

## МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.67:339.5

**Дзюбановська Н.В.**кандидат економічних наук,  
старший викладач кафедри економіко-математичних методів  
Тернопільського національного економічного університету

### ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГІВЛІ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КАНОНІЧНОГО КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

У статті проведено канонічний кореляційний аналіз міжнародної торгівлі засобами пакету програм STATISTICA 10. Основними чинниками впливу на обсяги експортно-імпортних операцій обрано географічні характеристики країн Європейського Союзу (площу та чисельність населення). Розраховано канонічні коефіцієнти для опису кореляційної залежності між показниками міжнародної торгівлі та досліджуваними чинниками.

**Ключові слова:** аналіз, канонічна кореляція, експорт, імпорт, міжнародна торгівля.

В статье проведен канонический корреляционный анализ международной торговли средствами пакета программ STATISTICA 10. Основными факторами влияния на объемы экспортно-импортных операций избраны географические характеристики стран Европейского Союза (площадь и численность населения). Рассчитаны канонические коэффициенты для описания корреляционной зависимости между показателями международной торговли и исследуемыми факторами.

**Ключевые слова:** анализ, импорт, каноническая корреляция, международная торговля, экспорт.

**Постановка проблеми.** Аналіз міжнародної торгівлі, як і будь-якого іншого соціально-економічного процесу, що зазнає певних динамічних та структурних змін, є першочерговим етапом під час проведення подальших досліджень. Окрім того, наявність даних змін залежить від багатьох факторів. Під час проведення аналізу міжнародної торгівлі важливим завданням є дослідження впливу множини цих чинників на результативні показники даного процесу. Одним із методів вирішення цього завдання є канонічний кореляційний аналіз.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідженню економічних процесів за допомогою методу канонічних кореляцій присвячено чимало робіт вітчизняних учених, серед яких: Волчек Р.М. [1], Малярєць Л.М., Жуков А.В. [2], Лабунська С.В. [3], Ляшенко О.М., Бойко З.М. [4] Панченко С.В., Панченко Н.Г., Родченко В.Б. [5], Терещенко Т.А., Романюк Т.П., Богомазова В.М. [6] та ін.

**Мета статті.** Метою дослідження є виявлення взаємозв'язків між основними показниками міжнародної торгівлі та географічними характеристиками країн за допомогою канонічного кореляційного аналізу.

#### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

Канонічний кореляційний аналіз широко застосовується для дослідження залежностей між множинними соціально-економічними процесами. Однією з переваг даного методу є можливість визначення впливу множини чинників не на один показник, що характеризує досліджуване явище, а відразу на декілька. За допомогою канонічного кореляційного аналізу можна одночасно дослідити взаємозв'язки між показниками обох множин та визначити найтісніші, тобто із найбільшим коефіцієнтом кореляції. На основі одержаних результатів можна виокремити головні та другорядні чинники впливу, і якщо останні мають слабкі зв'язки між канонічними величинами, їх можна відкинути. Таким чином, дослідження економічного процесу не буде перевантажуватися зайвими факторами.

Застосуємо канонічний кореляційний аналіз для дослідження міжнародної торгівлі країн Європейського Союзу, використовуючи статистичні дані Eurostat протягом 2009–2015 рр. [7]. Визначимо, який вплив на обсяги експортно-імпортних операцій чинять географічні характеристики країн, зокрема площа та чисельність населення. Для цього виберемо множину залежних змінних  $Y$  ( $Y_1$  – обсяг експорту країн



ЄС, млн. євро;  $Y_2$  – обсяг імпорту країн ЄС, млн. євро) від множини змінних  $X$  ( $X_1$  – площа країн ЄС, км<sup>2</sup>;  $X_2$  – чисельність населення країн ЄС). Ураховуючи великий обсяг статистичних даних, до таблиці занесено лише показники за 2015 р. (табл. 1):

Математична задача полягає у знаходженні таких нормованих лінійних комбінацій  $U = \alpha_1 Y_1 + \alpha_2 Y_2$  та  $V = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$ , щоб кореляція між  $U$  та  $V$  була максимальною. Величини  $U$  та  $V$ , а також їх коефіцієнти називаються канонічними. Тіснота зв'язку між канонічними величинами визначається канонічним коефіцієнтом кореляції  $R$ .

