

*С.Я. Кравців, О.М. Соболев, д-р техн. наук, с.н.с, В.В. Тютюник, д-р техн. наук, с.н.с  
(Національний університет цивільного захисту України, Україна)*

## **ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВПЛИВУ НА ІНТЕГРАЛЬНИЙ ПОЖЕЖНИЙ РИЗИК ЗА ДОПОМОГОЮ ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ**

У даній роботі за допомогою факторного аналізу встановлено тісний зв'язок між інтегральним пожежним ризиком, часом слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця пожежі та часом локалізації пожежі. Зроблено висновок, що ці параметри являють собою важелі, за допомогою яких можна здійснювати управління інтегральним пожежним ризиком і які, у свою чергу, залежать від місць розташування пожежно-рятувальних підрозділів, їх ресурсного забезпечення та підготовки особового складу.

**Ключові слова:** інтегральний пожежний ризик, факторний аналіз, управління.

*S.Ya. Kravtsiv, O.M. Sobol', V.V. Tiutiunyk*

## **ESTIMATION OF PARAMETERS OF INFLUENCE ON INTEGRATED FIRE RISK WITH THE HELP OF FACTOR ANALYSIS**

In this paper the close relationship between the integrated fire risk and the time sequence of fire-rescue units to the fire place and the time of the fire localization were established using factor analysis. It is concluded that these parameters are the levers by which the integrated fire risk can be controlled and that, in turn, depend on the locations of rescue units, their resource provision and training of personnel.

**Key words:** integrated fire risk, factor analysis, management.

**Постановка проблеми.** Європейська інтеграція України зобов'язує нашу державу забезпечити ефективне функціонування державних інститутів, які гарантуватимуть додержання конституційних прав громадян на безпеку та захист життя, здоров'я і власності. Реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту забезпечує єдина державна система цивільного захисту, причому безпосереднє керівництво її діяльністю здійснюється Державною службою України з питань надзвичайних ситуацій (ДСНС України). У зв'язку з цим, на сьогодні велика увага приділяється реформуванню ДСНС України, мета якого – забезпечення належного рівня безпеки життєдіяльності населення, його захисту від надзвичайних ситуацій, пожеж та інших небезпечних подій. Результатом проведення реформ має бути забезпечення належного рівня безпеки життєдіяльності населення, захисту суб'єктів господарювання і територій від загрози виникнення надзвичайних ситуацій, створення ефективної сучасної європейської системи запобігання виникненню надзвичайних ситуацій та профілактики пожеж, удосконалення системи реагування на пожежі, інші надзвичайні ситуації та небезпечні події, зменшення збитків національної економіки та населення у разі виникнення пожеж, надзвичайних ситуацій, небезпечних гідрометеорологічних явищ, створення оптимальної системи управління єдиною державною системою цивільного захисту та підвищення ефективності її функціонування.

Значна увага у Стратегії реформування системи ДСНС України приділяється застосуванню ризик-орієнтованого підходу для підвищення рівня пожежної безпеки на території нашої держави, оскільки ризик є об'єктивним показником, який характеризує величину потенційної небезпеки для людей, матеріальних цінностей та навколишнього середовища. Більш того, ризик-орієнтований підхід доцільно використовувати не тільки з метою запобігання виникненню

пожеж, але й для обґрунтування параметрів підсистеми реагування на пожежі, зокрема на регіональному рівні. Разом з тим, зараз існує проблема, пов'язана з побудовою моделей та методів управління пожежними ризиками. Одним із шляхів, який сприятиме вирішенню зазначеної проблеми, є виявлення факторів, що впливають на інтегральний пожежний ризик, та обґрунтування їх значущості. У зв'язку з цим, актуальною задачею є проведення факторного аналізу для оцінки параметрів впливу на інтегральний пожежний ризик.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В роботі [1] було розглянуто закордонний досвід регулювання рівня прийнятного ризику, зокрема пожежного. Нормування рівнів ризиків включає розроблення і затвердження норм захисту населення і територій України від надзвичайних ситуацій, правил і регламентів господарської діяльності, які визначаються на основі значень прийнятних рівнів ризику. Для кожної галузі економіки, кожного виду небезпечної виробничої діяльності, типу об'єкта, окремої території України визначаються свої нормативи мінімального та гранично допустимого рівнів ризиків.

