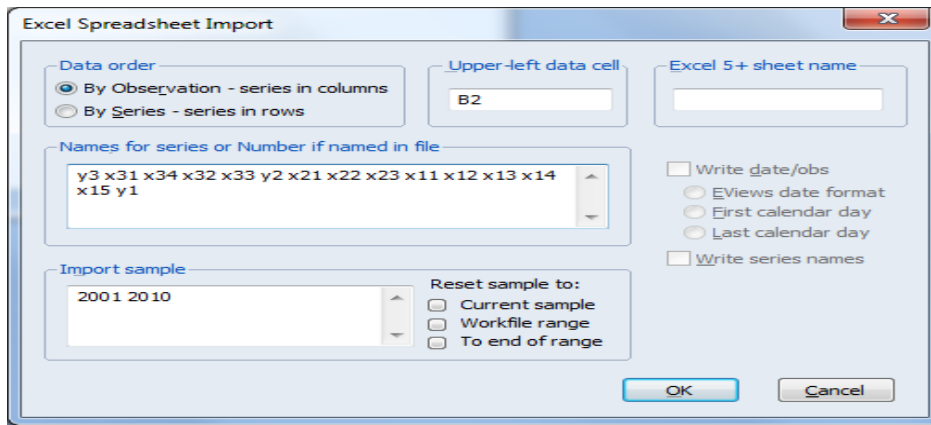


Рис. 44. Діалогове вікно імпорту даних

У результаті вийде робочий файл, у якому наведено всі вихідні дані моделі (рис. 45).

Series: X11 Workfile: LAB13::1\	
View Proc Object Properties Print Name Freeze Defa	
X11	
Last updated: 05/16/12 - 11:41	
2001	26.34146
2002	26.09756
2003	25.85366
2004	25.36585
2005	37.07317
2006	44.87805

Рис. 45. Вихідні дані моделі (фрагмент)

3.3. Для створення системи структурних рівнянь необхідно скористатися меню Object-Newobject...-System (рис. 46).

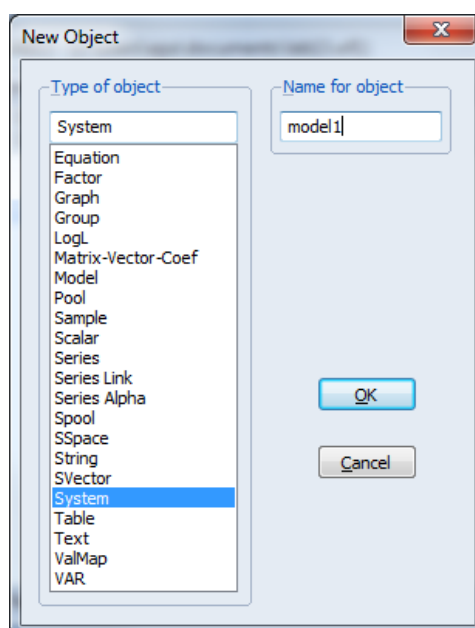


Рис. 46. Діалогове вікно створення нового об'єкта

3.4. Завдання формалізованої вигляду моделі (рис. 47). Модель задається відповідно до позначень, що використовуються у ПП. Процедура використання ДМНК потребує визначення інструментальних змінних, вони наводяться після кожного з рівнянь системи після знаку @. У даному випадку інструментальними змінними виступають всі змінні, що знаходяться у правій частині рівняння.

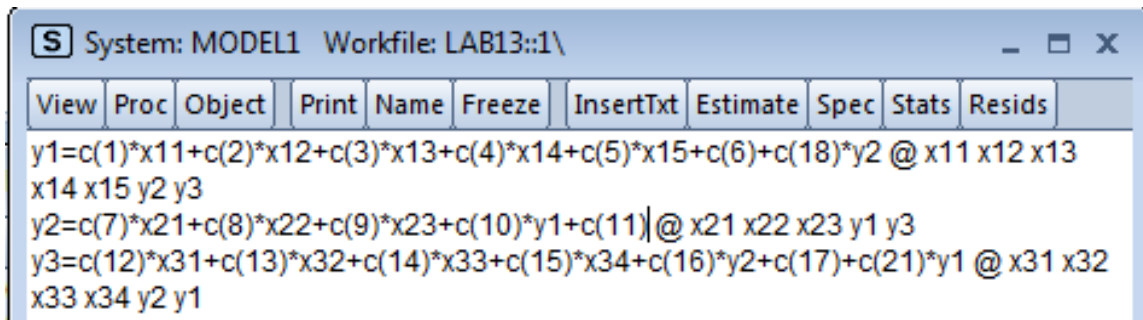


Рис. 47. Завдання формалізованого вигляду моделі

3.5. Для розрахунку параметрів моделі необхідно використовувати кнопку Estimate. В запропонованому меню (рис. 48) проводиться вибір методу розрахунку параметрів моделі.

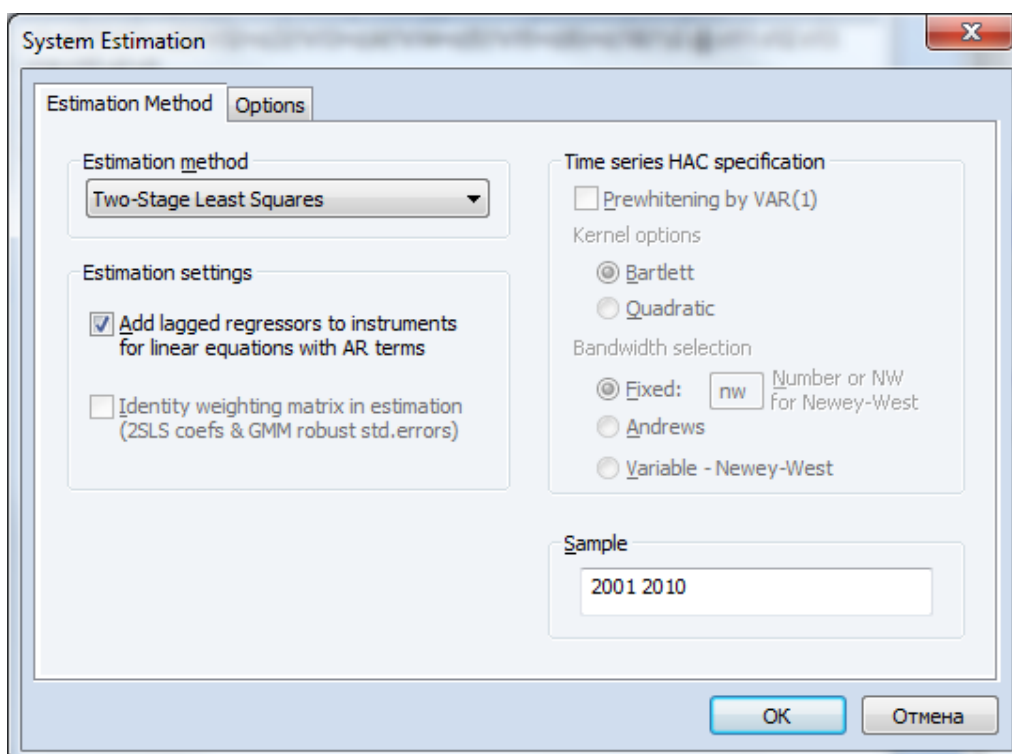


Рис. 48. Вибір методу розрахунку параметрів моделі

На рис. 49 наведено фрагмент отриманих результатів розрахунку параметрів моделі.



	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	5291.976	2448.091	2.161674	0.0535
C(2)	4.668307	1.875869	2.488610	0.0301
C(3)	690.2081	135.7708	5.083626	0.0004
C(4)	-13762.70	4671.571	-2.946054	0.0133
C(5)	5307.429	3234.415	1.640924	0.1291
C(6)	-397198.3	310533.0	-1.279086	0.2272
C(18)	-2.615701	3.544241	-0.738014	0.4760
C(7)	1381.547	524.7315	2.632865	0.0233
C(8)	1093.377	2301.738	0.475023	0.6441
C(9)	-1.481605	0.557565	-2.657278	0.0223
C(10)	0.310120	0.087125	3.559494	0.0045
C(11)	-199754.7	74087.54	-2.696199	0.0208
C(12)	3440.590	7170.961	0.479795	0.6408
C(13)	32121.37	11266.52	2.851047	0.0158
C(14)	-12949.87	5689.165	-2.276234	0.0438
C(15)	294.6080	211.0850	1.395684	0.1903
C(16)	0.033572	0.322711	0.104031	0.9190
C(17)	-3726.787	4436.896	-0.839953	0.4188
C(21)	0.042731	0.066340	0.644120	0.5327

Рис. 49. Фрагмент розрахунку параметрів моделі

У результаті проведених розрахунків було отримано таку систему одночасових рівнянь.

$$\begin{cases} y_1 = -397198,3 + 5291,98x_1^1 + 4,67x_2^1 + 690,21x_3^1 - 13762,7x_4^1 + 5307,43x_5^1 - 2,61y_2 \\ y_2 = -199754,7 + 1381,55x_1^2 + 1093,38x_2^2 - 1,48x_3^3 + 0,31y_1 \\ y_3 = 39033,35 - 440,7x_1^3 - 350841,5x_2^3 + 244x_3^3 + 153330,5x_4^3 - 0,16y_1 + 1,09y_2 \end{cases}$$

Отримана система одночасових рівнянь дозволяє аналізувати стан розвитку підприємства відповідно до тенденцій галузевого і економічного розвитку країни, а також розробляти прогноз зміни обсягу реалізації продукції машинобудівного підприємства відповідно до змін у навколишньому середовищі.

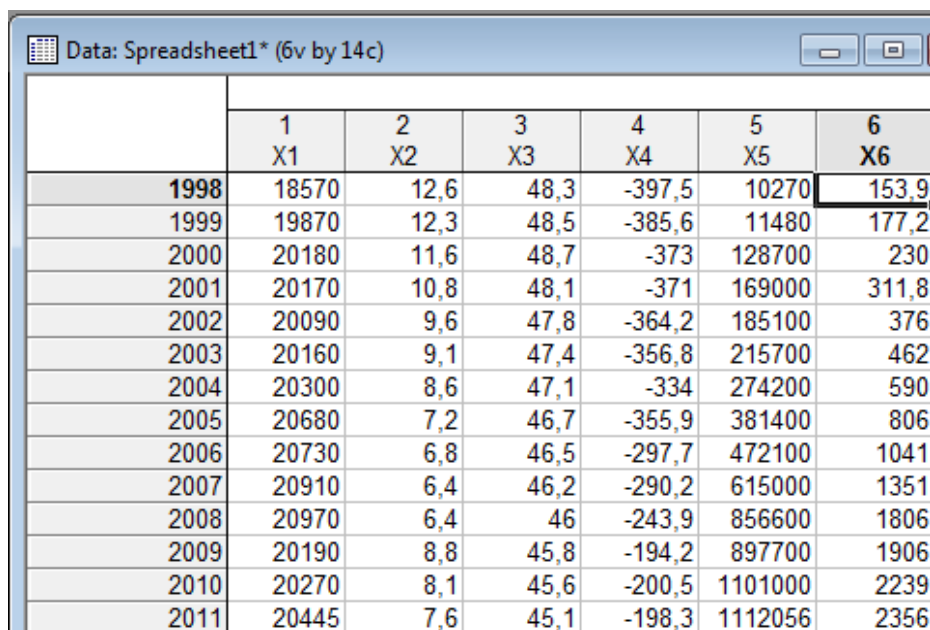
## Лабораторне робота № 10. Побудова моделі факторного аналізу

**Мета:** набуття навичок обробки даних за допомогою методів факторного аналізу в пакеті Statistica 8.0.

**Завдання:** для аналізу демографічної ситуації в Україні відібрано такі показники (табл. 9): X1 – кількість зайнятих; X2 – рівень безробіття; X3 – кількість постійного населення; X4 – природний приріст (скорочення) населення; X5 – доходи населення, млн грн; X6 – середньомісячна номінальна заробітна плата.

