

УДК 330.43:504

**Аверкина М. Ф.,***асистент кафедри економіки підприємства Національного університету водного господарства та природокористування*

## ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ (МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ)

*У статті запропоновано методику прогнозування рівня економіко-екологічної безпеки Волинської області із застосуванням методу головних компонент.*

**Ключові слова:** чинники економіко-екологічної безпеки, факторний аналіз, метод головних компонент, критерій "кам'янистого обвалу".

*В статье предложена методика прогнозирования уровня экономико-экологической безопасности Волынской области с использованием метода главных компонент.*

**Ключевые слова:** факторы экономико-экологической безопасности, факторный анализ, метод основных компонент, критерий "каменистый обвал".

*Foreseeing methodic for the level of the economical-ecological safety in the Volynian region by the method of the principal components is proposed in the article.*

**Key words:** factors of the economical-ecological safety, factor analysis, principal components method, rockslide criteria.

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку економіки актуальною є потреба в розробці методичних засад прогнозування економіко-екологічної безпеки регіону з метою обґрунтування управлінських рішень, які пов'язані із забезпеченням і підтримкою економіко-екологічної безпеки регіону. Важливу роль відіграють методи прогнозування, які допомагають знаходити найбільш ефективні напрями розвитку регіону.

Використання методів прогнозування в управлінні економіко-екологічною безпекою регіону дозволяє [1, 99]:

- визначати можливі напрями розвитку в управлінні економіко-екологічною безпекою;
- оцінювати соціальні, економічні і екологічні наслідки від впровадження кожного із можливих варіантів розвитку регіону;
- визначати перелік заходів необхідних для забезпечення розвитку регіону;
- оцінити обсяг необхідних ресурсів для здійснення запланованих програм розвитку регіону.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблемі прогнозування економічної, екологічної безпеки присвячені праці провідних науковців таких як З. Герасимчук, А. Єріної, Т. Клебанової, В. Пономаренка, Н. Чернові та інших провідних науковців.

**Мета і завдання дослідження.** Мета дослідження полягає у розробці моделі прогнозування економіко-екологічної безпеки на прикладі Волинської області.

**Виклад основного матеріалу.** На нашу думку, економіко-екологічна безпека регіону – це такий стан захищеності від загроз, який забезпечує стійкий соціально-економічний розвиток та збереження природних і трудових ресурсів регіону.

При моделюванні рівня економіко-екологічної безпеки часто виникає ефект мультиколінеарності, оскільки досліджується значний масив екзогенних змінних. З метою забезпечення адекватності моделі реальному процесу, вдаються до заміни множини ознак меншою кількістю некорельованих величин, які б зберігали всю інформацію щодо причинно-наслідкового механізму формування явища і не впливали на точність результатів аналізу. Інструментом такої заміни є метод головних компонент [2].

Основне призначення методу головних компонент – виявити приховані першопричини, які пояснюють кореляції між ознаками і змістовно інтерпретуються. Використання методу ґрунтується на припущенні, що ознаки  $x_i$  є лише індикаторами певних існуючих властивостей явища, які безпосередньо не вимірюється [2, с.149].

Цей метод за своєю сутністю зводиться до вибору нової ортогональної системи координат у просторі спостережень. Як першу головну компоненту обирають напрям, вздовж якого масив спостережень має найбільшу дисперсію. Кожну наступну компоненту обирають за умови максимізації частки дисперсії, що залишилася, вздовж неї, доповненої умовою ортогональності усім раніше обраним компонентам. Із зростанням номера компоненти буде зменшуватись пов'язана з нею частка дисперсії. Кількість компонент визначається значною мірою суб'єктивно, виходячи з розуміння того, яка величина загальної дисперсії відповідає випадковій мінливості, що відображає похибку вимірювань, вплив неконтрольованих випадкових чинників [3].

На практиці визначають кількість головних компонент за допомогою кількох методичних процедур. Найкращі результати на практиці дають такі методи: критерій Кайзера і критерій “кам'яного зсуву”.

