

А.Д. Кузик, д-р с.-г. наук, доцент, О.М. Трусевич, канд. фіз.-мат. наук, доцент,
О.О. Карабин, канд. фіз.-мат. наук, доцент
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ОЦІНЮВАННЯ ЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ЗАГИБЕЛІ ВІД ПОЖЕЖ

У роботі досліджено проблему ризику загибелі людини від пожеж в Україні за останні 14 років. На основі статистичних даних застосовано методику теорії значення ризику VaR . Встановлено, що кількість загиблих від пожеж в Україні на 100 000 населення є нормально розподіленою величиною. Оцінено значення ризику загибелі від пожеж в Україні на рівні допустимого ризику – 10^{-6} . Ця величина становить 2,1301 осіб на 100 000 населення. Для управління ризиками значення VaR можна зменшувати двома способами: зменшенням значення математичного сподівання; збільшенням середньоквадратичного відхилення.

Ключові слова: значення ризику, функція розподілу, функція щільності

Постановка проблеми. Проблема загибелі людей на сьогоднішній день є надзвичайно актуальною, особливо на фоні стабільного зменшення кількості населення. Незважаючи на державні важелі щодо подолання демографічної проблеми (грошові виплати при народженні дітей, фінансова допомога для малозабезпечених сімей тощо), населення України скорочується в своїй чисельності, тобто кількість померлих перевищує кількість народжених. Очевидно, що причиною цього є економічні, політичні та інші негаразди в Україні, але існують й інші причини зменшення кількості населення, актуальні на сьогодні. І це загибель людей від пожеж та їх наслідків, яка є однією з основних пунктів у списку демографічної проблеми. Оцінку забезпечення безпеки життєдіяльності людини можна здійснювати в таких величинах, як математичне сподівання та дисперсія кількості загиблих. Але більш доцільним є застосування ризик-орієнтовних технологій, які дають змогу не лише оцінити стан забезпечення безпеки життєдіяльності, але і здійснювати управління ризиками, зводячи їх до допустимого рівня.

Аналіз останніх публікацій з даної теми. Пожежний ризик загибелі досліджувався в багатьох роботах. В [1] за статистичними даними для міста визначали ризик загибелі від пожежі як добуток ризику зіткнутися з пожежею на ризик загинути на пожежі. У [2] проводиться аналіз можливості ризик-орієнтовного підходу до проблем безпеки. Застосування пожежного ризику в страхуванні обґрунтовано в [3]. Для розрахунків ризиків можна застосовувати і відповідні методики, які увійшли в основу відповідних програмних продуктів [4]. Але слід брати до уваги, що пожежний ризик загибелі – це ймовірнісна величина, яка не завжди дає можливість оцінити втрати емпіричними моделями. Окрім класичного поняття ризику, який є добутком ймовірності виникнення події на величину збитку, існують також інші поняття, пов'язані з ризиком. У сучасному фінансовому ризик-менеджменті ефективно використовують значення ризику *Value at Risk (VaR)*, що у перекладі з англійської означає значення (вартість, капітал) під ризиком [5]. Ця міра визначається максимально можливими, з деякою ймовірністю, втратами і зручна для оцінювання сумарних ризиків, зумовлених чинниками різної природи. Методику отримання значення ризику, приклади застосування технологій VaR і основні методи управління ризиками описано в [6]. Оцінювання значення ризику застосовували не лише в економіці, але і в інших галузях. У роботі [7] досліджено проблеми значення ризику у галузі інформаційних технологій для оцінювання функціонування систем захисту інформації. Але у пожежній безпеці застосовують лише класичні поняття ризику виникнення пожежі, ризику зіткнутися з пожежею та загинути від пожежі, а VaR -технології не використовуються. Однак знання значення ризику може дати змогу оцінити мінімально-допустиму кількість загиблих від пожеж.

Метою роботи є застосування методики оцінювання ризику в пожежній безпеці до ризику загибелі від пожеж на основі теорії значення ризику VaR_α .