Таблиця 9

### Початкові дані



	1 X1	2 X2	3 X3	4 X4	5 X5	6 X6
1998	18570	12,6	48,3	-397,5	10270	153,9
1999	19870	12,3	48,5	-385,6	11480	177,2
2000	20180	11,6	48,7	-373	128700	230
2001	20170	10,8	48,1	-371	169000	311,8
2002	20090	9,6	47,8	-364,2	185100	376
2003	20160	9,1	47,4	-356,8	215700	462
2004	20300	8,6	47,1	-334	274200	590
2005	20680	7,2	46,7	-355,9	381400	806
2006	20730	6,8	46,5	-297,7	472100	1041
2007	20910	6,4	46,2	-290,2	615000	1351
2008	20970	6,4	46	-243,9	856600	1806
2009	20190	8,8	45,8	-194,2	897700	1906
2010	20270	8,1	45,6	-200,5	1101000	2239
2011	20445	7,6	45,1	-198,3	1112056	2356

### Методичні рекомендації

Модуль Factor Analysis (факторний аналіз) містить широкий набір методів, за допомогою яких можливо проводити виділення факторів, тим самим скорочуючи вхідний інформаційний простір.

Слід розглянути основні етапи проведення факторного аналізу в системі Statistica на такому прикладі.

Для виклику модуля факторного аналізу (рис. 50) можна використовувати Statistics / Multivariate Exploratory Techniques / Factor Analysis (багатовимірні методи / факторний аналіз).

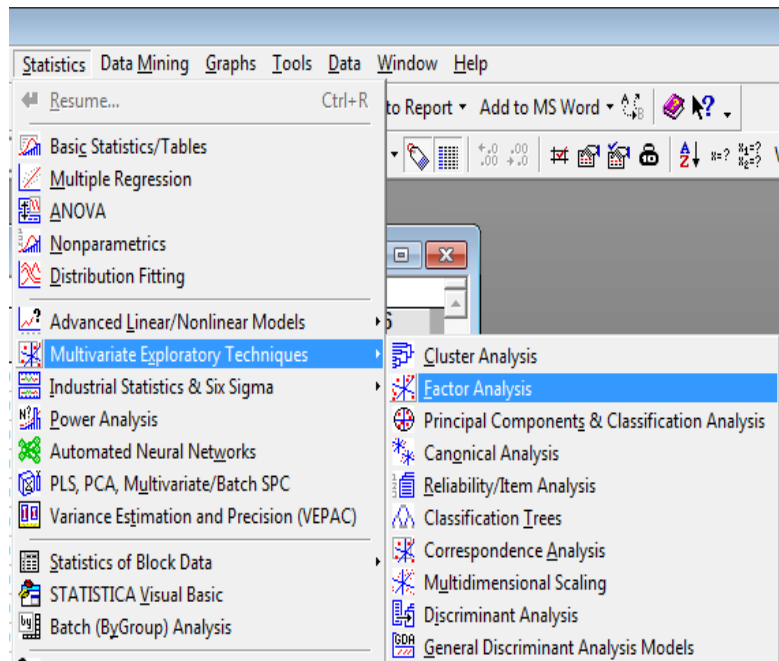


Рис. 50. Виклик модуля факторного аналізу

На екрані з'явиться діалогове вікно (рис. 51) Factor Analysis:

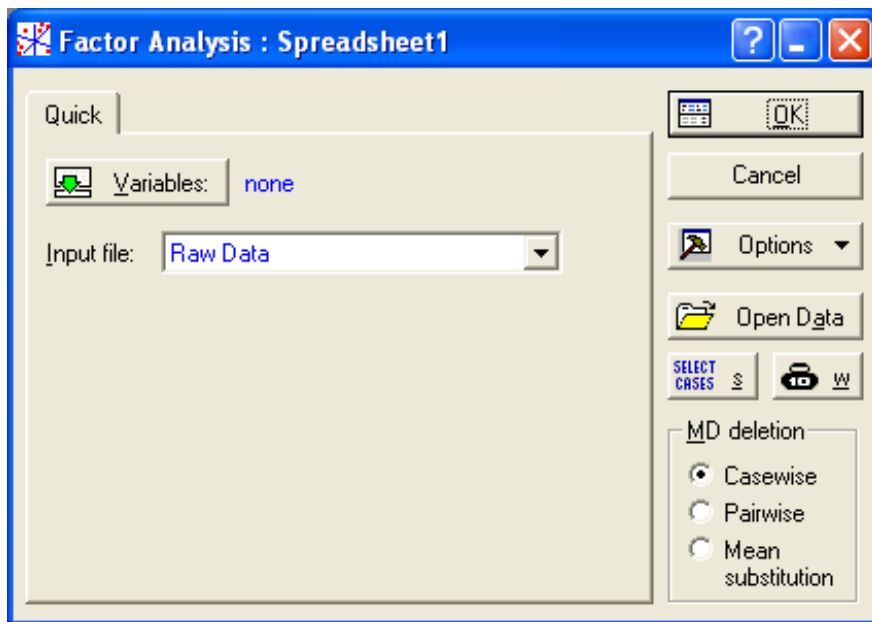


Рис. 51. Діалогове вікно факторного аналізу

Кнопка Variables (змінні) дозволяє відібрати всі змінні з файла даних, які повинні бути включені в факторний аналіз (рис. 52). Якщо при аналізі використовуватимуться не всі змінні, то можна скористатися кнопкою Select All (виділити все).

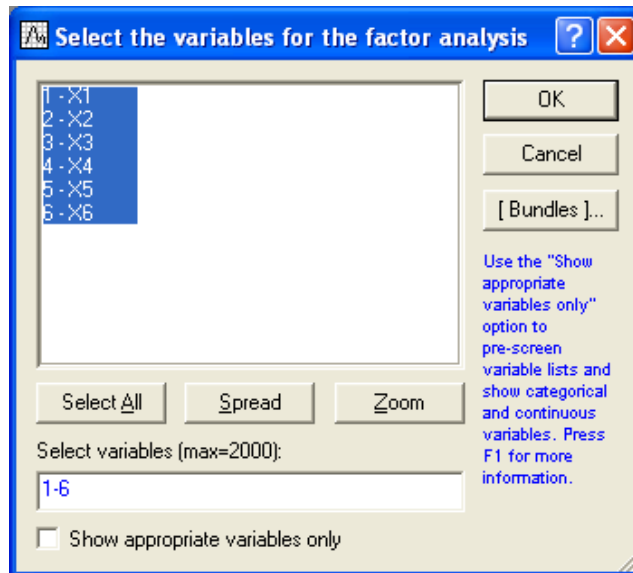


Рис. 52. Вікно вибору змінних

У модулі можливі такі типи вихідних даних: Correlation Matrix (кореляційна матриця) та Raw Data (вихідні дані).

Raw Data – це звичайний файл даних, де за рядками записані значення змінних.

MD deletion (заміна пропущених змінних). Спосіб обробки пропущених значень.

Casewise (спосіб виключення пропущених випадків) – полягає в тому, що в електронній таблиці, яка містить дані, ігноруються всі рядки (випадки), у яких є хоча б одне пропущене значення. Це відноситься до всіх змінних. У таблиці залишаються тільки випадки, в яких немає жодного пропуску.

Pairwise (парний спосіб виключення пропущених значень) – ігноруються пропущені випадки не для всіх змінних, а лише для вибраної пари. Всі випадки, в яких немає пропусків, використовуються в обробці, наприклад, при поелементному обчисленні кореляційної матриці, коли послідовно розглядаються всі пари змінних. Очевидно, в способі Pairwise залишається більше спостережень для обробки, ніж у способі Casewise.

Mean Substitution (підстановка середнього замість пропущених значень).

Натиснувши в стартовому вікні модуля на кнопку ОК, розпочинається аналіз обраних змінних.

Система Statistica обробить пропущені значення тим способом, який вказано, обчислить кореляційну матрицю і запропонує на вибір кілька методів факторного аналізу.

Обчислення кореляційної матриці (якщо вона не задається відразу) – перший етап факторного аналізу.

Після натиснення кнопки Ок можна перейти до наступного діалогового вікна.

Define Method of Factor Extraction (визначити метод виділення факторів) (рис. 53).

Дане вікно має таку структуру. Верхня частина вікна є інформаційною: тут повідомляється, що пропущені значення оброблені методом Casewise. Опрацьовано 14 випадків та 14 випадків прийняті для подальших обчислень. Кореляційна матриця обчислена для 6 змінних. Група опцій, об'єднаних під заголовком Extraction method (методи виділення факторів) – дозволяє вибрати метод обробки.

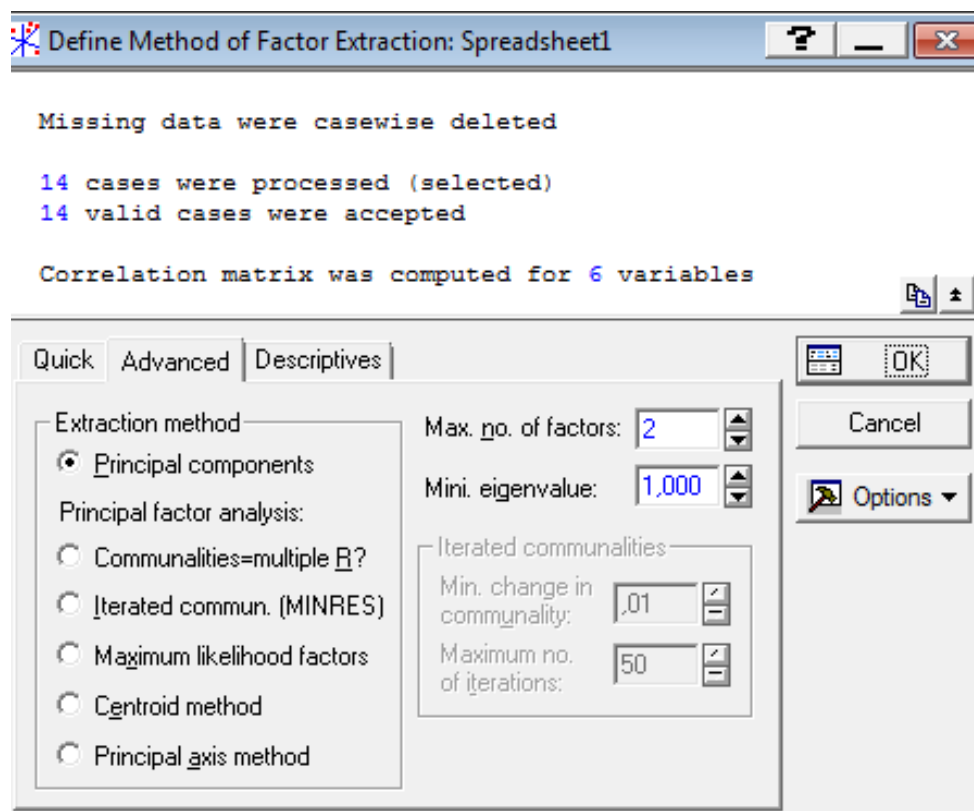


Рис. 53. Вікно вибору методу виділення факторів

Для продовження аналізу у вікні Define Method of Factor Extraction (визначити метод виділення факторів) (рис. 54) необхідно натиснути на кнопку Review correlations, means, standart deviations (проглянути кореляції / середні / стандартні відхилення).

