

*П.Ю. Бородич, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
Р.В. Пономаренко, к.т.н., с.н.с., НУЦЗУ,
П.А. Ковалев, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
В.П. Тишаков, курсант, НУЦЗУ*

БАГАТОФАКТОРНА ІМІТАЦІЙНА ОЦІНКА ПРОЦЕСУ РЯТУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛОГО З ПРИМІЩЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НОШ РЯТУВАЛЬНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ

(представлено д.т.н. Прохачем Е.Ю.)

Показана доцільність оцінки процесу рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних за допомогою багатофакторного імітаційного моделювання. Наведена оцінка помилок розрахунку коефіцієнтів регресії, оцінка значимості факторів і зв'язку між ними при різних рівнях ризику, ранжування факторів за ступенем їх впливу на вихідні дані.

Ключові слова: ноші рятувальні вогнезахисні, багатофакторне імітаційне моделювання, коефіцієнт регресії, рятування постраждалого.

Постановка проблеми. Для розробки і запропонування рекомендацій, що підвищать ефективності виконання особовим складом Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРСЦЗ) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) дій за призначенням необхідна об'єктивна оцінка оперативної роботи, що виконують рятувальники. Процес рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних включає в себе значну кількість взаємозв'язаних операцій, тому його дослідження доцільно проводити шляхом імітаційного моделювання [1]. Але проблема полягає в тому, що необхідно розглядати, що та як буде впливати на успішне виконання оперативного завдання по рятуванню людей з приміщень, в екстремальних умовах. Одним зі шляхів отримання таких оцінок є обґрунтування та аналіз регресійних моделей, які встановлюють кількісний зв'язок між часом виконання операції та обраними факторами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В [1] була запропонована та всебічно розглянута імітаційна модель рятування постраждалого з приміщення за допомогою нош рятувальних вогнезахисних (НРВ-1), але в ній не розглядався вплив факторів а взаємозв'язок між ними.

В [3] запропоновані багатофакторні імітаційні оцінки окремих етапів аварійно-рятувальних робіт на станціях метрополітену, але в ній не розглядається використання спеціального оснащення для рятування потерпілих.

Постановка завдання та його вирішення. Виходячи з цього, поставлена задача запланувати та провести багатофакторний експеримент

для оцінки ефективності процесу рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних, з використанням імітаційної моделі [1], побудувати квадратичну модель цього процесу та оцінити значимість факторів та зв'язків між ними.

Провівши аналіз процесу рятування постраждалого з приміщення, в якості основних факторів були обрані:

x_1 – підготовленість особового складу ОРСЦЗ ДСНС України;

x_2 – наявність в приміщенні опарних факторів пожежі (відкрите полум'я, тепловий вплив);

x_3 – сучасне оснащення особового складу.

Експеримент був спланований таким чином, щоб оцінити вагу кожного з трьох факторів, а також характер взаємодії між ними. Для цього був обраний план $3 \times 3 \times 3$, що дозволяє досліджувати три фактори на трьох рівнях, при інших рівних умовах. Такий план має гарні статистичні характеристики і кращі за точністю оцінки всіх коефіцієнтів регресії $\{k_s\}$ [3]. Використовуючи імітаційну модель було проведено 27 експериментів по 100 ітерацій кожен і отримано безліч коефіцієнтів регресії $\{k_s\}$. Отримані результати імітаційного експерименту дозволили побудувати трьохфакторну квадратичну модель, яка встановлює кількісний зв'язок між часом (в кодованих змінних [4]) і розглянутими факторами.

