

**РОЛЬ МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ЕКСПЕРТНОЇ  
ІНФОРМАЦІЇ В РИЗИКОЛОГІЇ**

*В статті проведено аналіз сучасних математико-статистичних методів обробки експертної інформації в теорії економічних ризиків. Обґрунтовано необхідність використання цих методів під час проведення експертиз. Зроблено висновок про те, що роль експертних методів в ризикології постійно підвищується, а рангова кореляція, наявність строгих статистичних доказів оптимальності прийнятих рішень роблять метод експертних оцінок одним із основних в теорії економічних ризиків.*

*Ключові слова: математичні методи, експертні оцінювання, рангова кореляція, економічні ризики.*

**THE ROLE OF MATHEMATICAL AND STATISTICAL METHODS OF EXPERT  
INFORMATION PROCESSING IN RISKOLGY**

*The article analyzes modern mathematical and statistical methods of expert information processing in the theory of economic risks. We have substantiated the need to use these methods in the process of examinations. It is concluded that the role of expert methods in riskology constantly increases and rank correlation, the presence of rigorous statistical evidence of the optimality of decisions made, makes the method of expert evaluations one of the main in the theory of economic risks.*

*Key words: mathematical and statistical methods, expert assessment, rank correlation, economic risks.*

**Актуальність проблеми.** Нині важливе місце в системі наукового пізнання господарського механізму відведене вивченню економічних ризиків, методам їх вимірювання та мінімізації.

Методи оцінки ризиків поділяють на кількісні та якісні.

Досить часто в умовах стрімкої зміни економічної ситуації неможливо одержати статистику поведінки економічних показників чи побудувати графічні залежності економічного ризику чи прибутковості. В таких випадках кількісні методи вимірювання економічних ризиків стають малоефективними і в практиці підприємництва застосовують якісні методи оцінки, засновані на суб'єктивних оцінках людей.

Методи суб'єктивних оцінок економічного ризику являють собою сукупність прийомів отримання та обробки даних щодо об'єкту підприємницької діяльності, які здатні інтегрально врахувати думку досвідчених фахівців – експертів, що виражатиметься в кількісних показниках вимірювання ризику. Саме такі методи оцінки ризику одержали назву експертних – коли приймаються і обробляються дані про величину ризику та ймовірності його настання на основі оцінок вибраного кола фахівців [2].

У зв'язку з тим, що постійно збільшуються кількість факторів впливу на економічні процеси, зміст та важливість інформації, застосування лише якісних чи лише кількісних методів є недостатнім, досить часто виникає необхідність поєднання математико-статистичних методів з методом експертних оцінок.

**Аналіз попередніх досліджень.** Велику увагу проблемі застосування експертних методів в ризикології приділяли у своїх роботах Л. Донець, І. Орлов, О. Пернарівський, Т. Головач, Н. Приходько, В. Стрілець, В. Лобойченко, В. Новосада, Р. Селівестов, М. Шапочка, О. Макарюк, В. Горбатенко та ін. Зокрема, О. Пернарівський та Ю. Орловська вивчали питання використання експертного методу при оцінюванні ризиків в банківській діяльності. Л. Мартинова розглядала питання формування математичного інструментарію експертної оцінки ризику господарської діяльності зернопереробних підприємств. В. Стрілець, Т. Лобойченко займалися вдосконаленням методу експертних оцінок для розрахунку професійного ризику. М. Шапочка, О. Макарюк займалися вдосконаленням методу експертних оцінок для розрахунку професійного ризику [7].

Проте, як зазначають окремі автори, сучасна теорія економічних ризиків недостатньою мірою математизована, що обумовлюється орієнтиром на дослідження слабоформалізованих аспектів теорії прийняття рішень в умовах ризику [3].

Метою статті є аналіз сучасних математико-статистичних методів обробки експертної інформації вимірювання економічних ризиків та обґрунтування необхідності використання цих методів в сучасній ризикології.

**Виклад основного матеріалу.** Експертні методи вимірювання ризиків засновані на припущенні про те, що на базі думок фахівців в певній галузі знань можна побудувати адекватну картину оцінки економічного ризику. Сучасними науковцями (зокрема, Л. Донець) зроблено наступні висновки щодо особливостей застосування експертних оцінок:

– експертна оцінка та експертний прогноз вимагають використання спеціальних методів;

– експертний метод оцінки економічних явищ і процесів так чи інакше пов'язаний з усередненням думок фахівців;

– у переважній більшості випадків погляд експертів-аналітиків відрізняється від погляду практиків, ця розбіжність формалізується через так званий коефіцієнт розбіжності.