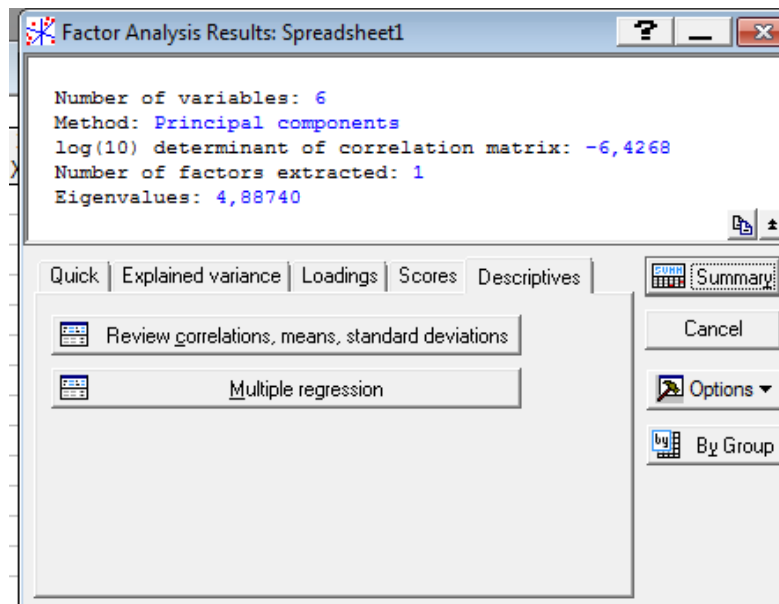


Рис. 54. Вкладки вікна вибору методу виділення факторів

Після чого з'явилося вікно перегляду описових статистик для аналізованих даних (рис. 55), де можна подивитися середні, стандартні відхилення, кореляції, коваріації, побудувати різні графіки.

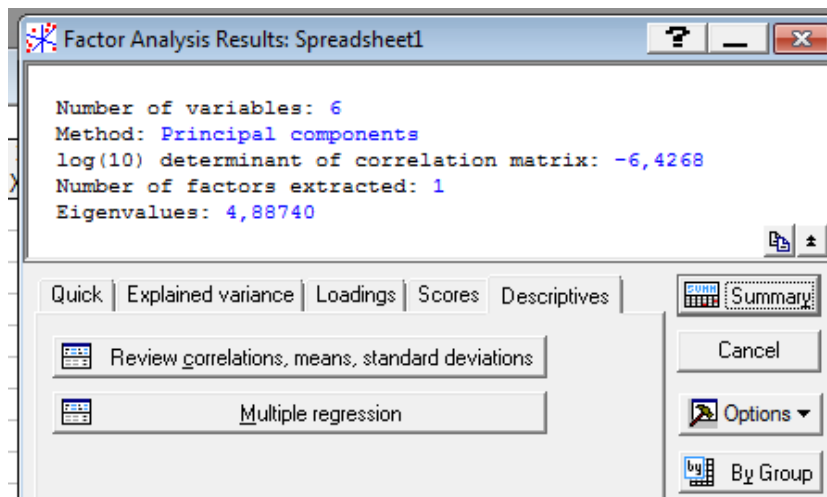


Рис. 55. Вікно перегляду описових статистик

Тут можна провести додатковий аналіз поточних даних, перевірити відповідність вибірових змінних нормальному закону розподілу і існування лінійної кореляції між змінними.

Натиснувши кнопку Correlations (кореляції) (рис. 56), на екрані з'явиться кореляційна матриця обраних раніше змінних.

Variable	X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	1,00	-0,83	-0,57	0,46	0,51	0,49
X2	-0,83	1,00	0,83	-0,64	-0,69	-0,69
X3	-0,57	0,83	1,00	-0,92	-0,95	-0,95
X4	0,46	-0,64	-0,92	1,00	0,98	0,98
X5	0,51	-0,69	-0,95	0,98	1,00	1,00
X6	0,49	-0,69	-0,95	0,98	1,00	1,00

Рис. 56. Кореляційна матриця

Далі обрати опцію Principal components (головні компоненти) і натис-  
немо кнопку ОК. Система швидко зробить обчислення, і на екрані (рис. 57)  
з'явиться вікно Factor Analysis Results (результати факторного аналізу).

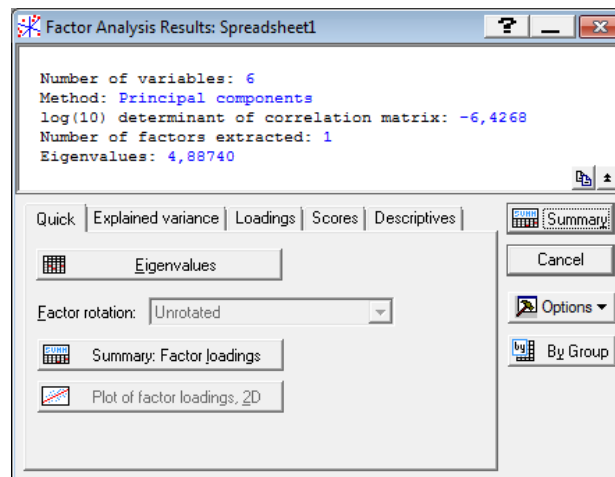


Рис. 57. Вікно результатів факторного аналізу

У верхній частині вікна результатів факторного аналізу дається інфор-  
маційне повідомлення:

Number of variables (число аналізованих змінних) – 6;

Method (метод аналізу) – головні компоненти;

log (10) determination of correlation matrix (десятковий логарифм детер-  
мінанта кореляційної матриці) – 6,4268;

Number of Factor extraction (число виділених факторів) – 1;

Eigenvalues (власні значення) – 4,88740.

У нижній частині вікна знаходяться підрозділи, що дозволяють всебічно  
ознайомитись з результатами аналізу чисельно та графічно.

Plot of loadings, 2D і Plot of loadings, 3D (графіки навантажень) – ці опції побудують графіки факторних навантажень у проекції на площину будь-яких двох обраних факторів і в проекції в простір трьох обраних факторів, для чого необхідна наявність як мінімум трьох виділених факторів.

Summary. Factor loadings (факторні навантаження). Ця опція викликає таблицю з поточними факторними навантаженнями (рис. 58), тобто обчисленими для даного методу обертання факторів, який вказаний праворуч від відповідної кнопки. У цій таблиці факторам відповідають стовпці, а змінним – рядки і для кожного фактора вказується навантаження кожної вихідної змінної, яка показує відносну величину проекції змінної на факторну координатну вісь. Факторні навантаження можуть інтерпретуватися як кореляції між відповідними змінними і чинниками – чим вище навантаження за модулем, тим більше близькість фактора до початкової змінної; та вони становлять найбільш важливу інформацію для інтерпретації отриманих факторів. У згенерованій таблиці для полегшення трактування будуть виділені факторні навантаження за абсолютною величиною більше 0,7.

2* - Factor Loadings (Unrotated)	
	Factor Loadings Extraction: Principal Component Method (Marked loadings in bold)
Variable	Factor 1
X1	<b>-0,684396</b>
X2	<b>0,853163</b>
X3	<b>0,977557</b>
X4	<b>-0,939809</b>
X5	<b>-0,963751</b>
X6	<b>-0,960958</b>
Expl. Var	4,887401
Prp. Totl	0,814567

Рис. 58. Таблиця факторних навантажень

За результатами таблиці видно, що фактор корелює із усіма змінними, окрім першої. У такому випадку вдаватися до повороту осей недоцільно. Знайдене рішення можна інтерпретувати таким чином. Фактори частіше



інтерпретують за навантаженням. Отриманий фактор найтісніше пов'язаний з X2, X3, X4, X5, X6. Результати можливо інтерпретувати таким чином:

$F1 = 0,853 \times X2 + 0,978 \times X3 - 0,9398 \times X4 - 0,964 \times X5 - 0,96X6$ ; – необхідні для дослідження фактори, які можуть використовуватись для аналізу демографічної ситуації. X1 (кількість зайнятих) необхідно виключити з аналізу.

## Лабораторна робота № 11. Використання кластерного аналізу для дослідження економічних процесів

**Мета:** отримання навичок використання кластерного аналізу в пакеті Statistica.

**Завдання:** необхідно провести класифікацію країн світу за рівнем енергетичної безпеки, що оцінюється такими показниками:

1. Частка власних джерел у балансі паливно-енергетичних ресурсів держави, % (ЧВД).
  2. Частка домінуючого паливного ресурсу у споживанні паливно-енергетичних ресурсів, % (ЧДП).
  3. Енергоємність ВВП, кг умовного палива/грн (ЄСВВП).
  4. Обсяг видобутку вугілля, млн тонн (ОВВ).
  5. Ступінь забезпечення паливно-енергетичними ресурсами (СЗР).
- Вихідні значення за показниками наведені в табл. 10.

Таблиця 10

### Значення показників енергетичної безпеки

	ЧДП	ЄСВВП	ОВВ	ЧВД	СЗР
Австрія	0,5125	8,1397	28,086	0,6577	1,2299
Бельгія	0,441	11,184	46,61	0,4231	1,198
Болгарія	0,3906	67,683	473,8	0,7281	0,629
Фінляндія	0,6599	13,741	0	0,6448	1,1811
Франція	0,5984	7,579	6,8511	0,7465	0,5692
Німеччина	0,4255	9,3587	2922,1	0,6716	0,9989
Італія	0,4222	9,1809	4,4658	0,5269	1,3332
Польща	0,4471	27,106	6933,4	1,0576	1,0304
Іспанія	0,494	10,292	4295,4	0,6178	0,9236
Швеція	0,8281	8,865	0	0,9094	0,9484
Швейцарія	0,6947	4,6217	0	0,7551	0,9521
Великобританія	0,3898	7,828	1005,6	1,9541	2,1603
Білорусія	0,6031	80,723	0	0,5211	1,343
Росія	0,5621	121,36	3960,7	2,8999	2,9421
Україна	0,5411	179,24	2740,3	0,6762	1,0767

## Методичні рекомендації

1. Для побудови кластерних утворень слід нормувати значення показників. З цією метою в контекстному меню необхідно обрати Fill/Standardize Block/ Standardize Columns як показано на рис. 59.