Виклад основного матеріалу. Для оцінювання значення ризику використаємо дискретну ймовірнісну модель. Розглянемо випадкову величину X – кількість загиблих людей від пожеж на 100 тис. населення за певний період часу (рік, десять років т.д.). Оцінимо вартість ризику VaR_α для величини X за рівня значущості α ($0 < \alpha < 1$) за методом, наведеним в [7]. Значенням ризику загибелі на пожежі за рівня значущості α ($0 < \alpha < 1$) назвемо максимально можливу кількість загиблих на пожежах за деякий період:

$$VaR_\alpha = \sup \{x : P(X < x) \leq \alpha\}. \quad (1)$$

За означенням, кількість загиблих не перевищуватиме значення VaR_α . В економіці α вибирають 5 % чи 1 %, а в нашому випадку, оскільки йде мова про загибель людини, за значення рівня значущості вибираємо на рівні допустимого ризику 10^{-6} .

Зауважимо, що функцією розподілу випадкової величини X є функція $F(x)$, що визначається таким чином:

$$F(x) = P(X < x) \quad (2)$$

Функція розподілу (2) входить у формулу (1). Побудуємо функцію $F(x)$. В ролі випадкової величини X розглянемо кількість загиблих людей від пожеж в Україні на 100 000 населення.

Оскільки на рівень смертності на пожежах впливає багато факторів, у більшості не пов'язаних між собою, зробимо припущення про нормальний розподіл випадкової величини X . Оскільки загибель від пожеж залежить від соціального стану населення та умов його проживання, для дослідження обмежимося даними за останні 14 років. За статистичними даними про кількість населення України з 2000 до 2013 р. [8] і кількість загиблих від пожеж [9] визначимо значення кількості загиблих від пожеж протягом кожного року на 100 000 населення (табл.1).

Таблиця 1

Кількість населення [8], кількість загиблих від пожеж [9] та кількість загиблих на 100 000 населення у 2000-2013 рр.

Рік	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
К-ть насел., осіб	49115000	48663600	48240900	47823100	47442100	47100500	46749200
К-ть загиб., осіб	3175	3502	3763	3887	3784	4187	4031
К-ть загиб., осіб на 100 000	6,46	7,20	7,80	8,13	7,98	8,89	8,62
Рік	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
К-ть насел., осіб	46465700	46192300	45963400	45782600	45598200	45453300	45372007
К-ть загиб., осіб	4001	3884	3209	2819	2869	2751	2721
К-ть загиб., осіб на 100 000	8,61	8,41	6,98	6,16	6,29	6,05	8,00

Для перевірки статистичної гіпотези про нормальний розподіл величини кількості загиблих на 100 000 населення застосуємо критерій χ^2 . Сформулюємо гіпотези: H_0 – величина X підлягає нормальному розподілу, H_a – величина X підлягає розподілу, відмінному від нормального.

Побудуємо інтервальний розподіл величини X – кількості загиблих людей від пожеж на 100 000 населення. Середнє значення кількості загиблих на 100 000 населення $a = 7,4286$ ос./100 000, а середньоквадратичне відхилення від середнього $\sigma = 1,1147$ ос. / 100 000. Результати обчислень теоретичних частот та спостережуваних значень χ^2 з використанням функції Лапласа $\Phi(z)$ наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок теоретичних частот інтервального розподілу та спостережуваного значення χ^2

x_i	x_{i+1}	n_i	$z_i = \frac{x_i - a}{\sigma}$	$z_{i+1} = \frac{x_{i+1} - a}{\sigma}$	$\Phi(z_i)$	$\Phi(z_{i+1})$	p_i	np_i	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
5,50	6,25	3	-1,730	-1,057	0,042	0,145	0,103	1,447	1,665
6,25	7,00	3	-1,057	-0,384	0,145	0,350	0,205	2,872	0,006
7,00	7,75	1	-0,384	0,288	0,350	0,613	0,263	3,684	1,955
7,75	8,50	4	0,288	0,961	0,613	0,832	0,218	3,056	0,291
8,50	9,25	3	0,961	1,634	0,832	0,949	0,117	1,639	1,129
$\chi^2 =$									5,047