Ще донедавна особливістю суб'єктивних методів оцінки економічних ризиків вважалась відсутність строгих математичних побудов і доказів оптимальності отриманих висновків, оскільки для одержання результатів використовувалась людина як вимірювальний прилад. Однак, в сучасних дослідженнях науковці користуються наступним визначенням: «Експертні методи оцінки ризиків – це встановлення логічно об'єктивно існуючого зв'язку між об'єктами ризику на основі думки незалежних експертів і наступною статистичною її обробкою» [5]. Ми також притримуємось думки про те, що експертні методи, що ґрунтуються на оцінках залучених кваліфікованих фахівців, дозволяють дати досить точну та відтворювальну оцінку економічного явища саме завдяки математичним та статистичним способам обробки отриманої інформації.

Зауважимо, що, по-перше, «проведені експерименти свідчать, що при правильній методиці експертної оцінки помилка результатів складає 5-10% і може бути зіставлена з помилками вимірювальних методів» [1, с. 215].

По-друге, масштаб розширення сфери застосування експертних методів свідчить про його невідповідний характер.

Таким чином, особливістю застосування методу експертних оцінок в сучасній ризикології є наявність науково розроблених строгих математико-статистичних доказів оптимальності прийнятих рішень.

При цьому експертні дослідження проводять з метою підготовки інформації для особи, яка приймає рішення [4].

Відмітимо також, що вихідними передумовами застосування експертних оцінок ризику є вибір кола факторів ризику, які підлягають оцінюванню, а також формування групи кваліфікованих експертів, висновки яких щодо окремих факторів ризику викликають достатній рівень довіри і використовуються в подальшій діяльності підприємств. В ході застосування методу експертних оцінювань приймаються і обробляються дані про величину ризику та ймовірності його настання за допомогою врахування думок наперед вибраного кола фахівців – експертів в даній області діяльності.

Показниками вимірювання ризику при застосуванні цього методу можуть бути: оцінка рівня ризику за наперед вибраною шкалою, наприклад, від нуля балів (відсутність ризику) до 10 балів (максимальний ризик); вимірювання рівня ризику в показниках ймовірності настання фактора ризику; інші показники для вимірювання та оцінки ризику.

Вибір експертів для проведення процедури оцінювання – досить складна справа. Як правило, до числа експертів входить власне підприємець, а також залучаються фахівці консалтингових фірм з провідною репутацією в даній області ринку. Експертам можуть надаватись переліки можливих факторів ризику або пропонується виділити фактори ризику на свій розсуд.

Загальна схема експертних опитувань включає наступні основні етапи:

- 1) підбір експертів і формування експертних груп;
- 2) формування питання і складання анкет;
- 3) робота з експертами;
- 4) формування правил визначення сумарних оцінок на основі оцінок окремих експертів;
- 5) аналіз та обробка експертних оцінок.

У практичній діяльності застосовують як індивідуальні, так і групові експертні оцінки.

Доведемо, що методи математичної обробки інформації доцільно використовувати в ризикології на різних етапах проведення експертних оцінювань.

По-перше, на початкових етапах при характеристиці груп експертів доцільно рахувати коефіцієнт компетентності експертів, який знаходиться за результатами висловлювань фахівців про склад експертної групи. За цими даними формується матриця з елементів  $x_{ij}$ :

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & i - \text{й експерт не назвав } j - \text{го експерта;} \\ 1, & i - \text{й експерт назвав } j - \text{го експерта.} \end{cases}$$

Тоді  $K_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij}}$ ,  $\sum_{i=1}^n K_i = 1$ , де  $n$  – кількість експертів,  $K_i$  – коефіцієнт компетентності.

Відмітимо, що науковцями розроблено алгоритм обчислення коефіцієнта компетентності експертів і у вигляді рекурентної процедури. Зауважимо також, що задавши вказаному коефіцієнту декілька практичних значень, одержують ряд можливих ймовірностей розробки точної оцінки.

По-друге, кількісна оцінка правильності висловлювань експертів може бути розрахована на основі визначення вагових коефіцієнтів  $\alpha_i$ , які виражають ступінь компетентності.