Модель, що характеризує час рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних

$$y_1 = 0,6687 - 0,4127 x_1 - 0,1634 x_1^2 + 0,0007 x_1 x_2 - 0,0161 x_1 x_3 - \\ - 0,013 x_2 + 0,0006 x_2^2 + 0,0034 x_2 x_3 - (1) \\ - 0,0984 x_3 - 0,0039 x_3^2.$$

Інтерпретація моделей проводилася при наростаючому ступеню ризику відкинути правильну гіпотезу [3]. Значимість коефіцієнтів регресії перевірялася багаторазово від рівня значущості $\alpha = 0,001$ до $\alpha = 0,5$. Для оцінки помилок розрахунку коефіцієнтів регресії була розрахована середня дисперсія вимірювань. Для цього спочатку була перевірена гіпотеза однорідності ряду дисперсій за критерієм Кохрена

$$Kh = \frac{(G_n^2)_{\max}}{\sum_{n=1}^{27} G_n^2} \quad (2)$$

де $(G_n^2)_{\max}$ – максимальна дисперсія в розглянутому ряду; $n=27$ – кількість точок обраного плану.

Розрахувавши критерії Кохрена і порівнявши їх з табличними значеннями [3], виявилось, що розраховані значення менше табличних. Це дозволило прийняти розглянуту гіпотезу як правдоподібну. В результаті середня дисперсія проведених імітаційних експериментів розраховувалися як:

$$G^2_{\text{Э}} = \frac{1}{27} \cdot \sum_{n=1}^{27} G_n^2, \quad (3)$$

що дозволило для розрахунку помилок коефіцієнтів регресії використовувати такі вирази [3]:

$$G(b_0) = 0,5022 \cdot G_{\text{Э}} \quad (4)$$

$$G(b_i) = 0,33333 \cdot G_{\text{Э}} \quad (5)$$

$$G(b_{ij}) = 0,2887 \cdot G_{\text{Э}} \quad (6)$$

$$G(b_{ii}) = 0,4082 \cdot G_{\text{Э}} \quad (7)$$

які використовували для обчислення відповідних критичних значень:

$$b_{\text{кр}} = t \cdot G(b), \quad (8)$$

де t , береться за таблицями [3] при обраному рівні значущості α і числі ступенів свободи $f = 27$.

При кожному рівні ризику α були побудовані графи зв'язку між факторами. На рис. 1 показані такі графи при зростаючому ризику для моделі (1). Зачернене коло позначає значимі лінійні ефекти, петля – значимий квадратичний ефект, ребра графа – значимими є ефекти взаємодії.

Найбільш достовірними є висновки по першим графом: значущими будуть перший і третій фактори, з них перший фактор впливає нелінійно.

За графами для $\alpha = 0,2$: для моделі значущим буде і другий фактор, а перший і третій в свою чергу взаємопов'язані.

Аналіз графів для $\alpha = 0,5$ дозволяє обережно «можливо» припустити, що для моделі взаємопов'язаними будуть перший і другий фактори.

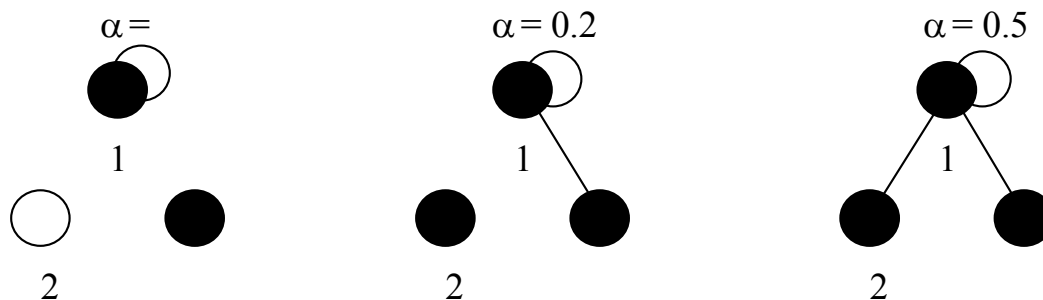


Рис. 1. Зміна зв'язку між факторами при різному рівні значущості для моделі, що характеризує час рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних

У процесі інтерпретації поліноміальної моделі було виконано ранжування факторів за ступенем їх впливу на вихідні дані. Для подальшого аналізу було прийнято [3] двосторонній ризик $\alpha = 0,2$. Після видалення незначущих ефектів отримані кінцеві моделі

$$y_1 = 0,669 - 0,413x_1 - 0,163x_1^2 - 0,016x_1x_3 - 0,013x_2 - 0,098x_3 \quad (9)$$

Ранжування проводилося за максимальним перепадом Δy в однофакторних моделях $y = f_i(x_i)$ (табл.1), що одержані при стабілізації інших x_i на рівнях, відповідних координатах екстремумів y_{\min} і y_{\max} , а також в центрі факторного простору.