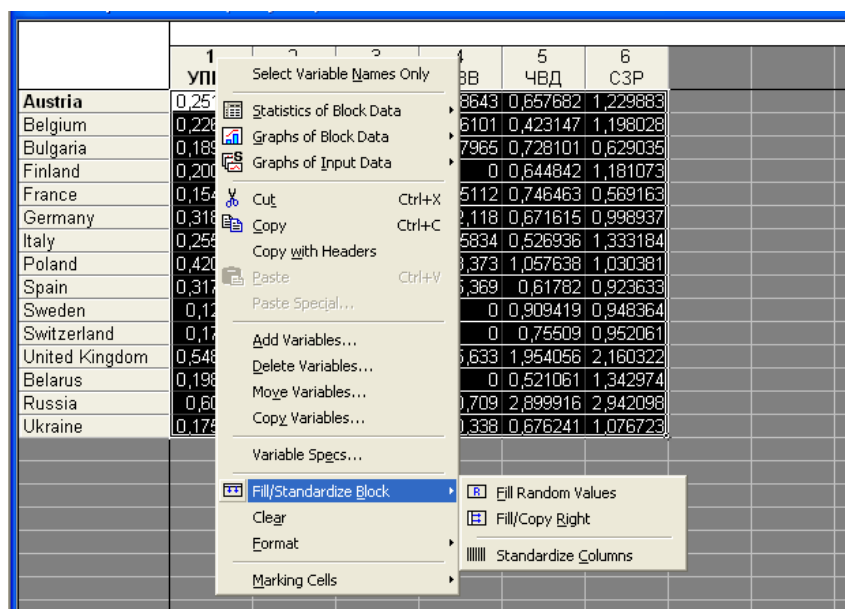


Рис. 59. Нормування вхідних даних

Нормовані значення наведено в табл. 11.

Таблица 11

### Нормовані значення показників енергетичної безпеки

	1	2	3	4	5
	ЧДП	ЄСВВП	ОВВ	ЧВД	СЗР
Austria	-0,1767	-0,5880	-0,5721	-0,4130	-0,0078
Belgium	-0,7646	-0,5277	-0,5705	-0,7832	-0,0630
Bulgaria	-1,1794	0,59277	-0,4559	-0,3018	-1,0497
Finland	1,03524	-0,4770	-0,5736	-0,4332	-0,0924
France	0,52966	-0,5992	-0,5709	-0,2728	-1,1535
Germany	-0,8921	-0,5639	0,97635	-0,3910	-0,4082
Italy	-0,9192	-0,5674	-0,5719	-0,6194	0,17131
Poland	-0,7149	-0,2119	1,22364	0,21831	-0,3537
Spain	-0,3291	-0,5454	-0,3252	-0,4759	-0,5388
Sweden	2,41827	-0,5737	-0,5736	-0,0156	-0,4959
Switzerland	1,32139	-0,6578	-0,5736	-0,2592	-0,4895
United Kingdom	-1,1859	-0,5942	-0,1835	1,63331	1,60563
Belarus	0,5681	0,85138	-0,5736	-0,6286	0,18829
Russia	0,23105	1,65734	3,08415	3,1263	2,96129
Ukraine	0,05852	2,80509	0,26061	-0,3837	-0,2734

2. Для проведення кластерного аналізу необхідно увійти до модуля "Кластерний" аналіз, для цього необхідно скористатися меню Statistics/Multivariate Exploratory/Cluster analysis (рис. 60).

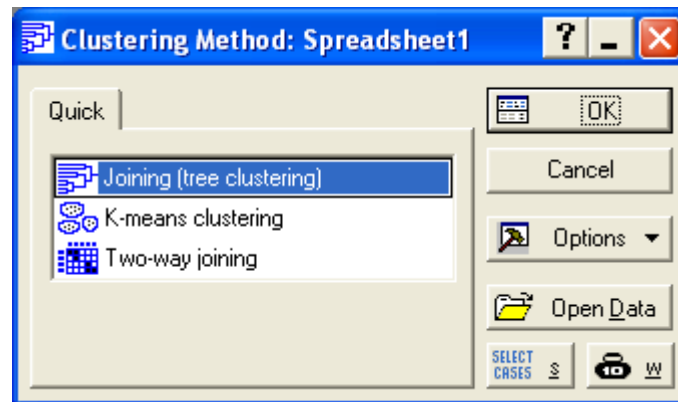


Рис. 60. Діалогове вікно модуля "Кластерний аналіз"

Діалогове вікно (рис. 60), що з'явилося, дозволяє використати один з методів кластеризації:

1. Joining (tree clustering) – об'єднання (деревовидна кластеризація).
2. K – means clustering – кластеризація методом K-середніх.
3. Two-way joining – двохходове об'єднання.

3. З метою визначення кількості клатерів доцільно провести природню (деревовидну) кластеризацію. В пакеті Statistica даний тип кластеризації передбачає реалізацію декількох етапів.

3.1. Вибір показників, за якими проводиться кластеризація (рис. 62):

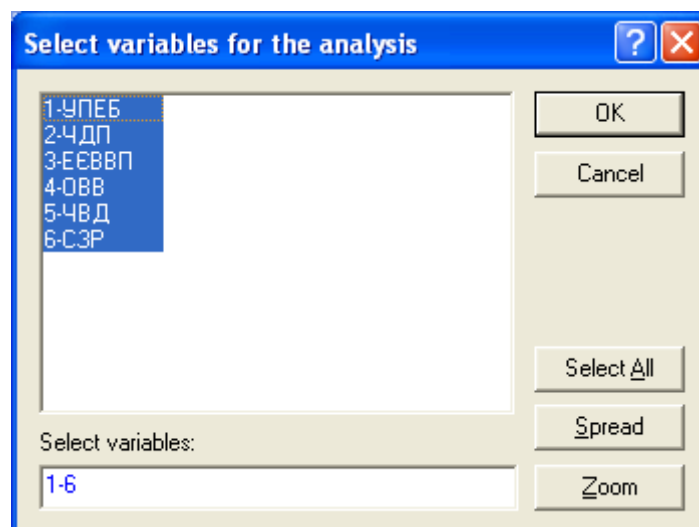


Рис. 61. Діалогове вікно вибору показників, що беруть участь в кластеризації

3.2. Вибір напряму класифікації, що задається в полі Cluster (кластер) (рис. 62) задається напрям класифікації. При кластеризації самих змінних позначаються variables [columns] (змінні [стовпці]), в даній задачі Cases [rows] (спостереження [рядки]).

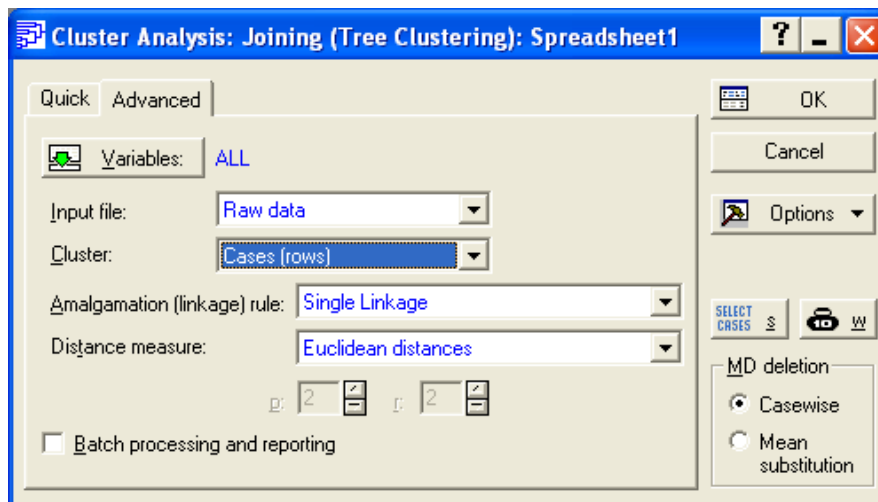


Рис. 62. Діалогове вікно побудови деревовидної кластеризації

3.3. Вибір правила об'єднання об'єктів до групи. З цією метою використовується меню Amalgamation [linkage] rule (правило об'єднання [зв'язку]), що дозволяє вибрати одне з таких правил:

- Single Linkage (метод одиночного зв'язку "принцип найближчого сусіда").
- Complete Linkage (метод повного зв'язку "принцип далекого сусіда").
- Unweighted pair-group average (незважене попарне середнє).
- Weighted pair-group average (зважене попарне середнє).
- Unweighted pair-group centroid (незважений центроїдний метод).
- Weighted pair-group centroid (зважений центроїдний метод).
- Ward's method (метод Варда).

У роботі заропоновано використовувати метод одиночного зв'язку.

3.4. Вибір типу відстаней, що буде використовуватися в процесі кластеризації. З цією метою у вікні Distance measure (міра відстані) необхідно обрати один із типів відстаней, що використовуються в пакеті:

- Squared Euclidean distances (квадрат Евклідової відстані).
- Euclidean distances (Евклідова відстань).
- City-block (Manhattan) distance (відстань міських кварталів або (Манхеттенський відстань)).
- Chebychev distance metric (відстань Чебишева).
- Percent disagreement (відсоток незгоди).

У роботі запропоновано використовувати Евклідову відстань.  
 Після встановлення всіх параметрів кластеризації слід перейти до вікна її результатів (рис. 63).

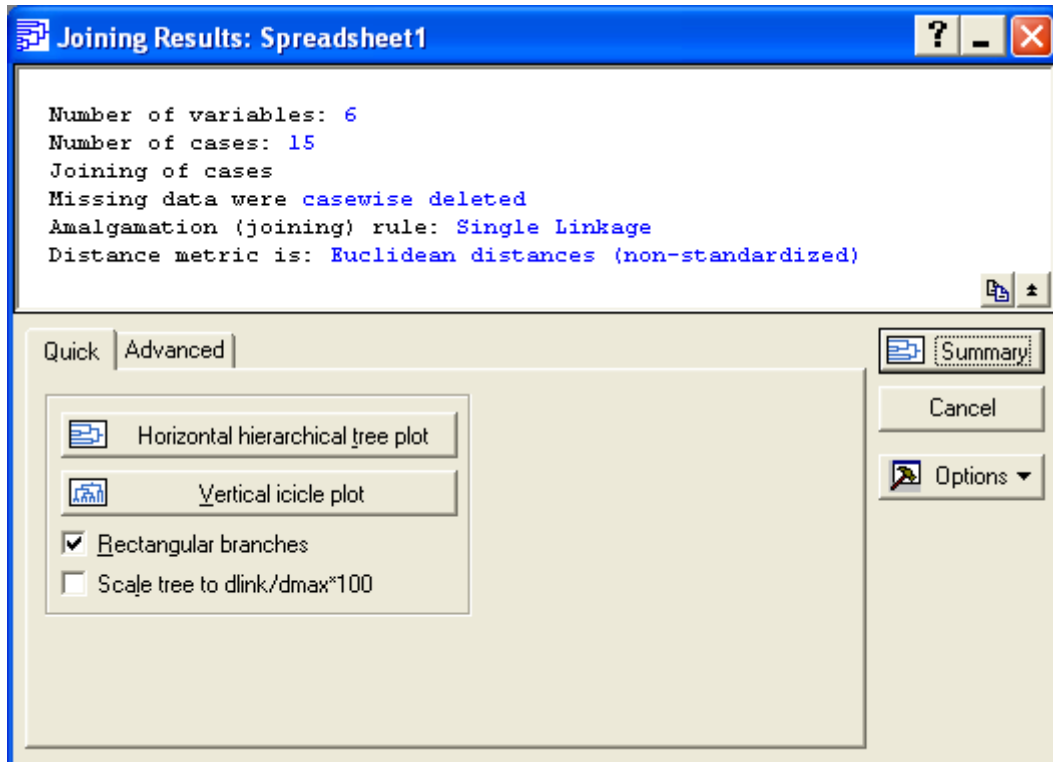


Рис. 63. Вікно результатів кластеризації

За допомогою кнопки Vertical icicle plot побудувати вертикальну дендрограму (рис. 64).