**Критерій Кайзера.** Цей критерій запропонований у 1960 році. Відображаються тільки чинники з великими власними значеннями. По суті, це означає, що якщо чинник не виділяє дисперсію, еквівалентну, принаймні, дисперсії однієї змінної, то він опускається.

**Критерій “кам'янистий обвал”** є графічним методом, вперше запропонованим Кеттелем (1966). Зображає власні значення, представлені в та-

блищі раніше, у вигляді просторового графіка.

Кеттель запропонував знайти таке місце на графіку, де спадання власних значень максимально сповільнюється. Передбачається, що праворуч від цієї точки знаходиться тільки "факторіальний обвал" [4].

Остаточне рішення вибирається таким чином, щоб забезпечити найкращу інтерпретацію отриманих головних компонент.

Для прогнозування рівня економіко-екологічної безпеки Волинської області використаємо методику запропоновану Клебановою [1]. Побудуємо модель виду:

$$M = a_0 + a_1 U^1 + a_2 U^2 + \dots + a_n U^n \quad (1)$$

де  $M$  – рівень економіко-екологічної безпеки;

$a_0, a_2, \dots, a_n$  – коефіцієнти моделі;

$n$  – кількість факторів.

Етапи побудови моделі:

1. Відбір сукупності показників, які в найбільшій мірі характеризуватимуть рівень економіко-екологічної безпеки регіону; формування масиву даних.

2. Здійснення стандартизації показників за наступними формулами

$$P = \frac{Xi - \bar{Xi}}{\sigma_i} \quad (2)$$

де  $Xi$  – значення  $i$ -го показника масиву;

$\bar{Xi}$  – середнє арифметичне значення показника  $i$ ;

$\sigma_i$  – стандартне відхилення показника  $i$ .

Середнє арифметичне обчислимо за формулою:

$$\bar{Xi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Xi \quad (3)$$

Стандартне відхилення показника обчислюватимемо за формулою:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{Xi})^2} \quad (4)$$

3. Розрахунок кореляційної матриці  $R$  розміром  $p \times p$  за формулою:

$$R = \frac{1}{p-1} YY^T \quad (5)$$

На головній діагоналі кореляційної матриці  $R$  стоять значення, які дорівнюють одиниці.

Невідомими є матриці  $A$  і  $L$ . Згідно з основною теоремою факторного аналізу, матрицю  $A$  можна знайти з рівняння

$$R = ACA^T \quad (6)$$

де  $C$  – кореляційна матриця, що відображає зв'язок між факторами. Якщо вона є одиничною, то фактори є ортогональними, в іншому разі – косокутними. Для матриці  $C$  виконується співвідношення:

$$\frac{1}{p-1} LL^T = C \quad (7)$$

Далі розглядаються ортогональні фактори, для яких

$$R = AA^T \quad (8)$$

4. Виокремлення головних компонент і розрахунок факторних навантажень.

5. Ідентифікація головних компонент.

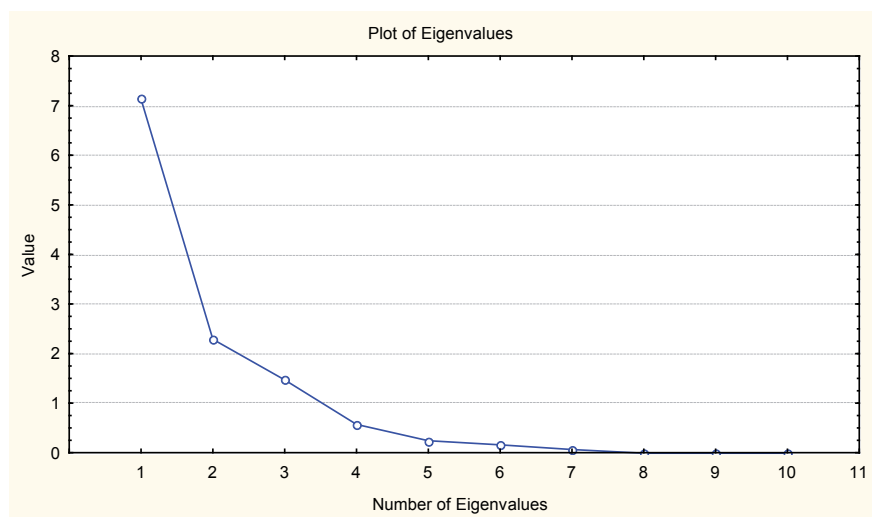
При побудові моделі залежності рівня безпеки від рівня окремих економічних, екологічних та соціальних показників Волинської області спочатку передбачалося, що у якості екзогенних змінних повинні бути включені наступні показники:

1. Кількість малих підприємств на 10000 жителів;
2. Навантаження на одне робоче місце;
3. Фінансові результати від звичайної діяльності у розрахунку на одного зайнятого;
4. Інвестиції в основний капітал на одного жителя;
5. Відношення експорту до імпорту;
6. Продукція сільського господарства на 1 особу;
7. Продукція лісового господарства на 1 особу;
8. Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від усіх джерел забруднення на 1 кв. км.;
9. Обсяги накопичених промислових відходів;
10. Відсоток еродованих земель;
11. Питома вага екологічних зборів, пред'явлених за забруднення понад ліміт;
12. Частка скинутих забруднених вод;
13. Розораність сільськогосподарських угідь;
14. Кількість внесених мінеральних добрив на 1 га посівів;
15. Співвідношення обсягів водовідведення та потужності очисних споруд;
16. Частка площі радіоактивного забруднення.

Слід зазначити, що при побудові кореляційної матриці нами виключено наступні показники: кількість малих підприємств на 10000 жителів; продукція сільського господарства на 1 особу; продукція лісового господарства на 1 особу; викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від усіх джерел забруднення на 1 кв. км.

Використавши пакет STATISTICA виокремлено компоненти візуально за допомогою графічного критерію “кам’янистий обвал” на основі побудованого графіка власних значень. Значення власних чисел кореляційної матриці представлено на осі ординат. Як видно, ці значення стрімко зменшуються і лише перших три більші за одиницю. Це свідчить про те, що кількість головних факторів повинна становити 3.

Наступним етапом є побудова матриці факторних навантажень, яка представлена в таблиці 1.



**Рис.1. Графічний критерій “кам’янистого обвалу”**

*Таблиця 1*  
*Матриця факторних коефіцієнтів до обертання*

Код показника	Показники	Головні компоненти		
		F1	F2	F3
U1	Навантаження на одне робоче місце	0,934	0,142	-0,077
U2	Фінансові результати від звичайної діяльності у розрахунку на одного зайнятого, грн./ особу	0,085	0,878	-0,338
U3	Інвестиції в основний капітал на одного жителя	-0,925	-0,169	-0,304
U4	Відношення експорту до імпорту	-0,360	0,621	0,575
U5	Обсяги накопичених промислових відходів на 1 км <sup>2</sup>	-0,441	0,626	-0,620
U6	Відсоток еродованих земель	-0,987	-0,007	-0,087
U7	Питома вага екологічних зборів пред’явлених за забруднення понад ліміт	-0,796	0,153	0,502
U8	Відсоток скинутих забруднених вод	0,754	-0,355	-0,410
U9	Розораність сільськогосподарських угідь	0,811	-0,224	0,210
U10	Внесено мінеральних добрив на 1 га посівів	-0,937	-0,275	0,098
U11	Співвідношення обсягів водовідведення та потужностей водоочисних споруд	-0,684	-0,654	-0,213
U12	Частка площі радіоактивного забруднення	-0,950	0,005	-0,160

	Власні числа	7,142	2,300	1,479
	Частка поясненої дисперсії	0,595	0,192	0,123

Побудована матриця не дозволяє чітко виявити вплив окремих параметрів на кожен фактор, тому використовуємо метод обернання Varimax. В таблиці 2 представлено результати компонентного аналізу групи вхідних факторних ознак рівня економіко-екологічної безпеки Волинської області після обернання.

Аналіз таблиці 2 дозволяє чітко виявити сформовані головні компоненти. Найбільшу частку сумарної дисперсії усіх ознак описує перший фактор, найменшу – другий.