А саме, відносна помилка  $i$ -го експерта в  $j$ -й експертизі дорівнює:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{|T_{ij} - T_{j1}|}{T_{j1}}$$

де  $T_{j1}$  – фактичне значення;  $T_{ij}$  – оцінка, надана  $i$ -м експертом. Тоді

$$\alpha_i = \frac{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{ij} - \bar{x}_j)}{\sum_{j=1}^k (x_{ij} - \bar{x}_i)^2}$$

де  $k_1$  – кількість оцінок, які надав  $l$ -й експерт.

По-третє, найпоширеніші методи експертних оцінок доцільно базувати на основі побудові функції корисності та формулюванні твердження щодо виду цієї функції. По закінченню відбувається математична перевірка висунутої гіпотези.

Четверте: нині при застосуванні експертних оцінювань використовуються спеціальні прийоми опитування (при великій кількості експертів) та здійснюється спеціальна математико-статистична обробка отриманих результатів за допомогою сучасних програмних продуктів.

П'яте: одним із найважливіших досягнень статистичних методів обробки експертної інформації в ризикології є використання рангової кореляції, яка базується на статистичних методах, дозволяє розраховувати коефіцієнти рангової кореляції чи конкордації, на основі яких робиться висновок про узгодженість думок експертів.

При вивченні незмірних показників ризику важливо встановити їх значущість, вибрати найбільш суттєві серед них для впливу на хід процесу, що вивчається, усунення негативних дій і посилення позитивного впливу. Таким чином, методи рангової кореляції, що засновані на експертних оцінках, застосовуються при виникненні потреби в кількісній оцінці незмірних факторів.

Метод рангової кореляції реалізується в три етапи.

На першому етапі визначають системи рангів, привласнюють ранги факторам і для кожного фактору обчислюють суму рангів, потім фактори упорядковують по спаданню суми рангів. Для кожного фактору визначають середнє значення рангу (сума ділиться на кількість експертів), це число характеризує колективну думку про значущість факторів. За допомогою системи балів (рангів) експерти оцінюють силу дії кожного фактора на вибраний показник. Найбільший ранг привласнюється самому значущому, на думку експерта, фактору. Пропонована експертам анкета не має бути громіздкою. Вважається, що число факторів не повинно перевищувати 15. Якщо ж їх більше, то проводиться відсіювання менш істотних. Число експертів має бути великим, в 2-3 рази перевищувати кількість чинників, для того, щоб була забезпечена об'єктивність оцінних результатів. При застосуванні цього методу проявляється діалектичний принцип: необхідність прокладає собі дорогу через масу випадковостей. Кожний експерт висловлює своє суб'єктивне судження про значущість чинників, в результаті обробки великого числа суб'єктивних думок проявляється об'єктивна тенденція впливу чинників.

На другому етапі, вже маючи розподіл факторів за їх значущістю, перевіряють міру узгодженості думок експертів (чи досить вона висока).

Зокрема, для узгодженості думок двох експертів (груп експертів) можна використовувати критерії Спірмена, Кендалла.

Наведемо приклад. Нехай досліджується  $n$  факторів. Два експерти чи дві групи експертів висловили своє судження про вплив цих факторів на процес за допомогою системи рангів, що представлено в таблиці.

Таблиця 1

Ранги оцінки факторів

Номер фактору	1	2	...	$N$
Ранги I експерта	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$
Ранги II експерта	$x'_1$	$x'_2$	...	$x'_n$

Для застосування критерію Спірмена розраховують коефіцієнт Спірмена за формулою:

$$\rho = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x'_i - \bar{x}')}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (x'_i - \bar{x}')^2}}$$

де  $n$  – кількість факторів,  $x_i$  – ранги першого експерту,  $x'_i$  – ранги другого експерту.

Для коефіцієнтів конкордації можна використовувати границі для оцінки, що представлені в таблиці 2.

На третьому етапі встановлюють значущість самих коефіцієнтів рангової кореляції, тобто, перевіряють, чи можна довіряти набутим значенням і висновкам.

Значущість коефіцієнта Спірмена перевіряють за допомогою статистики: за рівнем значущості  $\alpha$  і числом ступенів вільності  $q = n - 2$  в таблицях Стьюдента знаходять табличне значення  $t_{\text{сп}}$ . Обчислюють значення критичної точки за формулою:  $T_{\text{сп}} = t_{\text{сп}} \sqrt{\frac{1 - \rho^2}{n - 2}}$ . Якщо  $|A| > T_{\text{сп}}$ , то ранговий зв'язок є значимим, коефіцієнту рангової кореляції можна довіряти. Інакше експеримент має бути повторений при іншому наборі факторів і експертів.

Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена змінюється на відрізку  $[-1; 1]$ . Якщо він дорівнює 1, то думки експертів повністю співпадають. Якщо значення коефіцієнту дорівнює -1, то думки експертів (груп

експертів) прямо протилежні. Якщо ж  $\rho=0$ , то думки експертів не є узгодженими.

Таблиця 2

**Шкала для коефіцієнтів рангової кореляції**

Величина коефіцієнту	Градація рівня узгодженості
(0;0,2)	думки практично не узгоджені
(0,2;0,4)	слабка узгодженість думок
(0,4;0,6)	помітна узгодженість думок
(0,6;0,8)	хороша узгодженість думок
(0,8;0,9)	сильна узгодженість думок
(0,9;1)	дуже висока узгодженість, думки практично співпадають

Якщо порівнювати вказані два коефіцієнти парної кореляції, то коефіцієнт Спірмена має більшу потужність, тобто сильніше виявляє міру узгодженості думок експертів.

Для практики важливе значення має вивчення думок багатьох експертів. Оцінка узгодженості думок трьох і більше експертів проводиться за допомогою обчислення коефіцієнта конкордації  $W$ . Значущість отриманого коефіцієнта перевіряють за допомогою статистичного критерію Пірсона.

Шосте: нині розробляються нові модифікації методу експертних оцінювань в ризикології, які усувають недоліки попередніх та використовують математико-статистичні методи обробки результатів. Так, розробка SEER (System for Evaluation and Review) усуває недоліки відомого Делфійського методу [6].

Таким чином, одним із головних недоліків застосування методу експертних оцінювань в ризикології є зниження достовірності результатів оцінки ризику в зв'язку з суб'єктивністю таких оцінювань. Проте, використання математико-статистичних та комп'ютерних методів обробки експертної інформації, застосування рангової кореляції дозволяє не просто виміряти компетентність експертів, а й оцінити ступінь узгодженості їхніх думок і зробити висновок про значущість отриманих результатів, а саме, чи можна їм довіряти.

**Висновки.** Роль експертних методів в ризикології постійно підвищується, оскільки економічні ситуації досить часто кардинально змінюються. Використання математико-статистичних та комп'ютерних методів обробки експертної інформації при оцінюванні ризиків, рангова кореляція, наявність строгих статистичних доказів оптимальності прийнятих рішень роблять метод експертних оцінок одним із основних в теорії економічних ризиків. Подальше удосконалення застосування математичних методів в ризикології (зокрема в методі експертних оцінок) дозволить збільшити вірогідність отриманих результатів та зменшити їх помилку до мінімального числа відсотків.

**Література**

1. Кожанова Є.П. Економічний аналіз / Є.П. Кожанова, І.П. Отенко. – Х. : ВД «ІНЖЕК», 2005. – 344 с.
2. Кондрашихін А.Б. Теорія та практика підприємницького ризику / А.Б. Кондрашихін, Т.В. Пепа. – К. : Центр учбової літератури, 2009. – 221 с.
3. Мартинова Л.В. Формування математичного інструментарію експертної оцінки ризику господарської діяльності зернопереробного підприємства АПК України / Л.В. Мартинова // Науковий вісник Херсонського державного університету. – 2014. – Вип. 5. Ч-1. – С. 213–217.
4. Орлов А.И. Экспертные оценки / А.И Орлов. – М., 2002. – 31 с.
5. Останкова Л.А. Аналіз, моделювання та управління економічними ризиками / Л.А. Останкова, Н.Ю. Шевченко. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 256 с.
6. Радзіховська Л.М. Використання математико-статистичних методів під час проведення експертних оцінювань / Л.М. Радзіховська // Вісник Хмельницького національного університету : науковий журнал. Економічні науки. – 2015. – № 2. – Т. 1. – С. 245–247.
7. Шапочка М.К. Застосування експертних оцінок при прийнятті рішень за умов невизначеності / М.К. Шапочка, О.В. Макарук // Механізм регулювання економіки. – С. 142–148.

Надійшла 12.08.2016; рецензент: д. е. н. Бондаренко В. М.