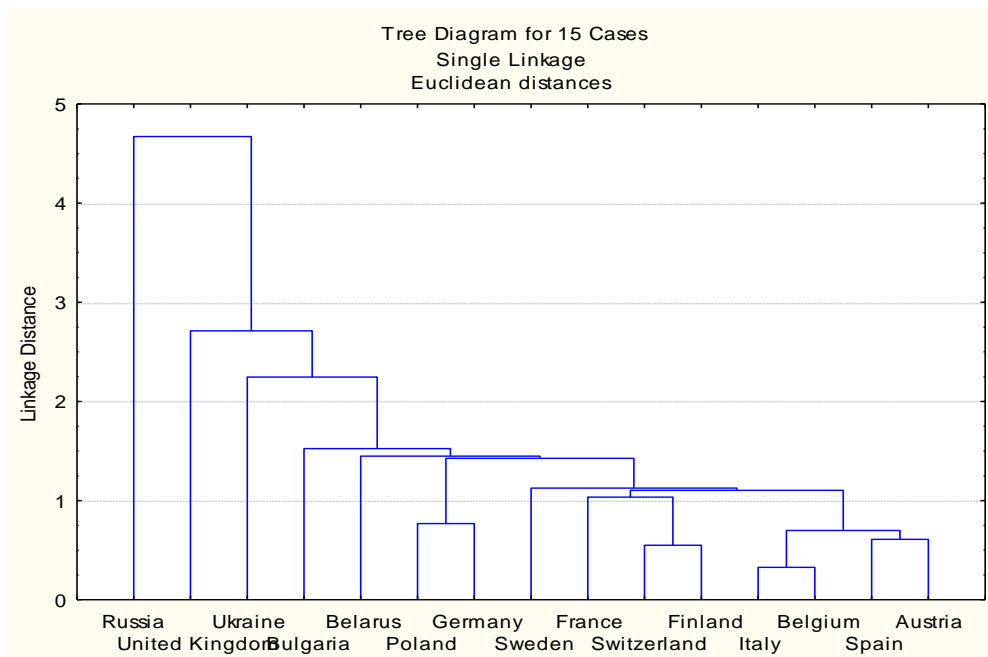


Рис. 64. Дендрограма

Аналіз визначення кількості кластерних груп на підставі використання дендрограмми (рис. 65), що найбільш доцільним є розбити сукупність країн на 4 кластери.

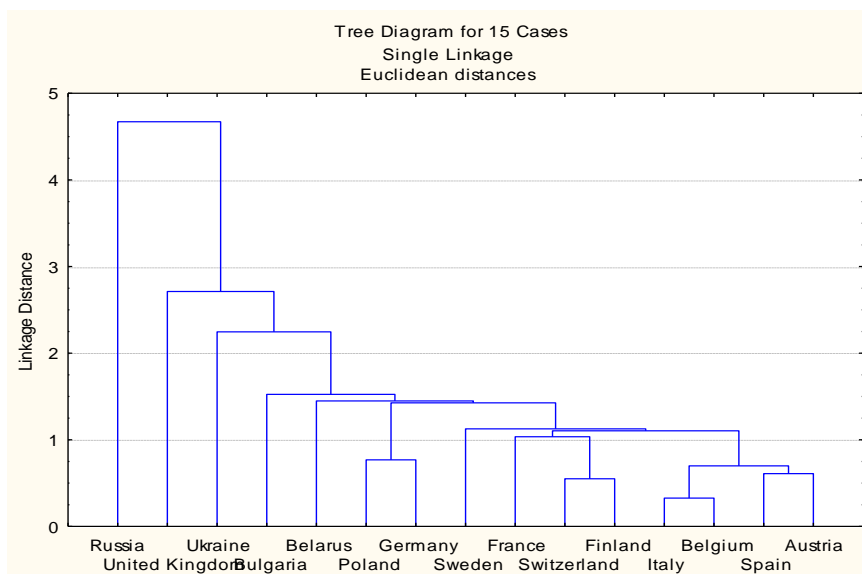


Рис. 65. Дендрограма

4. Побудова клатерів за допомогою методу k-середніх. Проводиться в такі етапи:

4.1. Встановлення основних параметрів кластеризації. Як і в методі деревовидної кластеризації обираються показники, за якими проводиться кластеризація та об'єкти кластеризації. Ураховуючи результати побудови дендрограми вказується кількість кластерів, що дорівнює 4.

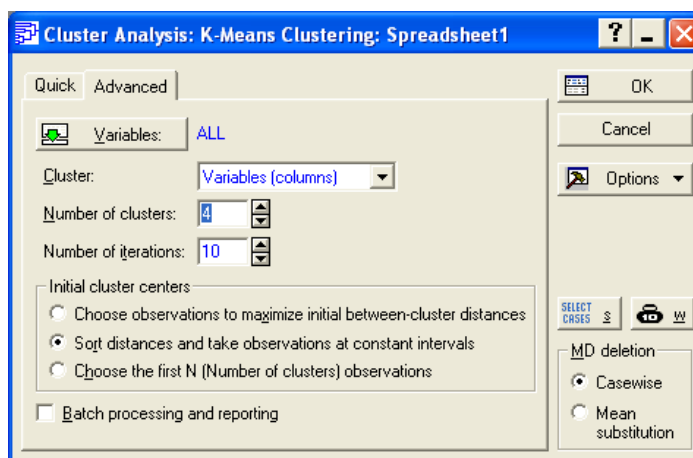


Рис. 66. Діалогове вікно модуля "Кластерний аналіз":  
Метод k-середніх

4.2. У вікні результатів кластеризації (рис. 67) можна вибрати ті розрахунки та звіти з проведеним кластерним аналізом, яких потребує користувач.

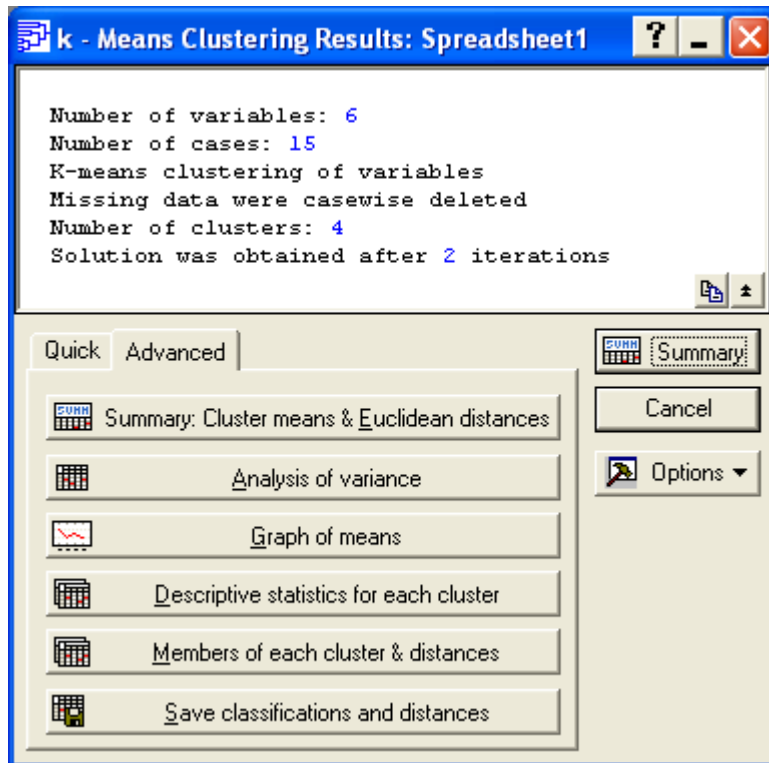


Рис. 67. Вікно результатів кластеризації

4.3.1. Кнопка Cluster Means & Euclidean Distances (середні значення в кластерах та евклідові відстані).

За матрицею відстаней між кластерами (рис. 68) можна визначити якість проведеної кластеризації. Чим більше відстань між кластерами і менше відстані між елементами кластерів, тим якісніше проведена кластеризація.

Cluster Number	Euclidean Distances between Clusters			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
No. 1	0,00000	1,23511	6,99081	0,98746
No. 2	1,11135	0,00000	6,55131	1,46355
No. 3	2,64401	2,55955	0,00000	8,66367
No. 4	0,99371	1,20977	2,94341	0,00000

Рис. 68. Матриця відстаней між кластерами

4.3.2. Кнопка Descriptive Statistics for each cluster дозволяє визначити описові статистики для кожного з кластерів (рис. 69).

Descriptive Statistics for Cluster Cluster contains 8 cases				Descriptive Statistics for Cluster Cluster contains 2 cases			
Variable	Mean	Standard Deviation	Variance	Variable	Mean	Standard Deviation	Variance
ЧДП	-0,77029	0,36394	0,13245	ЧДП	0,31334	0,36037	0,12986
ЄЄВВП	-0,37575	0,41087	0,16882	ЄЄВВП	1,82824	1,38147	1,90848
ОВВ	-0,05992	0,73184	0,53560	ОВВ	-0,15650	0,58988	0,34796
ЧВД	-0,14161	0,77397	0,59903	ЧВД	-0,50620	0,17320	0,03000
СЗР	-0,08057	0,77861	0,60624	СЗР	-0,04255	0,32647	0,10658

Descriptive Statistics for Cluster Cluster contains 1 cases				Descriptive Statistics for Cluster Cluster contains 4 cases			
Variable	Mean	Standard Deviation	Variance	Variable	Mean	Standard Deviation	Variance
ЧДП	0,23105	0,00	0,00	ЧДП	1,32614	0,79828	0,63726
ЄЄВВП	1,65734	0,00	0,00	ЄЄВВП	-0,57694	0,07536	0,00568
ОВВ	3,08415	0,00	0,00	ОВВ	-0,57295	0,00133	0,00000
ЧВД	3,12637	0,00	0,00	ЧВД	-0,24527	0,17227	0,02967
СЗР	2,96129	0,00	0,00	СЗР	-0,55789	0,43967	0,19331

Рис. 69. Описові статистики кожного кластера

4.3.3. Перелік країн, які входять до кожного з кластерів (рис. 70), можна отримати з використанням кнопки Members for each cluster & distances (члени групи і відстані).