Канонічний кореляційний аналіз виконаємо засобами програмного продукту STATISTICA 10 (рис. 1).

У результаті канонічного кореляційного аналізу ми отримали два корені з канонічним значенням коефіцієнта кореляції  $R=0,91$ , що є досить великим і високо значимим, оскільки

		Canonical Analysis Summary (Spread)	
		Canonical R: .91031 Chi(4)=346,47 p=0,0000	
N=196		Left Set	Right Set
No. of variables		2	2
Variance extracted		100,000%	100,000%
Total redundancy		73,8486%	58,1149%
Variables:	1	Y1, export	X1, square
	2	Y2, import	X2, population

Рис. 1. Результати канонічного аналізу

( $p < 0,001$ ). Дана величина показує тісноту зв'язку між канонічними змінними в першій і другій множині. Два корені описують 100% дисперсії множини показників міжнародної торгівлі та 100% – множини географічних характеристик. Використовуючи значення показників міжнародної торгівлі та отриманих канонічних коренів, можна пояснити в середньому 73,85% дисперсії змінних у лівій множині та 58,11% мінливості у правій множині. Ці результати вказують на досить сильну залежність між змінними двох множин.

Таблиця 1

Показники міжнародної торгівлі та географічні характеристики країн ЄС за 2015 р.

Країна	$Y_1$	$Y_2$	$X_1$	$X_2$
	Експорт, млн. євро	Імпорт, млн. євро	Площа, км <sup>2</sup>	Чисельність населення
Бельгія	359 565	338 750	30 510	11 208 986
Болгарія	23 161	26 408	110 910	7 202 198
Чеська Республіка	142 822	126 805	78 866	10 538 275
Данія	85 864	76 957	43 094	5 659 715
Німеччина	1 198 306	946 454	357 050	81 197 537
Естонія	11 627	13 074	45 226	1 313 271
Ірландія	110 479	66 530	70 280	4 628 949
Греція	25 793	43 639	131 940	10 858 018
Іспанія	255 441	281 298	505 992	46 449 565
Франція	455 990	515 938	547 030	66 415 161
Хорватія	11 671	18 558	56 542	4 225 316
Італія	413 881	368 715	301 318	60 795 612
Кіпр	1 648	5 016	9 251	847 008
Латвія	10 865	12 900	64 589	1 986 096
Литва	22 984	25 397	65 200	2 921 262
Люксембург	15 556	20 878	2 586	562 958
Угорщина	88 934	83 487	93 030	9 855 571
Мальта	2 325	5 220	316	429 344
Нідерланди	511 333	456 370	41 526	16 900 726
Австрія	137 755	140 132	83 858	8 576 261
Польща	178 671	174 990	312 685	38 005 614
Португалія	49 858	60 162	91 568	10 374 822
Румунія	54 609	62 976	238 392	19 870 647
Словенія	28 820	26 789	20 273	2 062 874
Словаччина	67 998	66 289	48 845	5 421 349
Фінляндія	53 900	54 251	338 145	5 471 753
Швеція	126 338	124 467	449 964	9 747 355
Об'єднане Королівство	414 761	564 190	244 820	64 875 165



Значимість канонічних коренів перевіряється за допомогою коефіцієнта кореляції та виконанням умови  $p < 0,001$  (рис. 2).

Root Removed	Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (Sp)					
	Canonical R	Canonical R-sqr.	Chi-sqr.	df	p	Lambda Prime
0	0,910314	0,828671	346,4742	4	0,000000	0,16534
1	0,187258	0,035065	6,8713	1	0,008763	0,96493

**Рис. 2. Перевірка значимості канонічних коренів**

Як видно з рис. 2, найбільше значення  $R=0,91$ , і воно є найбільш значимим ( $p < 0,001$ ), тобто значимим є лише перший канонічний корінь. Другий канонічний корінь не є значимим, оскільки  $p$ -рівень  $= 0,009$ .