Критичне значення критерію з рівнем значущості 0,01 становить

$$\chi_{кр}^2 = \chi_{кр}^2(5-1-2; 0,01) = 9,2.$$

Отримане спостережуване значення критерію $\chi^2 = 5,047$ не перевищує критичне. Тому приймаємо нульову гіпотезу. Таким чином, кількість загиблих в Україні від пожеж на 100 000 населення є нормально розподіленою величиною, функція щільності розподілу

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

де a – отримане математичне сподівання, а σ – середньоквадратичне відхилення. Графік функції щільності розподілу зображено на рис. 1.

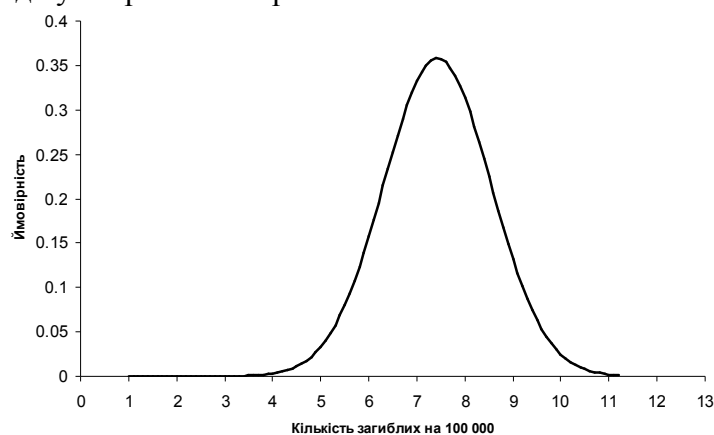


Рис.1. Графік функції щільності розподілу щорічної кількості загиблих в Україні від пожеж на 100 000 населення

Значення ризику VaR_α знаходимо за допомогою функції розподілу $F(x)$. Побудуємо функцію нормального розподілу

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (4)$$

з відповідними параметрами a і σ . Графік цієї функції зображено на рис. 2.

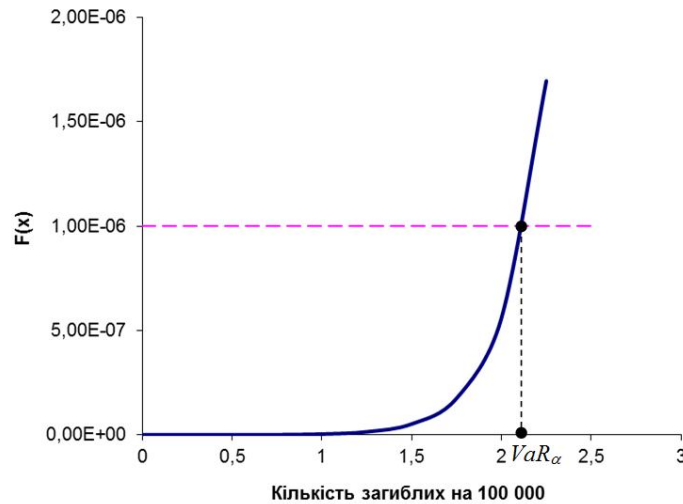


Рис.2. Функція розподілу щорічної кількості загиблих в Україні на 100 000 населення

Абсциса точки перетину графіка функції розподілу з прямою $y = 10^{-6}$ і буде шуканим значенням ризику.

Значення VaR_α можна знайти і аналітичним методом. Для цього слід знайти корінь рівняння

$$F(x) = \alpha$$

для значення $\alpha = 10^{-6}$. Розв'язавши рівняння, отримуємо $VaR_\alpha = 2,1301$ ос./100 000.

