

**КЛАСИФІКАЦІЯ КРАЇН ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ
ЗА ОСНОВНИМИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ
МЕТОДОМ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ**

Гибкіна Н. В., Сидоров М. В., Стороженко О. В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

The classification problem of the European Union countries on the essential economic and social indicators in 1994-2016 is considered. To sorting the EU member into groups, it was suggested to use the method of main components based on 22 socio-economic indicators for each country. The obtained results graphically display the position of the countries on the plane of the first two main components.

Європейський Союз та основні показники економічного розвитку його країн. Європейський Союз (ЄС) – економічний та політичний альянс держав, розташованих здебільшого у Європі. На теперішній час до складу ЄС входить 28 країн, що характеризуються різним рівнем економічного становища.

Для оцінювання рівня економічного розвитку будь-якої країни зазвичай використовується низка показників, які можна поділити на такі групи [2, 5]:

- валовий внутрішній продукт (ВВП) та/або ВВП на душу населення;
- показники ефективності економіки (у відсотках ВВП);
- виробництво та споживання основних видів продукції на душу населення;
- національний дохід та національний дохід на душу населення;
- рівень та якість життя населення.

Оскільки кожна група містить декілька різних показників, а їх значення динамічно змінюються у часі і залежать від особливостей географічного та соціально-економічного положення, то це ускладнює задачу класифікації та порівняння країн за рівнем соціально-економічного стану. Для розв'язання задач класифікації та зменшення вимірності використовуються методи статистичного аналізу даних [1].

Алгоритм методу компонентного аналізу ті його застосування для розв'язання задачі класифікації об'єктів. Розглянемо процедуру компонентного аналізу [1]. Нехай ми маємо економічну систему, яка складається з n об'єктів, і стан кожного об'єкту описується набором з p показників $x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(p)}$. Отже, у результаті спостережень за системою ми матимемо набір з n p -вимірних даних

$$X_1 = (x_1^{(1)}, x_1^{(2)}, \dots, x_1^{(p)})^T, X_2 = (x_2^{(1)}, x_2^{(2)}, \dots, x_2^{(p)})^T, \dots, X_n = (x_n^{(1)}, x_n^{(2)}, \dots, x_n^{(p)})^T.$$

Послідовність дій у методі головних компонент полягає у наступному:

1. Віднормувати вихідні дані, переходячи до вибірок

$$\tilde{X}_1 = (\tilde{x}_1^{(1)}, \tilde{x}_1^{(2)}, \dots, \tilde{x}_1^{(p)})^T, \tilde{X}_2 = (\tilde{x}_2^{(1)}, \tilde{x}_2^{(2)}, \dots, \tilde{x}_2^{(p)})^T, \dots, \tilde{X}_n = (\tilde{x}_n^{(1)}, \tilde{x}_n^{(2)}, \dots, \tilde{x}_n^{(p)})^T,$$

де

$$\tilde{x}_i^{(j)} = \frac{x_i^{(j)} - \bar{x}^{(j)}}{\hat{\sigma}^{(j)}}, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad j=1, 2, \dots, p,$$

$$\bar{x}^{(j)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k^{(j)}, \quad \hat{\sigma}^{(j)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_k^{(j)} - \bar{x}^{(j)})^2}, \quad j=1, 2, \dots, p.$$

2. За спостереженнями $\tilde{X}_1, \tilde{X}_2, \dots, \tilde{X}_n$ обчислити вибірккову коваріаційну

(кореляційну) матрицю показників $\Sigma = [\hat{\sigma}_{ij}]_{p \times p}$, де $\hat{\sigma}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \tilde{x}_k^{(i)} \tilde{x}_k^{(j)}$, $i, j=1, 2, \dots, p$.

3. Знайти власні значення $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ та відповідні їм нормовані власні вектори $\mathbf{L}^{(j)} = (l_{j1}, l_{j2}, \dots, l_{jp})^T$, $j=1, 2, \dots, p$, коваріаційної (кореляційної) матриці Σ .

4. Обрати кількість головних компонент p' ($p'=1, 2, 3$), аналізуючи величину

$$q(p') = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_{p'}}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p}.$$

5. Для кожного з об'єктів, що підлягають класифікації, обчислити значення

$$y_k^{(s)} = l_{s1} \tilde{x}_k^{(1)} + l_{s2} \tilde{x}_k^{(2)} + \dots + l_{sp} \tilde{x}_k^{(p)}, \quad k=1, 2, \dots, n, \quad s=1, \dots, p'.$$

6. У просторі $\mathbf{R}^{p'}$ побудувати об'єкти з координатами, обчисленими у п. 5.