Для опису кореляції між змінними кожної із множин розглянемо їх факторну структуру. Спочатку розглянемо факторну структуру лівої множини (рис. 3).

Root Variable	Factor Structure, left set (Spreadsheet1)	
	Root 1	Root 2
Y1, export	-0,906261	-0,422720
Y2, import	-0,975404	-0,220425

**Рис. 3. Факторна структура лівої множини**

Ураховуючи значимість лише першого канонічного кореня, із рис. 3 видно, що змінні лівої множини сильно корелюють із першим канонічним фактором. Як міра надмірності відображається середнє значення дисперсії, яку пояснює перший корінь (рис. 4).

Root Factor	Variance Extracted (Proportions), left set (Spreadsheet1)	
	Variance extractd	Reddncy.
Root 1	0,886361	0,734501
Root 2	0,113640	0,003985

**Рис. 4. Частки витягнутої дисперсії для лівої множини**

Із рис. 4 видно, що перший канонічний корінь витягує в середньому близько 89% дисперсії зі змінних, що відповідають показникам міжнародної торгівлі. А задаючи значення змінних у множині географічних характеристик, можна пояснити близько 73% дисперсії в змінних, що пов'язані з торгівлею, враховуючи значення першого канонічного кореня.

Аналогічно розглянемо факторну структуру правої множини (рис. 5).

Root Variable	Factor Structure, right set (Spreadsheet1)	
	Root 1	Root 2
X1, square	-0,628271	0,777995
X2, population	-0,990699	0,136069

**Рис. 5. Факторна структура правої множини**

Навантаження за змінними, що відповідають площі країни, набагато менші, ніж за змінними,

що відповідають за чисельність населення країн ЄС, тому можна зробити висновок, що значна кореляція між змінними у двох множинах (на основі значення першого кореня), ймовірно, є наслідком сильної залежності між показниками міжнародної торгівлі та чисельністю населення країни і трохи слабшою залежністю від її площі.

Root Variable	Variance Extracted (Proportions), right set (Spreadsheet)	
	Variance extractd	Reddncy.
Root 1	0,688105	0,570213
Root 2	0,311895	0,010937

**Рис. 6. Частки витягнутої дисперсії для правої множини**

Виходячи із середнього значення дисперсії для правої множини, яку пояснює перший канонічний корінь (рис. 6), видно, що він витягує в середньому близько 69% дисперсії зі змінних, що відповідають за географічні характеристики країни. А задаючи значення змінних у множині показників міжнародної торгівлі, можна пояснити близько 57% дисперсії в змінних, що пов'язані із правою множиною.

Для розрахунку значень канонічних змінних використовують канонічні ваги відповідно лівої (рис. 7) та правої (рис. 8) множин.

Variable	Canonical Weights, left set (Spreadsheet1)	
	Root 1	Root 2
Y1, export	1,03700	-4,58885
Y2, import	-1,98871	4,26356

**Рис. 7. Канонічні ваги лівої множини**

Variable	Canonical Weights, right set (Spreadsheet1)	
	Root 1	Root 2
X1, square	0,19856	1,445706
X2, population	-1,13531	-0,916822

**Рис. 8. Канонічні ваги правої множини**

Виходячи із рис. 7 та 8, можна скласти рівняння канонічної моделі для змінних  $U$  та  $V$  ( $R=0,91$ ):

$$U = 1,04Y_1 - 1,99Y_2;$$

$$V = 0,2X_1 - 1,14X_2.$$

Оскільки коефіцієнт кореляції наближений до 1, це означає, що існує досить тісний зв'язок між лінійними комбінаціями вихідних змінних, тобто показники міжнародної торгівлі тісно пов'язані із досліджуваними чинниками.

Залежність між значеннями канонічних змінних із правої та лівої множин зобразимо графічно (рис. 9).