Факторні навантаження – це засіб інтерпретації фактора. Кожен фактор визначається тими ознаками, що мають найбільші значення факторних навантажень [5].

Перший фактор чинить найбільше навантаження на такі ознаки: інвестиції в основний капітал на одного жителя, внесення мінеральних добрив, еродовані землі, навантаження на робоче місце, розораність сільськогосподарських угідь, частка площі радіоактивного забруднення, співвідношення обсягів водовідведення та потужностей водоочисних споруд. Враховуючи вище вказане цей фактор можна інтерпретувати як рівень економіко-екологічної ефективності галузей первинного сектору.

*Таблиця 2*  
*Матриця факторних коефіцієнтів після обернання*

Код показника	Показники	Головні компоненти		
		F1	F2	F3
U1	Навантаження на одне робоче місце	-0,863	0,061	-0,386
U2	Фінансові результати від звичайної діяльності у розрахунку на одного зайнятого, грн./ особу	-0,268	0,894	0,147
U3	Інвестиції в основний капітал на одного жителя	0,975	0,140	0,081
U4	Співвідношення експорту до імпорту	-0,048	0,197	0,896
U5	Обсяги накопичених промислових відходів на 1 км <sup>2</sup>	0,369	0,913	0,032
U6	Відсоток еродованих земель	0,914	0,148	0,352
U7	Питома вага екологічних зборів пред'явлених за забруднення понад ліміт	0,519	-0,090	0,795
U8	Відсоток скинутих забруднених вод	-0,442	-0,122	-0,808
U9	Розораність сільськогосподарських угідь	-0,716	-0,388	-0,300
U10	Внесено мінеральних добрив на 1 га посівів	0,904	-0,180	0,337
U11	Співвідношення обсягів водовідведення та потужностей водоочисних споруд	0,892	-0,328	-0,195

U12	Частка площі радіоактивного забруднення	0,899	0,198	0,287
	Власні числа	6,139	2,068	2,713
	Частка поясненої дисперсії	0,512	0,172	0,226

Другий фактор має найбільше навантаження на такі ознаки: обсяг накопичених промислових відходів на 1 кв. км., фінансові результати від звичайної діяльності у розрахунку на зайнятого. Тому цей фактор інтерпретуємо як рівень розвитку промисловості.

Третій фактор охоплює такі ознаки: співвідношення експорту до імпорту, питома вага пред'явлених екологічних зборів понад ліміт, відсоток скинутих забруднених вод. Третій фактор можна інтерпретувати як екобезпеку водокористування.

Внесок першого компонента в сумарну дисперсію ознакової множини становить 51,2%, другого – 17,2%, третього – 22,6%. Сумарно три компоненти пояснюють 91% сумарної варіації, що свідчить про високий ступінь факторизації.

Наведемо рівняння отриманих головних компонент

$$F_1 = -0,123U^1 + 0,200U^3 + 0,142U^6 - 0,111U^9 + 0,138U^{10} + 0,222U^{11} + 0,150U^{12};$$

$$F_2 = 0,439U^2 + 0,471U^5; \quad (9)$$

$$F_3 = 0,449U^4 + 0,337U^7 - 0,331U^8$$

Для побудови моделі економіко-екологічної безпеки розрахуємо значення головних компонент згідно (9) і використовуючи вихідні значення параметрів представимо модель економіко-екологічної безпеки у наступному вигляді

$$M = a_0 + a_1 F_1 + a_2 F_2 + a_3 F_3; \quad (10)$$

Тоді модель залежності рівня економіко-екологічної безпеки  $M$  від головних компонент  $F_1$ ,  $F_2$  та  $F_3$  набере вигляду:

$$M = 0,3449 - 0,00021 F_1 - 0,00002 F_2 + 0,01288 F_3; \quad (11)$$

Далі шляхом підстановки виразів (9) і (10) для  $F_1$ ,  $F_2$  й  $F_3$  у вираз (11) було отримано підсумкове рівняння, що характеризує залежність рівня економіко-екологічної безпеки від рівня досліджуваних показників регіону:

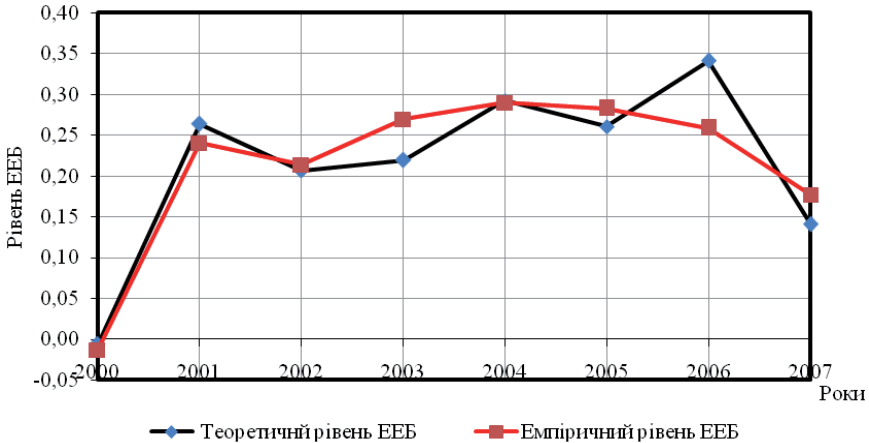
$$M = 0,3449 + 0,00002583U^1 - 0,0000424U^3 - 0,00002982U^6 + 0,00002331U^9 - 0,00002898U^{10} - 0,00004662U^{11} - 0,0000315U^{12} - 0,00000878U^2 - 0,000009422U^5 + 0,005783U^4 + 0,004344U^7 - 0,00426U^8$$

Наступним етапом є перевірка статистичної значимості параметрів моделі за допомогою критерію  $t$  – статистики Стьюдента. Табличне значення  $-t_{кр} = 2,78$  при  $\alpha=0,05$ ,  $m=n-k-1=4$ , а розрахункові:  $t_0 = 6,56851$ ,  $t_1 = -1,501$ ,  $t_2 = -0,6325$ ,  $t_3 = 4,1770041$ . Отже, всі коефіцієнти регресії ( $b_1$ ,  $b_2$  з деяким застереженням) є статистично значущими.

Далі здійснюється перевірка на статистичну значущість моделі з застосуванням критерію Фішера.

Критерій розрахунковий  $F = 7,8666593$ , критерій табличний  $F = 4, 00$ . Оскільки критерій Фішера розрахунковий більший за табличне значення, можна стверджувати, що модель лінійна є статистично значущою. Коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) = 0,8550723, що свідчить про тісний, зв'язок факторів моделі.

На рисунку 2 представлено результати моделювання динаміки рівня економіко-екологічної безпеки (розрахунковий і теоретичний рівень безпеки).



**Рис. 2. Динаміка зміни рівня економіко-екологічної безпеки Волинської області**

**Висновки.** Отже, побудована модель прогнозування є статистично значущою і репрезентативною. Запропоновані методичні рекомендації можна використовувати в галузі економіки природокористування.

### Література:

1. Пономаренко В. С. / Экономическая безопасность региона: анализ, оценка, прогнозирование [Монография] / В. С. Пономаренко, Т. С. Клебанова, Н. Л. Чернова. – Харьков: ИД “Инжек”, 2004. – 143 с.
2. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування: [Навчальний посібник] / А. М. Єріна. – К.: КНЕУ, 2001. – 170 с.: рис.
3. Грицюк П. М., Остапчук О. П. Аналіз даних: [навчальний посібник] / П. М. Грицюк. – Рівне: НУВГП, 2008. – 218 с.
4. Голубик О. Компонентний аналіз чинників трудової міграції населення України / О. Голубик // Вісник Львівського університету. Серія екон. – 2009. – Вип. 41. – С. 434-442.
5. Кузнецова Т. В. Типізація районів Волинської області за економіко-екологічними критеріями / Т. В. Кузнецова, О. Я. Романів, М. Ф. Аверкіна // Вісник НУВГП: Економіка. – 2008. – Ч. 3. – В. 4(44). – Рівне. – С. 127-133.