Members of Cluster Number 1 (2ф.ста) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 8 cases								
	Austria	Belgium	Bulgaria	Germany	Italy	Poland	Spain	United Kingdom
Distance	0,38436	0,37304	0,66741	0,50867	0,35009	0,61345	0,35087	1,11620

Members of Cluster and Distances from Cluster contains 2 c		Members and Dis Cluster		Members of Cluster Number 4 (2ф.ста) and Distances from Respective Cluster Cer Cluster contains 4 cases				
	Belarus	Ukraine		Russia	Finland	France	Sweden	Switzerland
Distance	0,50228	0,50228	Distance	0,00	0,26328	0,44507	0,49986	0,04781

Рис. 70. Перелік країн, що увійшли до кластерів

Порівняльний аналіз рис. 68 та 70 дозволив зробити висновок, що побудована кластеризація є якісною, про що свідчить значне перевищення відстані між групами та в середині них.

З рис. 70 видно, що репрезентантом для першого кластера є Італія, третього кластера – Росія, четвертого Швейцарія. Проаналізувавши відстані



від цих країн до України та Білорусі, можна зробити висновок, що Україна є репрезентантом другого кластера.

4.3.4. Для побудови графіка, що відображає характер розбиття країн на кластери, використовується кнопка Graph of means (графік середніх) (рис. 71).

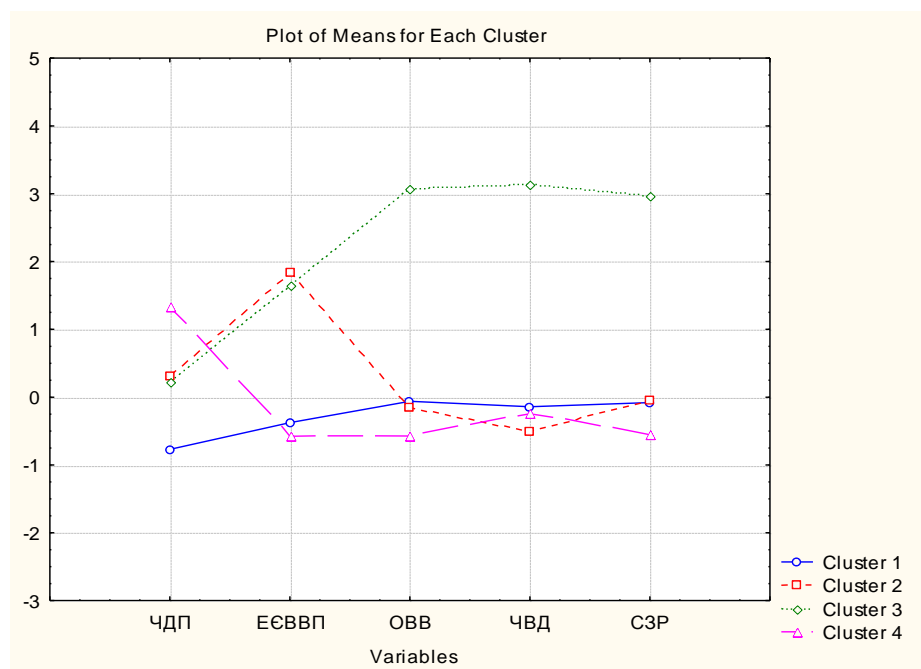


Рис. 71. Графічне середніх значень показників за кластерами

Аналізуючи отримані результати, можна зробити такі висновки. Характеристика наведених кластерів проведена в табл. 12.

Таблиця 12

### Загальна характеристика кластерів енергетичної безпеки

Номер кластера	Перелік країн, що входять до кластера	Основні характеристики класу	Рекомендації
1	2	3	4
Перший кластер	Польща, Німеччина, Іспанія, Австрія, Болгарія, Італія, Бельгія, Великобританія	Країни з середнім рівнем забезпеченості енергоресурсами та високим рівнем використання енергозберіжливих технологій	Диверсифікувати постачальників енергетичних ресурсів

1	2	3	4
Другий кластер	Україна, Білорусія	Країни з середнім рівнем забезпеченості енергоресурсами та дуже низьким рівнем використання енергозбережних технологій	Диверсифікувати постачальників енергетичних ресурсів, підвищити рівень ефективності використання енергоресурсів
Третій кластер	Росія	Абсолютно енергетично незалежна країна з великими власними енергетичними запасами, але неефективним використанням енергоресурсів	Підвищити рівень ефективності використання енергоресурсів
Четвертий кластер	Фінляндія, Франція, Швеція і Швейцарія	Країни з низьким рівнем забезпеченості енергоресурсами та високим рівнем використання енергозбережних технологій	Диверсифікувати постачальників енергетичних ресурсів, використовувати нетрадиційні джерела енергетичних ресурсів

Таким чином, можна зробити висновок, що Україна знаходиться серед країн із середнім рівнем забезпеченості енергоресурсами та дуже низьким рівнем використання енергозбережних технологій.

## Лабораторна робота № 12. Вирішення завдання класифікації методом дискримінантного аналізу

**Мета:** отримання навичок використання дискримінантного аналізу в пакеті Statistica.

**Завдання:** перевірити якість кластеризації країн світу за рівнем енергетичної безпеки.

Вихідні дані по 14 країнах світу, які були розподілені за трьома групами методом кластерного аналізу (за рівнем енергетичної безпеки) наведені на рис. 72.

	1	2	3	4	5	6
	ЧДП	ЕЄВВП	ОВВ	ЧВД	СЗР	№ кластера
Austria	-0,17675	-0,58809	-0,57214	-0,41302	-0,00782	1
Belgium	-0,76466	-0,52771	-0,57051	-0,78324	-0,06306	1
Bulgaria	-1,17941	0,592776	-0,45598	-0,30186	-1,04973	1
Finland	1,035246	-0,47702	-0,57362	-0,43329	-0,09246	3
France	0,529661	-0,59921	-0,57095	-0,27288	-1,15355	3
Germany	-0,89218	-0,56392	0,976358	-0,39103	-0,40829	1
Italy	-0,9192	-0,56744	-0,57195	-0,61941	0,171315	1
Poland	-0,71494	-0,21196	1,223649	0,218313	-0,35377	1
Spain	-0,32918	-0,54541	-0,32521	-0,47595	-0,53888	1
Sweden	2,418275	-0,57371	-0,57362	-0,01565	-0,49599	3
Switzerland	1,321396	-0,65786	-0,57362	-0,25926	-0,48958	3
<b>United Kingdom</b>	-1,18599	-0,59427	-0,18357	1,633319	1,605633	1
Belarus	0,56817	0,851388	-0,57362	-0,62868	0,188291	2
Ukraine	0,058525	2,805092	0,260611	-0,38373	-0,27341	2

Рис. 72. Результати кластеризації країн світу за рівнем енергетичної безпеки

### Методичні рекомендації

Вибір даного модуля можливо здійснити через меню Statistics\ Multivariate Exploratory Techniques \ Discriminant analysis (рис. 73). Або можливо використовувати перемикач Module Switcher, який містить перелік всіх доступних модулів та натиснути Discriminant Analysis, а потім кнопку Switch to.

	1	2	3	4	5	6	7
	УПЕБ					СЗР	Номер кластера
Austria	0,251347					1,229883	1
Belgium	0,226924						
Bulgaria	0,189789						
Finland	0,200271						
France	0,154622						
Germany	0,318949						
Italy	0,255846						
Poland	0,420904						
Spain	0,317985						
Sweden	0,12123						
Switzerland	0,17232	0,694735	4,621731	0	0,755		
<b>United Kingdom</b>	0,548855	0,389766	7,828034	1005,633	1,9540		
Belarus	0,198356	0,603121	80,72323	0	0,521061	1,342974	2
Russia	0,60216	0,562118	121,3625	3960,709	2,899916	2,942098	3
Ukraine	0,175009	0,541134	179,2357	2740,338	0,676241	1,076723	2

Рис. 73. Вибір модуля дискримінантного аналізу

На екрані з'явиться стартова панель модуля Discriminant Function Analysis (рис. 74), за допомогою якого можливо здійснити такі функції:

- відкрити файл із даними за допомогою кнопки Open Data;
- вибрати змінну – Variables;
- визначити кількість груп об'єктів, що аналізуються – Codes for grouping variable;
- построчно видаляти змінні зі списку Case wise чи замінити їх середніми значеннями Mean substitution;
- вказати умови вибору спостережень з бази даних – Select Cases;
- внести ваги змінних, обравши їх зі списку – W.

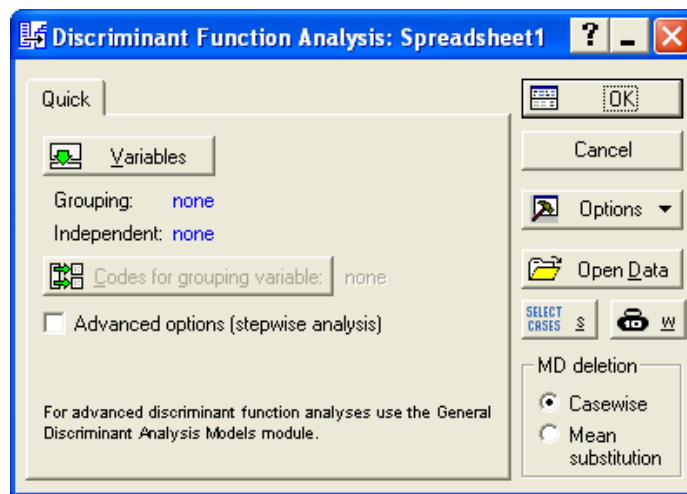


Рис. 74. Стартова панель модуля дискримінантного аналізу

За допомогою кнопки Variables можливо вибрати групувальну (Grouping) та незалежну (Independent) змінні (рис. 75).

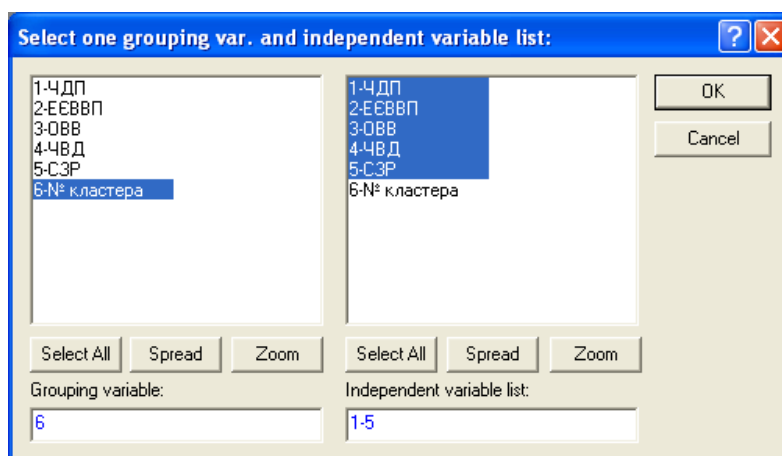


Рис. 75. Вікно для вибору змінних

За допомогою кнопок, що розташовані на панелі вибору змінних, можливо:

Виділити всі змінні – Select All;

Переглянути тип ім'я – Spread;

Переглянути додаткову інформацію за змінного Zoom.