Побудовані таким чином головні компоненти $y^{(1)}, y^{(2)}, \dots, y^{(p')}$ є узагальненими інтегральними показниками. При цьому їх впорядковано за ступенем розсіювання – перша ознака $y^{(1)}$ має найбільший ступінь (дисперсію) розсіювання.

Застосування компонентного аналізу до класифікації країн Європейського Союзу у 1994-2016 рр. Для класифікації країн ЄС було обрано наступні показники, що характеризують соціально-економічне положення кожної з цих країн [6]: $x^{(1)}$ – ВВП, у факт. цінах, US\$; $x^{(2)}$ – ВВП на душу населення, у факт. цінах, US\$; $x^{(3)}$ – Промисловість, додана вартість, % від ВВП; $x^{(4)}$ – Сільське господарство, додана вартість, % від ВВП; $x^{(5)}$ – Послуги та інше, додана вартість, % від ВВП; $x^{(6)}$ – Торівля, % від ВВП; $x^{(7)}$ – Експорт товарів і послуг, % від ВВП; $x^{(8)}$ – Імпорт товарів і послуг, % від ВВП; $x^{(9)}$ – Витрати на кінцеве споживання та інше, у факт. цінах, US\$; $x^{(10)}$ – Валове накопичення, % від ВВП; $x^{(11)}$ – ВНД, у факт. цінах, US\$; $x^{(12)}$ – ВНД на

душу населення, метод Atlas, у факт. цінах, US\$; $x^{(13)}$ – Зайнятість в сільському господарстві, % від загальної зайнятості; $x^{(14)}$ – Зайнятість у промисловості, % від загальної зайнятості; $x^{(15)}$ – Зайнятість у сфері послуг, % від загальної зайнятості; $x^{(16)}$ – Споживання електроенергії, кВт/год на душу населення; $x^{(17)}$ – Військові витрати, % від ВВП; $x^{(18)}$ – Коефіцієнт участі у робочій силі, % від загального населення віком від 15 років; $x^{(19)}$ – Очікувана тривалість життя при народженні, років; $x^{(20)}$ – Витрати на охорону здоров'я на душу населення, у факт. цінах, US\$; $x^{(21)}$ – Державні витрати на освіту, % від ВВП; $x^{(22)}$ – Безробіття, % від загальної чисельності робочої сили.

На рисунках 1 та 2 наведено отримане методом головних компонент взаємне розташування країн-учасниць ЄС у 1994 (12 країн) та 2016 роках (28 країн) відповідно. Для позначення країн використані скорочення за системою ISO 3166-1 alpha-2.