У роботі [2] на прикладі розрахунків по районах Харківської області показано, що показники інтегральних пожежних ризиків перевищують прийнятний рівень [3]. В роботі [4] було розраховано пожежні ризики  $R_1$ ,  $R_2$  та  $R_3$  (ризик для людини зіткнутися з пожежею (його небезпечними факторами) за одиницю часу; ризик для людини загинути при пожежі (виявитися його жертвою); ризик для людини загинути від пожежі за одиницю часу) для всіх областей України та м. Києва, при цьому було виявлено найбільш проблемні регіони нашої держави з точки зору забезпечення пожежної безпеки.

**Постановка завдання.** У цій роботі необхідно виявити параметри, що впливають на ризик для людини загинути від пожежі за одиницю часу, та провести факторний аналіз з метою доведення значущості зазначених параметрів.

**Виклад основного матеріалу.** Відповідно до [5] пожежний ризик – це кількісна характеристика можливості реалізації пожежної небезпеки (та її наслідків), яка вимірюється, як правило, у відповідних одиницях. Серед основних інтегральних пожежних ризиків викликає інтерес ризик для людини загинути від пожежі за одиницю часу, оскільки він характеризує негативні наслідки пожеж та може бути використаним для обґрунтування параметрів підсистеми реагування на пожежі на регіональному рівні. Цей ризик обчислюється за допомогою такого виразу:

$$R_3 = \frac{N_{жертв}}{N_{нас} \cdot T}, \quad (1)$$

де  $N_{жертв}$  – кількість жертв протягом періоду  $T$ ;  $N_{нас}$  – кількість населення.

Факторний аналіз дає змогу виявити об'єктивні фактори, які впливають на поведінку об'єкта, що досліджується. Дуже важливим є те, що, як правило, ці фактори безпосередньо не спостерігаються, а лише впливають на досліджувані параметри. В основі факторного аналізу лежить побудова матриці кореляції між всіма можливими парами змінних, що мають вплив на інтегральний пожежний ризик ( $R_3$ ). Факторний аналіз було проведено на основі статистичних даних про пожежі та їх наслідки на території Харківської області протягом останніх 7 років, при цьому у якості параметрів, що впливають на рівень ризику  $R_3$ , було розглянуто такі:  $N_{пож}$  – кількість пожеж на території відповідного регіону;  $N_{жертв}$  – кількість жертв внаслідок пожеж;  $\tau_{прям}$  – час слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця пожежі, хв;  $\tau_{лок}$  – час локалізації пожежі пожежно-рятувальним підрозділом, хв;  $\tau_{лікв}$  – час ліквідації пожежі пожежно-рятувальним підрозділом, хв.

Для визначення причинно-наслідкових зв'язків між досліджуваними параметрами скористаємося кореляційною матрицею (табл. 1), яка, в свою чергу, дає можливість визначити зв'язок між інтегральним пожежним ризиком та вищенаведеними параметрами. Очевидно, що коефіцієнти 0,551 та 0,517 показують тісний зв'язок між рівнем інтегрального пожежного

ризиком та параметрами  $\tau_{\text{прям}}$ ,  $\tau_{\text{лок}}$ . Таким чином, одним із важелів впливу на зазначений інтегральний пожежний ризик є зниження часу слідування до місця пожежі та часу локалізації пожежі, які залежать від місць розташування та ресурсного забезпечення пожежно-рятувальних підрозділів.