Визначити модель, натиснувши кнопку ОК.

Вигляд діалогового вікна Model Definition, яке призначене для вибору моделі, наведено на рис. 76. У вкладці Advanced можливо задати метод (Method), який буде використовуватись для вибору значимих змінних.

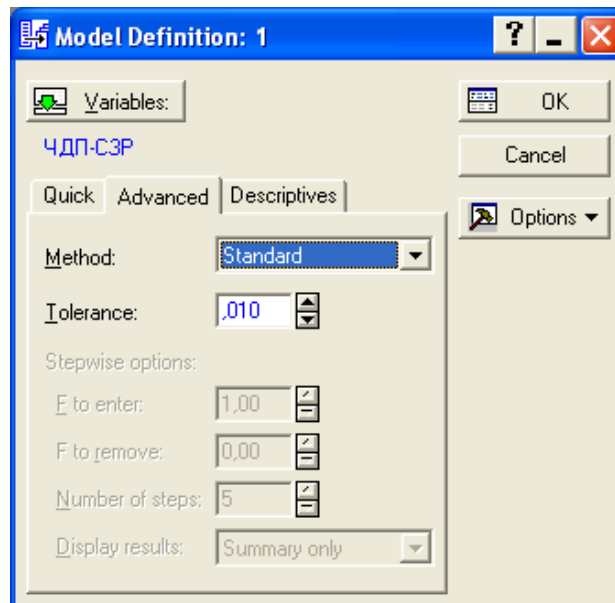


Рис. 76. Діалогове вікно визначення вибору моделі

Можливе використання таких методів:

- Standart (стандартний). Всі змінні одночасно включені в модель;
- Forward stepwise (покроковий з включенням). На кожному кроці в модель відбирається змінна з максимальним F-значенням. Процедура закінчується, коли всі змінні, значення F яких більше за значення, вказане в полі F to enter, увійшли до моделі.

- Backward stepwise (покроковий з виключенням). На кожному кроці в модель відбираються всі змінні, які потім видаляються залежно від величини F-значення. Кроки закінчуються, коли немає змінних, F-значення яких менше певного, визначеного користувачем у полі F to remove.

Поле Number of steps (число кроків) визначає максимальну кількість кроків аналізу, у разі досягнення яких процедура закінчується.

Поле Tolerance (толерантність) дозволяє виключити з моделі неінформативні змінні. Якщо толерантність має значення менше, ніж значення 0,01, то змінна визнається не інформативною та не включається до моделі.

На відміну від стандартного методу для покрокових процедур передбачено два режими (вивід результатів) аналізу Display of results:

- At each step (на кожному кроці) – програма виводить на екран діалогове вікно результатів, отриманих на кожному кроці, починаючи з нульового.

- Summary only (на заключному кроці) виводить вікно з результатами тільки на останньому кроці, проте воно містить опцію для перегляду основних підсумкових статистик і для покрокової процедури.

- Descriptives \ Review Descriptive Statistics (огляд описових статистик) дозволяє отримати описові статистики для обраних змінних.

- Pooled within-groups covariances & correlations (об'єднані внутрішньогрупові коваріації та кореляції).

- Total covariances & correlations (повні коваріації та кореляції).

- Graph (графіки кореляційних функцій для всіх змінних).

- Means & number of cases (середні значення для кожної змінної).

- Box & wh (діаграми розмаху).

- Standart deviations (стандартні відхилення змінних в кожній групі).

- Categrized histogram (by group) (категоризувати гістограми за групами для кожної змінної).

- Box & whisker plot (by group) (діаграми розмаху за групами).

- Categorized scatterplot (by group) (для двох будь-яких змінних).

- Categorized normal probabability plot (by group) (категоризувати нормальний графік для будь-якої змінної за групами).

У якості методу аналізу вибрати Standard. За результатами, отриманими в ході обчислень, поданими у вікні Discriminant Function Analysis Results, рис. 77, можливо отримати таку інформацію:

число змінних в моделі (Number of variables in the model) – 5;

значення лямбди Уїлкса (Wilks' Lambda) – 0,022;

приблизне значення  $F$ -статистики, яке пов'язане з лямбдою Уїлкса (Approx.  $F(10, 14)$ ) – 7,939;

рівень значимості  $F$ -критерію  $p < 0.003$  для значення 7,939.

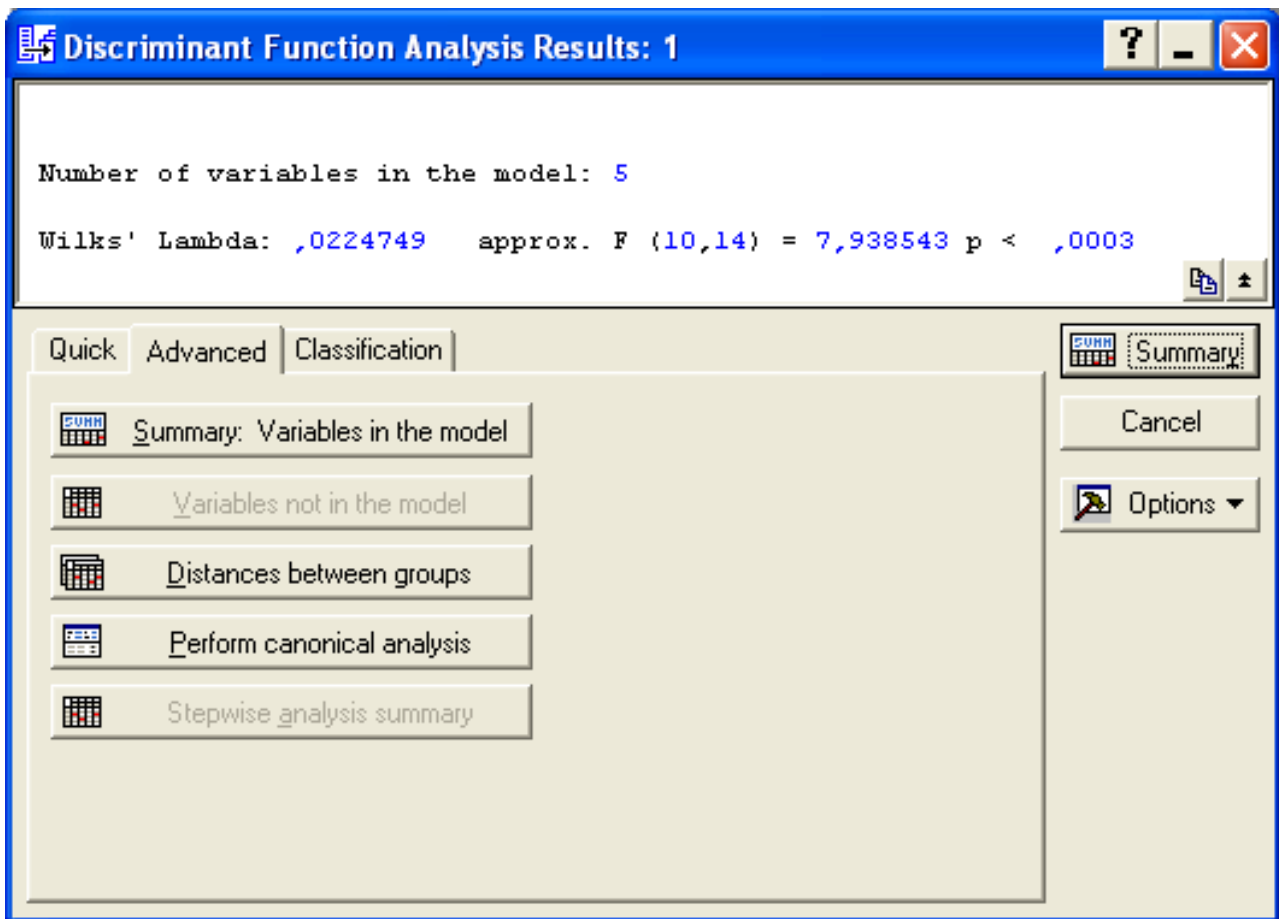


Рис. 77. Вікно результатів дискримінантного аналізу

Значення статистики Уїлкса лежить в інтервалі  $[0,1]$ . Значення статистики Уїлкса, які наближуються до 0, свідчать про гарну дискримінацію, а значення, які наближуються до 1, свідчать про погану дискримінацію.

Отже, за даними показника Wilks' Lambda, який дорівнює 0,022 та за значенням  $F$ -критерію, який дорівнює 7,939 можливо зробити висновок, що класифікація є коректною.

У якості перевірки коректності навчальних вибірок слід звернути увагу на результати класифікаційної матриці, натиснувши кнопку Classification matrix, попередньо обравши Same for all groups у правій частині вікна Discriminant Function Analysis Results (рис. 78).

За результатами класифікаційної матриці (рис. 79) можна зробити висновок, що об'єкти розбито правильно на три групи за допомогою кластерного аналізу. Якщо є підприємства, неправильно віднесені до відповідних груп, можна подивитися Classification of cases (класифікація випадків).

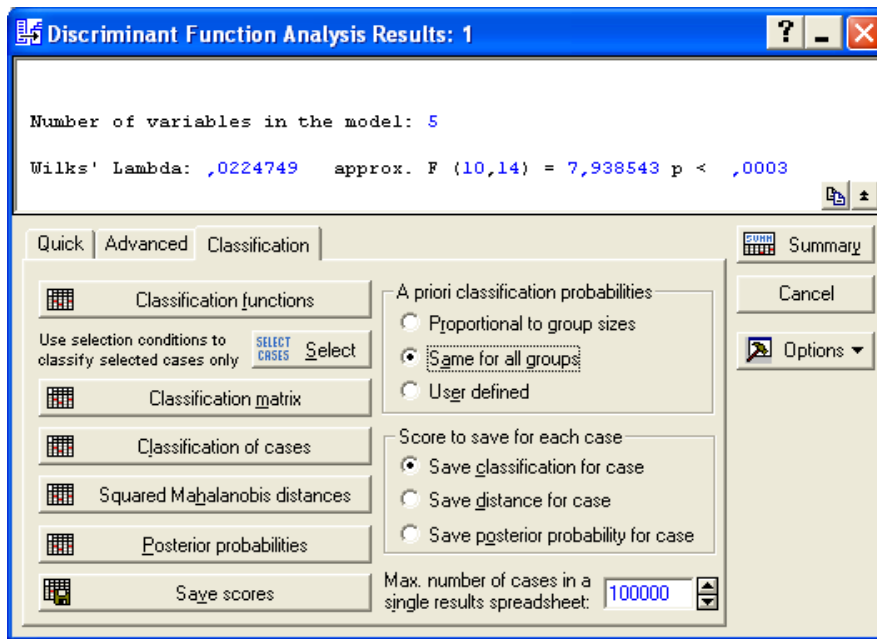


Рис.78. Вікно вибору результатів класифікаційної матриці

Classification Matrix (1)					Classification of Cases (1)					
Rows: Observed classifications					Incorrect classifications are marked with *					
Columns: Predicted classifications					Observed	1	2	3		
Group	Percent Correct	G_1:1 p=,33333	G_2:2 p=,33333	G_3:3 p=,33333	Case	Classif.	p=,33333	p=,33333	p=,33333	
G_1:1	100,000%	8	0	0	Austria	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2	*
G_2:2	100,000%	0	2	0	Belgium	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2	*
G_3:3	100,000%	0	0	4	Bulgaria	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2	*
Total	100,000%	8	2	4	Finland	G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2	*
					France	G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2	*
					Germany	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2	*
					Italy	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2	*
					Poland	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2	*
					Spain	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2	*
					Sweden	G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2	*
					Switzerland	G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2	*
					United Kingdom	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2	*
					Belarus	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	*
					Ukraine	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	*