Щодо управління ризиками, то значення VaR_α можна зменшувати двома способами: 1) зменшенням значення математичного сподівання a ; 2) збільшенням середньоквадратичного відхилення σ (особливо за фіксованого математичного сподівання). При цьому слід зауважити, що у випадку застосування методу VaR_α у пожежній безпеці значення ризику є кількістю загиблих на 100 000 населення і тому не може бути від'ємною величиною.

Висновки.

1. Кількість загиблих в Україні на 100 000 населення є нормально розподіленою величиною з параметрами $a = 7,4286$ ос. / 100 000, $\sigma = 1,1147$ ос. / 100 000.
2. Значення ризику загибелі від пожеж в Україні на рівні допустимого 10^{-6} становить 2,1301 ос. / 100 000 населення і вказує, що допустимому рівню відповідає така кількість загиблих на 100 000 населення.
3. Зниження значення ризику може досягатися завдяки зниженню математичного сподівання кількості загиблих або підвищенню протипожежних вимог до об'єктів і зниження порогу допустимого ризику.

Список літератури:

1. **Брушлинський Н. Н.** О статистике пожаров и о пожарных рисках / Н. Н. Брушлинський, С. В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 4. – С. 40-48.
2. **Бегун В.** Види діяльності щодо контролю безпеки та документи з безпеки / В. Бегун // Надзвичайна ситуація. – 2009. – № 6. – С. 34-35.

3. **Бегун В.** Ризик-орієнтовний підхід та страхова справа / В. Бегун, Є. Журавльов // Надзвичайна ситуація. – 2010. – № 3. – С. 40-43.
4. **Климась Р. В.** Розрахунок ризиків виникнення аварій із застосуванням програми SAPHIRE / Р. В. Климась // Сучасні проблеми охорони праці та аерології гірничих підприємств. – Донецьк : ДонНТУ. – 2011. – С. 6-9.
5. **Лобанов А. А.** Энциклопедия финансового риск-менеджмента / 3-е изд. / А. А. Лобанов, А. В. Чугунок. – М.: АльпинаБизнес Букс, 2007. – 878 с.
6. **Jorion P. Value at Risk.** The new benchmark for managing financial risk / 3-rd edition / P. Jorion. – New York : McGraw-Hill, 2007. – 602 pp.
7. **Дудикевич Я. В.** Вартість ризику для систем захисту інформації / Я. В. Дудикевич, І. А. Прокопишин // Захист інформації. – 2009. – № 2. – С. 81-85.
8. **Державна служба статистики України.** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ukrstat.gov.ua.
9. **Державна служба України з надзвичайних ситуацій.** Інформаційний портал. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.mns.gov.ua.

А.Д. Кузык, О.М. Трусевич, О.А. Карабын

ОЦЕНКА ЗНАЧЕНИЯ РИСКА ГИБЕЛИ ОТ ПОЖАРА

В работе исследована проблема риска гибели человека от пожаров в Украине за последние 14 лет. На основе статистических данных применена методика теории значения риска *VaR*. Установлено, что количество погибших от пожаров в Украине на 100 000 населения это нормально распределенная величина. Оценено значение риска гибели от пожаров в Украине на уровне допустимого риска – 10^{-6} . Эта величина составляет 2,1301 человек на 100 000 населения. Для управления рисками значение *VaR* можно уменьшать двумя способами: уменьшением значения математического ожидания; увеличением среднеквадратичного отклонения.

Ключевые слова: значение риска, функция распределения, функция плотности.

А.Д. Кузык, О.М. Трусевич, О.О. Карабын

EVALUATING THE DEGREE OF DEATH RISK AS A RESULT OF FIRE

The degree of human risk of death in fires in Ukraine over the past 14 years was studied. Based on the statistical data the technique theory of risk *VaR* was used. It was estimated that the number of deaths from fires in Ukraine per 100 000 population is normally distributed number. The degree of death risk from fires in Ukraine at the level of acceptable risk – 10^{-6} was calculated. This value is 2.1301 persons per 100 000 of population. For risk management *VaR* values can be reduced in two ways: a decrease in the value of the mathematical expectation; increase in the standard deviation.

Key words: value at risk, the distribution function, the density function