**Таблиця 1**

*Кореляційна матриця основних параметрів*

	<b>Rз</b>	<b>Nпож.</b>	<b>Nжертв.</b>	<b><math>\tau_{\text{прям}}</math></b>	<b><math>\tau_{\text{лок}}</math></b>	<b><math>\tau_{\text{лікв.}}</math></b>
<b>Rз</b>	1,000	-0,396	1,000	0,551	0,517	-0,403
<b>Nпож.</b>	-0,396	1,000	-0,396	-0,673	-0,591	0,641
<b>Nжертв.</b>	<b>1,000</b>	-0,396	1,000	0,551	0,517	-0,403
<b><math>\tau_{\text{прям}}</math></b>	0,551	-0,673	0,551	1,000	0,789	-0,197
<b><math>\tau_{\text{лок}}</math></b>	0,517	-0,591	0,517	0,789	1,000	-0,603
<b><math>\tau_{\text{лікв.}}</math></b>	-0,403	0,641	-0,403	-0,197	-0,603	1,000

Для перевірки можливості проведення факторного аналізу було застосовано критерії сферичності Бартлета і адекватності вибірки Кайзера-Мейєра-Олкіна [6]. Перш за все було побудовано матрицю кореляції факторів для встановлення статистичних зв'язків між ризиком для людини загинути від пожежі за одиницю часу та параметрами, які впливають на рівень цього ризику (табл. 2).

**Таблиця 2**

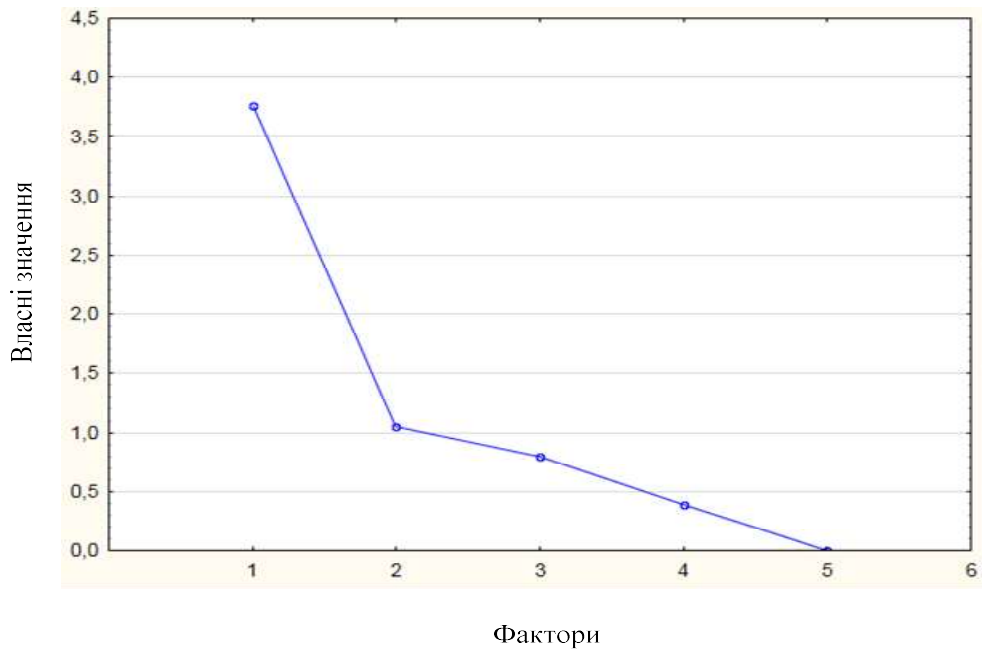
*Власні значення матриці кореляції факторів, які відповідають за наявність статистичних зв'язків між змінною, що групується, та іншими змінними*

<b>Фактор</b>	<b>Власне значення</b>	<b>Відсоток дисперсії</b>	<b>Кумулятивне власне значення</b>	<b>Кумулятивний відсоток дисперсії</b>
1	3,761850	62,69749	3,761850	62,6975
2	1,053290	17,55484	4,815140	80,2523
3	0,792523	13,20871	5,607663	93,4610
4	0,387784	6,46307	5,995447	99,9241
5	0,004553	0,07589	6,000000	100,0000

З таблиці 2 випливає, що існує 2 значущих фактори, загальний відсоток дисперсії який становить понад 80, тобто похибка подальших досліджень є меншою за 20%.

Для графічної інтерпретації цих факторів (рис. 1) скористаємося критерієм «кам'янистого осипу» [6], який показує всі власні значення визначених факторів.