Рис. 79. Класифікаційна матриця та класифікація випадків

У таблиці класифікації випадків некоректно віднесені об'єкти позначаються зірочкою (\*). Таким чином, завдання отримання коректних навчальних вибірок полягає в тому, щоб виключити з навчальних вибірок ті об'єкти, які за своїми показниками не відповідають більшості об'єктів, що утворюють однорідну групу. Для цього за допомогою метрики Махаланобіса визначається відстань від всіх n об'єктів до центру ваги кожної групи (вектор середніх), що визначаються за навчальною вибіркою. Віднесення і-го об'єкта в j-ту групу вважається помилковим, якщо відстань Махаланобіса від об'єкта до центра його групи значно вище, ніж від нього до центра інших груп, а апостеріорна ймовірність попадання в свою групу нижче за критичне значення. В цьому випадку об'єкт вважається некоректно віднесеним і повинен бути виключений з вибірки.



Процедура виключення об'єкта з навчальних вибірок полягає в тому, що в таблиці вихідних даних в об'єкта, який повинен бути виключений з вибірки (він позначений "\*\*\*"), прибирається номер приналежності до цієї групи, після чого процес тестування повторюється. За припущенням, спочатку вибирається той об'єкт, який найбільш не підходить до певної групи, тобто у якого найбільша відстань Махаланобіса і найменша апостеріорна ймовірність.

При видаленні чергового об'єкта з групи потрібно пам'ятати, що при цьому зміщується центр ваги групи (вектор середніх), оскільки він визначається за рештою спостережень. Після видалення чергового об'єкта зі списку навчальних вибірок не виключено, що з'являться нові некоректно віднесені об'єкти, які до видалення були враховані як правильно віднесені. Тому дану процедуру потрібно проводити, видаляючи на кожному кроці лише по одному об'єкту і повертаючи його назад у навчальні вибірки.

Процедура виключення спостережень триває до тих пір, поки загальний коефіцієнт коректності в класифікаційній матриці досягне 100 %, тобто всі спостереження навчальних вибірок будуть правильно віднесені до відповідних груп. Результати отриманих навчальних вибірок подані у вікні Discriminant Function Analysis Results. У результаті проведеного аналізу загальний коефіцієнт коректності навчальних вибірок повинен дорівнювати 100 %.

На основі отриманих навчальних вибірок можна проводити повторну класифікацію тих об'єктів, які не потрапили в навчальні вибірки, і будь-яких інших об'єктів, що підлягають угрупованню, тому необхідно виділити основні класифікаційні функції.

Для цього необхідно у вікні Discriminant Function Analysis Results натиснути кнопку Classification functions, з'явиться вікно (рис. 80), з якого можливо виписати класифікаційні функції для кожного класу.

Variable	Classification Functions, group		
	G_1:1	G_2:2	G_3:3
ЧДП	-3,85070	3,58560	4,57370
ЄЄВВП	-3,19940	12,1770	-3,03870
ОВВ	-0,20960	0,8080	-2,52570
ЧВД	0,17650	-7,2090	4,42310
СЗР	-1,37000	8,5480	-5,42120
Constant	-3,23170	-14,3710	-6,70130

Рис.80. Параметри класифікаційних функцій

Країни з середнім рівнем забезпеченості енергоресурсами та високим рівнем використання енергозберігаючих технологій =  $0,18 \times \text{ЧВД} - 3,85 \times \text{ЧДП} - 3,2 \times \text{ЄЄВВП} - 0,21 \times \text{ОВВ} - 3,32 - 1,37 \times \text{СЗР}$ .

Країни з середнім рівнем забезпеченості енергоресурсами та дуже низьким рівнем використання енергозберігаючих технологій =  $3,59 \times \text{ЧДП} - 14,37 + 12,18 \times \text{ЄЄВВП} + 0,81 \times \text{ОВВ} - 7,21 \times \text{ЧВД} + 8,54 \times \text{СЗР}$ .

Країни з низьким рівнем забезпеченості енергоресурсами та високим рівнем використання енергозберігаючих технологій =  $-6,7 + 4,57 \times \text{ЧДП} - 3,04 \times \text{ЄЄВВП} - 2,53 \times \text{ОВВ} + 4,42 \times \text{ЧВД} - 5,42 \times \text{СЗР}$ .

За допомогою цих функцій можна буде в подальшому класифікувати нові випадки. Нові випадки будуть відноситись до того класу, для якого класифікаційне значення буде максимальним. Вибір методу остаточної класифікації залежить від кількості нових об'єктів, що підлягають класифікації. Якщо кількість нових випадків невелика, можна застосувати метод, заснований на статистичних критеріях. Якщо ж кількість нових випадків велика, то раціональніше за навчальними вибірками отримати класифікаційні функції і потім визначити формули та провести остаточну класифікацію.

Для отримання більш детальної інформації можливо переглянути результати канонічного аналізу, який можливо проводити, якщо були вибрані, принаймні, три групи і є хоча б дві змінні в моделі, натиснувши кнопку Perform canonical analysis. З'являється вікно канонічного аналізу (рис. 80), в якому за допомогою опції Scatterplot of canonical scores можливо побудувати наступну діаграму розсіювання для значень (рис. 81). За допомогою цієї діаграми можливо визначити вклад, який робить кожна дискримінантна функція в розподіл між групами.

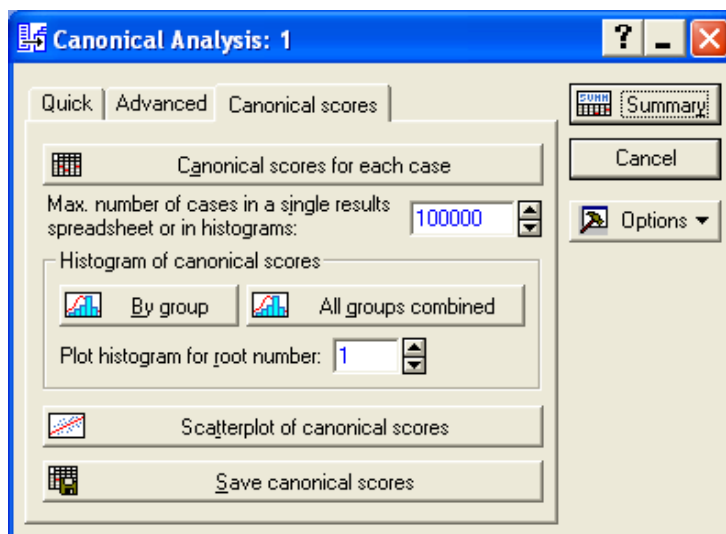
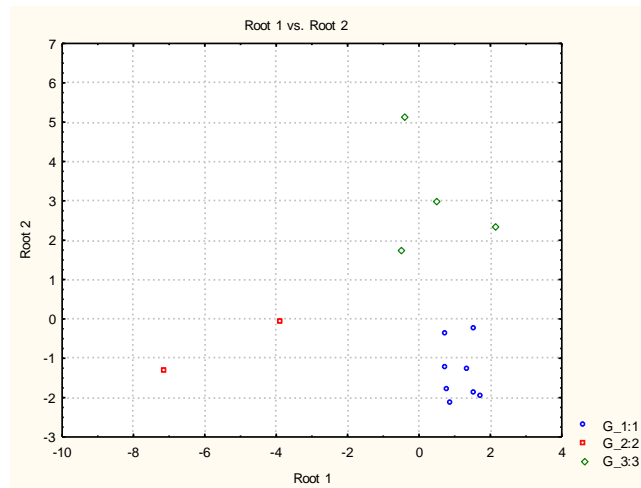


Рис. 81. Діалогове вікно канонічного аналізу



**Рис. 82. Графік розсіювання канонічних значень для канонічних коренів**

**Висновок:** таким чином, проведена класифікація країн за рівнем енергетичної безпеки методом кластерного аналізу є адекватною. В ході проведення дискримінантного аналізу побудовано функції, які можна використовувати в подальшому для віднесення певної країни в один із класів.

### **Рекомендована література**

1. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни "Економетрика II" для студентів напряму підготовки "Прикладна статистика" денної форми навчання / укл. О. В. Раєнєва, О. І. Горохова, І. В. Чанкіна. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2011. – 52 с.
2. Моделі та методи соціально-економічного прогнозування : підручник / В. М. Геєць, Т. С. Клебанова, О. І. Черняк та ін. – Х. : ВД "ІНЖЕК", 2005. – 396 с.
3. Шашок А. В. Лабораторный практикум в системе "STATISTICA": Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Статистика" для студентов всех форм обучения специальности 080507 "Менеджмент организации" / А. В. Шашок. – Рубцовск : Рубцовский индустриальный институт, 2010. – 81 с.
4. Экономическое прогнозирование : учебник / Региональный финансово-экономический институт. – Курск, 2009. – 92 с.
5. Офіційний сайт асоціації Українських банків. – Режим доступу : [www.aub.org.ua](http://www.aub.org.ua).
6. Офіційний сайт компанії Statsoft. – Режим доступу : [www.statsoft.ru](http://www.statsoft.ru).
7. Портал Статосфера. – Режим доступа: [www.statosphere.ru/videos/62-dmsess11.html](http://www.statosphere.ru/videos/62-dmsess11.html).
8. Электронный учебник StatSoft [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http:// www.statsoft.ru](http://www.statsoft.ru).

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Лабораторний практикум  
з навчальної дисципліни  
"СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ  
ТА ПРОГНОЗУВАННЯ"**

**(модулі 3, 4)**

**для студентів напряму підготовки  
6.030506 "Прикладна статистика"  
денної форми навчання**

Укладачі: **Раєвська** Олена Валентинівна  
**Чанкіна** Ірина Володимирівна  
**Гольцяєва** Людмила Анатоліївна

Відповідальний за випуск **Раєвська О. В.**

Редактор **Бутенко В. О.**

Коректор **Мартовицька-Максимова В. А.**

План 2014 р. Поз. № 139.

Підп. до друку                      Формат 60 x 90 1/16. Папір MultiCopy. Друк Riso.

Ум.-друк. арк. 4,25. Обл.-вид. арк. 5,31. Тираж                      прим. Зам. №

---

Видавець і виготівник – видавництво ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61166, м. Харків, пр. Леніна, 9а

*Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи*

*Дк № 481 від 13.06.2001 р.*