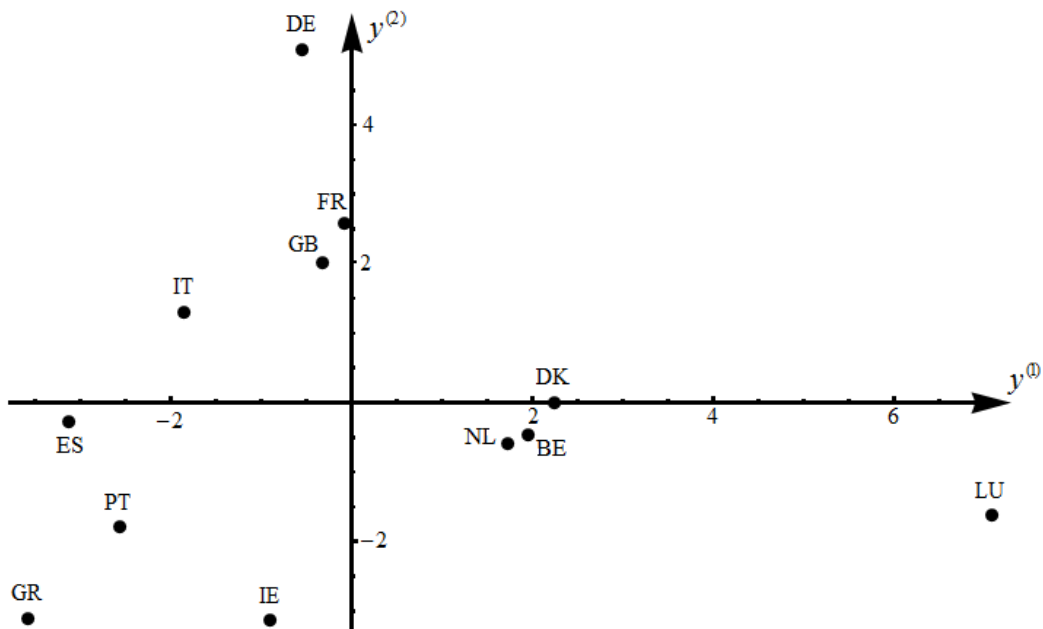


Рисунок 1 – Розташування країн-учасниць ЄС, 1994 рік

Аналіз отриманих результатів. Аналізуючи результати класифікації, отримані за допомогою методу компонентного аналізу, та аналітичну інформацію відносно стану країн-учасниць ЄС, що оприлюднюється у широкому друку [2-4], можна зробити висновок про те, що компонентний аналіз вловлює загальні тенденції і дозволяє виділяти серед множини країн ті, що є схожими за соціально-економічним станом. Зокрема, простежується наступне групування країн: група країн-лідерів ЄС (Німеччина, Франція, Великобританія), група країн зі стабільною економікою (Австрія, Бельгія, Данія, Нідерланди, Фінляндія, Швеція), група країн, що починаючи з другого десятиріччя XXI століття знаходяться у скрутному економічному становищі (Італія,

Греція, Португалія, Іспанія тощо), група посткомуністичних країн (Латвія, Литва, Болгарія, Угорщина, Естонія, Чехія, Словенія, Словаччина, Румунія, Польща, Хорватія). Особливості структури економіки Люксембургу (зокрема, найбільший ВВП на душу населення) не дозволяють віднести цю країну до жодної з утворених груп.

Виходячи з цього, можна зробити висновок про те, що метод головних компонент є перспективним методом статистичного аналізу, що може дати додаткові результати під час розв'язання задачі класифікації складних об'єктів, зокрема економічної природи, що описуються великою кількістю факторів.

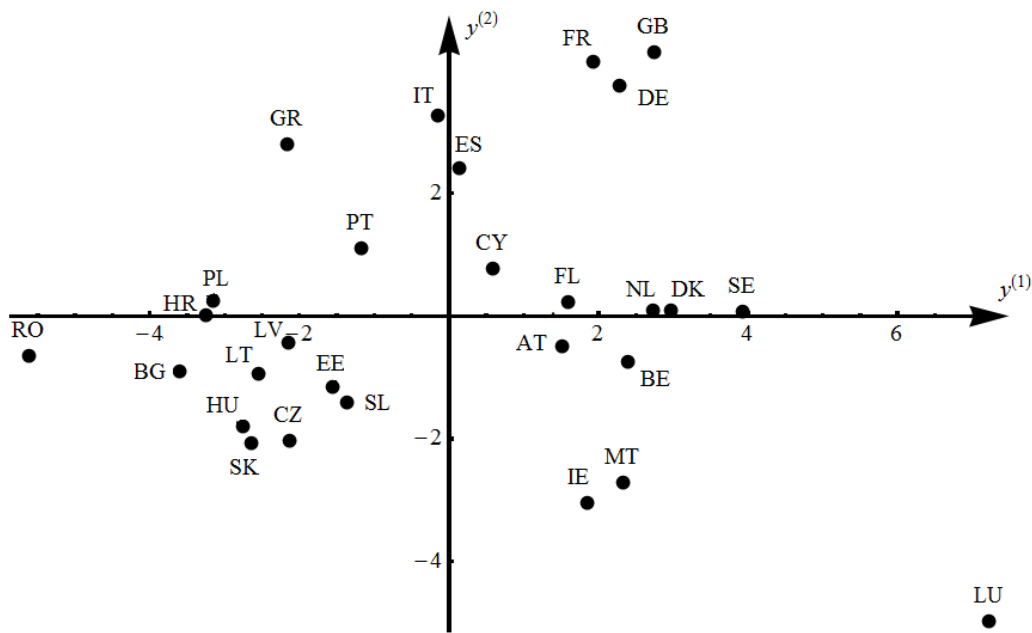


Рисунок 2 – Розташування країн-учасниць ЄС, 2016 рік

Література

1. Айвазян С.А., Бежаева З.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений. – М.: Статистика, 1974. – 240 с.
2. Економіка зарубіжних країн / С.В. Войтко, О.А. Гавриш, О.М. Згуровський, С.В. Нараєвський. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 400 с.
3. Європейський Союз у XXI столітті: функціонування та розвиток / В.С. Загорський, О.Я. Красівський, О.С. Киричук та ін. – Львів: ЛРІДУ НАДУ, 2016. – 631 с.
4. Илюхина И.Б. Проблемы экономической интеграции в Европейском союзе // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. – 2015. – № 2-1. – С. 113 – 124.
5. Швайка Л.А. Державне регулювання економіки. – К.: Знання, 2008. – 463 с.
6. The World Bank. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.worldbank.org>.