На даному графіку видно, що практично немає різко виражених відхилень від регресійної лінії. Отже, можна зробити висновок, що основні припущення канонічного аналізу підтверджуються. Проте іншою цікавою особливістю даного графіка є видиме розбиття спо-



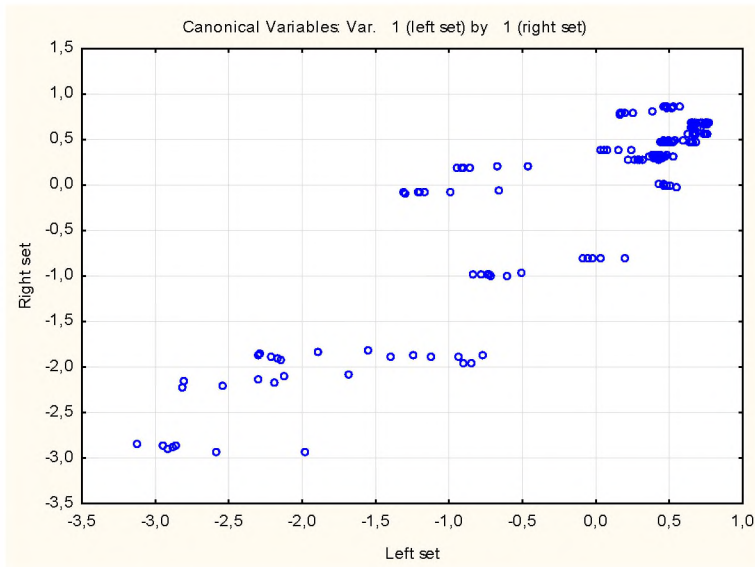


Рис. 9. Діаграма розсіювання канонічних змінних

стережних даних на групи. Виникнення даних груп зумовлене неоднорідністю досліджуваної вибірки, тобто дуже велика різниця між числовими показниками для різних країн ЄС.

**Висновки.** На основі проведеного канонічного кореляційного аналізу міжнародної торгівлі країн Європейського Союзу виявлено існування досить тісного зв'язку між показниками експортно-імпорتنних операцій країн ЄС та окремими географічними характеристиками країн ЄС (такими як площа країн і чисельність населення). При цьому встановлено, що основний вплив на міжнародну торгівлю здійснює

чисельність населення країни і значно менше впливають розміри країни. Виокремлюючи головні і другорядні чинники впливу на міжнародну торгівлю країни, для подальших досліджень за допомогою методу канонічних кореляцій можна відкинути такий фактор впливу, як розмір території країни. Доцільно проводити подальший канонічний кореляційний аналіз міжнародної торгівлі, розглядаючи множину інших імовірних чинників впливу на основні показники експортно-імпорتنних операцій. У кінцевому підсумку це дасть змогу виявити основні сценарії розвитку міжнародної торгівлі країни, що є перспективним напрямом подальших наукових досліджень.

Важливим етапом проведення даного аналізу міжнародної торгівлі є графічне зображення залежності між значеннями канонічних змінних показників експортно-імпорتنних операцій та географічними характеристиками країн. На графіку чітко видно розбиття спостережних даних щонайменше на три групи. Завдяки одержаному результату постає потреба поділу країн ЄС на групи з одноріднішими вибірками, а вже потім проведення канонічного кореляційного аналізу для кожної із груп. Це дасть змогу отримати точніший результат щодо залежності основних показників міжнародної торгівлі від досліджуваних чинників.