Табл. 1. Однофакторні моделі $y = f_i(x_i)$ при різних умовах стабілізації для моделі, що характеризує час рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних

	В зоні максимуму	В центрі факторного простору	В зоні мінімуму
x_1	$0,558 - 0,429x_1 - 0,163x_1^2$	$0,669 - 0,413x_1 - 0,163x_1^2$	$0,78 - 0,397x_1 - 0,1634x_1^2$
x_2	$0,142 - 0,013x_2$	$0,669 - 0,013x_2$	$1,001 - 0,013x_2$
x_3	$0,08 - 0,114x_3$	$0,669 - 0,098x_3$	$0,932 - 0,082x_3$

Аналіз отриманих результатів показав, що на час рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних впливає підготовленість особового складу ОРСЦЗ ДСНС України, а також сучасне оснащення особового складу.

Висновки. Показана можливість кількісної оцінки як ваги окремих факторів, що впливають на ефективність рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних, так і ваги їх взаємного впливу. Відзначено, що питання рятування потерпілих повинні відпрацьовуватися під час тренувань газодимозахисників, в максимально екстремальних умовах. Наявність в приміщенні небезпечних проявів пожежі (відкрите полум'я, тепловий вплив) впливає менше інших факторів на розглянутий процес, це пов'язано з тим, що ноші рятувальні вогнезахисні (НРВ 1) захищають потерпілого від цього впливу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бородич П.Ю. Імітаційне моделювання рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних / П.Ю. Бородич, Р.В. Пономаренко, П.А. Ковальов // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – Вип. 22. – Харків: НУЦЗУ, 2015. – С. 8-13. – <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol22/Borodich.pdf>.

2. Стрелец В.М. Многофакторная оценка пожарно-спасательных работ на станциях метрополитена / В.М. Стрелец, П.Ю. Бородич // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. АПБ Украины. – вып. 15. – Харьков: АПБУ, 2004. – с. 208 –214. – <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/994>.

3. Вознесенський В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский // 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.

4. Рева А.Н. Имитационная эргономическая оценка функционирования системы «спасатель – средства защиты личного состава и ликвидации аварии – чрезвычайная ситуация» / А.Н.Рева, В.М. Стрелец // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. ХУПС. – Вип.5 (130). – Х., 2015. – С. 192–196. – http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2015_5_43.

Отримано редколегією 17.10.2017

П.Ю. Бородич, Р.В. Пономаренко, П.А. Ковалев, В.П. Тишаков

Многофакторная имитационная оценка процесса спасения пострадавшего из помещения с использованием носилок спасательных огнезащитных

Показана целесообразность оценки процесса спасения пострадавшего из помещения с использованием носилок спасательных огнезащитных с помощью многофакторного имитационного моделирования. Приведенная оценка ошибок расчета коэффициентов регрессии, оценка значимости факторов и связи между ними при различных уровнях риска, ранжирование факторов по степени их влияния на выходные данные.

Ключевые слова: ноши спасательные огнезащитные, многофакторное имитационное моделирование, коэффициент регрессии, спасение пострадавшего.

P.Yu. Borodich, R.V. Ponomarenko, P.A. Kovalov, V.P. Tishakov

Multifactor simulation estimation of the process of rescuing a victim from a premise using rescue flame retardants

The expediency of estimating the process of rescuing the victim from the premises using rescue flame retardants using multifactorial simulation simulation was shown. The given estimation of errors of calculation of coefficients of a regression, an estimation of importance of factors and a connection between them at various levels of risk, a ranking of factors on the degree of their influence on output data.

Keywords: rescue fire protection, multifactorial simulation simulation, coefficient of regression, rescue of the victim.