Сутністю факторного аналізу є процедура обертання факторів з метою перерозподілу дисперсії за певним законом. Одним з основних способів зменшення розмірності даних є метод головних компонент, який орієнтується на втрату найменшої кількості інформації і зводиться до обчислення власних векторів і власних значень кореляційної матриці вихідних даних.



**Рисунок 1** – Графік власних значень факторів

Використання зазначених методів при проведенні факторного аналізу дає змогу отримати матрицю факторних навантажень, що визначає лінійні кореляції між змінними і факторами (табл. 3).

**Таблиця 3**

*Матриця факторних навантажень на основні змінні*

<b>Змінні</b>	<b>Фактор 1</b>	<b>Фактор 2</b>
<b><math>R_3</math></b>	<b>-0,825428</b>	-0,538826
<b><math>N_{\text{пож.}}</math></b>	<b>0,768365</b>	-0,468760
<b><math>N_{\text{жертв.}}</math></b>	<b>-0,825428</b>	-0,538826
<b><math>T_{\text{прям.}}</math></b>	<b>-0,806487</b>	0,038199
<b><math>T_{\text{лок.}}</math></b>	<b>-0,848556</b>	0,247076
<b><math>T_{\text{лікв.}}</math></b>	0,662068	-0,436329
<b>Загальна дисперсія</b>	3,761850	1,053290
<b>Частка загальної дисперсії</b>	0,626975	0,175548

Виділені жирним шрифтом в таблиці 3 навантаження з коефіцієнтом кореляції понад 0,7 показують, що практично всі змінні мають стійку кореляцію з першим фактором. Всі показники зі знаком мінус показують обернену залежність. Кореляція на рівні  $|0,6| \pm 0,1$  з другим фактором спостерігається тільки із змінними  $R_3$  та  $N_{\text{жертв.}}$ .

Матриця залишкових кореляцій (табл. 4) основних змінних свідчить про адекватність факторної моделі на рівні 80,25 % визначення дисперсії, оскільки більшість залишків менші за  $|0,10|$  (значення залишків більше  $|0,10|$  в таблиці виділені жирним шрифтом).

Для того, щоб збільшити адекватність математичної моделі необхідно збільшити кількість факторів для розгляду. Наприклад, розглядаючи три фактори кумулятивний відсоток дисперсії буде дорівнювати 93,46 %.

Матриця залишкових кореляцій основних змінних

	<b>Rз</b>	<b>Nпож.</b>	<b>Nжертв.</b>	<b>Тпрям.</b>	<b>Тлок.</b>	<b>Тлікв.</b>
<b>Rз</b>	0,03	-0,01	0,03	-0,09	-0,05	-0,09
<b>Nпож</b>	-0,01	0,19	-0,01	-0,04	<b>0,18</b>	-0,07
<b>Nжертв</b>	0,03	-0,01	0,03	-0,09	-0,05	-0,09
<b>Тпрям</b>	-0,09	-0,04	-0,09	0,35	0,10	<b>0,35</b>
<b>Тлок</b>	-0,05	<b>0,18</b>	-0,05	0,10	<b>0,22</b>	0,07
<b>Тлікв</b>	-0,09	-0,07	-0,09	<b>0,35</b>	0,07	0,37

**Висновки.** У цій роботі ми розглянули необхідність побудови моделі управління ризиком для людини загинути від пожежі за одиницю часу. Використовуючи факторний аналіз нам вдалося встановити тісний зв'язок між зазначеним інтегральним пожежним ризиком і часом слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця пожежі та часом локалізації пожежі. Як бачимо, ці параметри є важелями, за допомогою яких можна здійснювати управління інтегральним пожежним ризиком і які, у свою чергу, залежать від місць розташування пожежно-рятувальних підрозділів, їх ресурсного забезпечення та підготовки особового складу.

На основі матриці кореляції встановлено стійкі взаємозв'язки між змінними, що групуються. Матриця коефіцієнтів значень факторів, які відповідають за наявність лінійних кореляцій між основними змінними, вказує на адекватність розрахунків в загальній дисперсії понад 80%.