#### Список використаних джерел:

1. Волчек Р.М. Канонічні кореляції як аналітичний інструмент управління фінансовим станом харчових підприємств / Р.М. Волчек // Економіка АПК. – 2012. – № 11. – С. 72–81.
2. Малярець Л.М. Математико-статистичні інструменти діагностики ефективності виробничо-господарської діяльності підприємства / Л.М. Малярець, А.В. Жуков // Економіка розвитку. – 2013. – № 3. – С. 121–127.
3. Лабунська С.В. Використання моделей канонічного кореляційного аналізу під час оцінки інноваційної спроможності суб'єктів господарювання / С.В. Лабунська // Моделювання регіональної економіки. – Івано-Франківськ : Плай, 2014. – № 1(23). – С. 40–50.
4. Ляшенко О.М. Фінансові доміанти процесу ціноутворення на світовому ринку сировинних товарів / О.М. Ляшенко, З.М. Бойко // Світ фінансів. – 2010. – № 1. – С. 135–145.
5. Панченко С.В. Застосування методу канонічних кореляцій у дослідженнях взаємозв'язків соціально-економічного розвитку міських комплексів / С.В. Панченко, Н.Г. Панченко, В.Б. Родченко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2011. – № 34. – С. 411–416.
6. Терещенко Т.А. Метод канонічних кореляцій у багатовимірних економічних дослідженнях / Т.А. Терещенко, Т.П. Романюк, В.М. Богомазова // Науковий вісник Чернігівського державного інституту економіки і управління. Серія 1 : Економіка. – 2012. – Вип. 1. – С. 51–58.
7. Eurostat [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ec.europa.eu/>.
8. Канонический корреляционный анализ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://statsoft.ru/products/STATISTICA\\_Advanced/canonical-correlation-analysis.php#Пример](http://statsoft.ru/products/STATISTICA_Advanced/canonical-correlation-analysis.php#Пример).



Dziubanovska N.V.

## A STRATEGY TO THE INTERNATIONAL TRADE ESTIMATION WITH THE USE OF CANONICAL CORRELATION ANALYSIS

The canonical correlation analysis of the international trade by means of STATISTICA 10 programs package is conducted in this article. The geographical aspects of the European Union countries (land area and number of inhabitants) are chosen as the key factors of influence on the amount of export-import operations. To conduct the canonical correlation analysis the plurality of dependent variables is chosen Y (Y1 – export turnover of the European Union countries, mil. EUR; Y2 – import turnover of the European Union countries, mil. EUR) from the plurality of variables X (X1 – the land area of the European Union countries, km<sup>2</sup>; X2 – the number of inhabitants of the European Union countries).

As a result of the canonical correlation analysis we got two canonical roots with canonical meaning of correlation coefficient, that describe 100% of dispersion of indicators plurality of international trade and 100% – the plurality of geographical indicators. On an average there can be explained 73,85% of variables dispersion in the left plurality and 58,11% of variableness in the right plurality by using indicator values of international trade and received canonical roots. Considering the importance of correlation coefficient and fulfillment of conditions only the importance of the first canonical root is established. The second canonical root isn't important as far as the p-level=0,009.

Canonical coefficients for the description of correlation dependence between the international trade indicators and factors that are under investigation are counted. The scattering graph of canonical variables is constructed following on from the analysis results.

The availability of high correlation between the indicators of export-import operations of the European Union countries and specific geographical aspects of the European Union countries (as lands area and number of inhabitants) is detected. In addition to the above, it's established that the main influence on the international trade is caused by country number of inhabitants, and the country size has lower impact.

It is substantiated that using the method of canonical correlation can reduce the number of factors that influence the international trade by separating the main and secondary factors.

**Keywords:** analysis, canonical correlation, export, import, international trade.

УДК 519.866:658.1

**Мандра В.В.**

кандидат економічних наук,  
заступник директора з економіки та фінансів  
ДП «Маріупольський морський торговельний порт»

## СИСТЕМНО-ДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПОТОКІВ ВИРОБНИЧО-ЗБУТОВОЇ СИСТЕМИ

У статті розглянуто особливості реалізації транспортно-логістичних операцій під час управління матеріальними та фінансовими потоками виробничо-збутової системи. Визначено ключові чинники, складники матеріальних потоків та показники інформаційних затримок у межах динамічної взаємодії транспортно-збутової, транспортно-вантажної і логістичної систем. Обґрунтовано порядок розрахунку фінансових показників та параметрів фінансових потоків виробничо-збутової системи під час взаємодії з транспортно-логістичним провайдером. Здійснено постановку завдання системно-динамічного моделювання транспортно-логістичних потоків виробничо-збутової системи. Визначено основні математичні залежності в управлінні матеріальними та фінансовими потоками виробничо-збутової системи та напрями практичного застосування системно-динамічного підходу під час планування логістичних операцій виробничого й транспортного підприємств.

**Ключові слова:** виробничо-збутова система, транспортно-логістичний провайдер, системно-динамічне моделювання, матеріальний потік, фінансовий потік, інформаційна затримка.