Подальші дослідження будуть спрямовані на побудову моделей та методів нормування ресурсів підсистеми реагування на пожежі на регіональному рівні.

#### Список літератури:

1. Кравців С. Я. Аналіз закордонного досвіду державного регулювання рівня прийнятності ризику / С. Я. Кравців, О. М. Соболев // Вісник НУЦЗ України. – Харків: НУЦЗУ, 2016. – Вип. 2 (5) – С. 297-302. – Режим доступу: [http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/PublicAdministration/vol5/Visnyk\\_NUCZU\\_41\\_2016\\_2\(5\).pdf](http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/PublicAdministration/vol5/Visnyk_NUCZU_41_2016_2(5).pdf).
2. Кравців С. Я. Аналіз інтегрального пожежного ризику на території районів Харківської області / С. Я. Кравців, О. М. Соболев // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – Харків: ХНУПС, 2016. – Вип. 4 (49) – С. 177-179.
3. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22.01.2014 № 37-р «Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-p>.
4. Kravtsiv S. Ya. The analysis of integral risks of the territory of Ukraine / S. Ya. Kravtsiv, O. M. Sobol, A. V. Maksimov // Проблеми надзвичайних ситуацій: збірник наукових праць. – Харків: НУЦЗУ, 2016. – Вип. 23. – С. 53-60. – Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol23/Kravtsiv.pdf>.
5. Пожарные риски. Основные понятия / [Брушлинский Н. Н., Глуховенко Ю. М., Коробко В. Б. та др.]; под ред. Н. Н. Брушлинского – [вып. 1]. – М. : ВИНТИ, 2004. – 47 с.
6. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. / Дж.О. Ким, Ч.У. Мюллер, У.Р. Клекка и др.; Под ред. И.С. Енюкова. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

### References:

1. Kravciv S.Ya. Analiz zakordonnogo dosvidu derzhavnogo regulyvannya rivnya pryjnyatnogo ryzyku / S.Ya. Kravciv, O.M. Sobol // Visnyk NUCzZ Ukrainy. – Xarkiv: NUCzZU, 2016. – Vyp. 2 (5) – S. 297-302. – Rezhym dostupu: [http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/PublicAdministration/vol5/Visnyk\\_NUCZU\\_41\\_2016\\_2\(5\).pdf](http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/PublicAdministration/vol5/Visnyk_NUCZU_41_2016_2(5).pdf).
2. Kravciv S. Ya. Analiz integralnogo pozhezhnogo ryzyku na terytoriyi rajoniv Xarkivskoyi oblasti / S. Ya. Kravciv, O. M. Sobol // Zbirnyk naukovykh prac. – Xarkiv: XNUPS, 2016. – Vyp. 4 (49) – S. 177-179.
3. Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 22.01.2014 № 37-r «Pro sxvalennya Koncepciyi upravlinnya ryzykamy vynykennya nadzvyhajnykh sytuacij texnologennogo ta pryrodnogo xarakteru» [Elektronnyj resurs] // Rezhym dostupu: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-p>.
4. Kravtsiv S. Ya. The analysis of integral risks of the territory of Ukraine / S.Ya. Kravtsiv, O.M. Sobol, A.V. Maksimov // Problemy nadzvyhajnykh situacij: zbirnyk naukovykh prac. – Xarkiv: NUCzZU, 2016. – Vyp. 23. – S. 53-60. – Rezhym dostupu: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol23/Kravtsiv.pdf>.
5. Pozharnyie riski. Osnovnyie ponyatiya / [Brushlinskiy N. N., Gluhovenko Yu. M., Korobko V. B. ta dr.]; pod red. N. N. Brushlinskogo – [vyip. 1]. – M.: VINITI, 2004. – 47 s.
6. Faktornyy, diskriminantnyy i klasternyy analiz: Per. s angl. / Dzh.O. Kim, Ch.U. Myuller, U.R. Klekka i dr.; Pod red. I.S. Enyukova. – M.: Finansyi i statistika, 1989. – 215 s.

