

Б.О. Білінський, О.А. Гаврилко
 Національний університет “Львівська політехніка”,
 кафедра будівельних конструкцій та мостів

АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ТРАВМАТИЗМУ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПРАЦІВНИКІВ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ТАКТИЧНИХ НАВЧАНЬ

© Білінський Б.О., Гаврилко О.А., 2011

Наведено методику багатофакторного регресійного аналізу випадків службового травматизму серед працівників пожежно-рятувальної служби. Застосування цієї методики дасть змогу врахувати важливість окремих чинників травматизму і формувати оптимальний план заходів з запобігання травматизму.

Ключові слова: службовий травматизм, пожежно-рятувальної служба, запобігання травматизму.

In clause the procedure multiple regression analysis service of injury among the firemen is given. Use of this procedure will allow to take into account importance of the separate injury factors and to generate the optimum plan of measures of the injury prevention.

Key words: official traumatism, fire-rescue service, injury prevention.

Аналіз останніх досліджень. Як показує аналіз статистичних досліджень, найобґрунтованішим методом дослідження статистичних зв'язків по багаторічних даних є багатофакторний регресійний аналіз. Спрощена модель багатофакторного регресійного рівняння описується так:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_i \cdot X_i + \dots + a_m \cdot X_m, \quad (1)$$

де Y – теоретична (розрахункова) величина результативної ознаки. Як результативну ознаку розглядатимемо кількість випадків виробничого травматизму протягом $J=10$ ($j=\overline{1,10}$) років ретроспективи; $a_0 \dots a_1 \dots a_m$ – параметри рівняння регресії, що визначатимуться методом регресійного аналізу; $X_1 \dots X_m$ – факторні ознаки регресійного рівняння.

Приймемо $X_{1,j}$ – кількість пожеж у j -му році ретроспективи; $X_{2,j}$ – кількість пожежно-тактичних навчань та занять у j -му році ретроспективи; X_3 – вік травмованих пожежників-рятувальників; X_4 – стаж роботи травмованих пожежників-рятувальників; X_5 – місяць одержання травми пожежниками під час виконання службових обов'язків; X_6 – пора доби під час травмування. Причому, якщо для формування значень $X_{1,j}$ і $X_{2,j}$ достатньо винятково статистичних даних, то для формування даних $X_3 - X_6$ необхідно попередньо провести регресійний аналіз в частковій формі і тільки після цього можна узагальнювати ці дані у математичній моделі.

Мета роботи – розроблення методики багатофакторного регресійного аналізу випадків службового травматизму серед працівників пожежно-рятувальної служби.

Викладення основного матеріалу. Під час багатофакторного регресійного аналізу масиви даних окремих років не можна поєднувати простим підсумовуванням однорічних кортежів даних, а необхідно створювати масиви даних підсумовуванням сум квадратів відхилень і сум добуток відхилень. Для цього потрібно обчислити такі показники:

• середні значення результуючої ознаки – кількості випадків виробничого травматизму протягом $J=10$ ($j = \overline{1,10}$) років ретроспективи:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_j Y_j}{J}, \quad (2)$$

• середні значення всіх факторних ознак:

$$\bar{X}_m = \frac{\sum_j X_{m,j}}{J}, \quad (3)$$

• суму квадратів відхилень результуючих :

$$Q_Y = \sum_j (Y_j - \bar{Y})^2, \quad (4)$$

• суму квадратів відхилень факторних ознак:

$$Q_{X_m} = \sum_j (X_{m,j} - \bar{X}_m)^2; \quad m = \overline{1,6}; \quad j = \overline{1,10}, \quad (5)$$

• суми добутків відхилень результуючих і факторних ознак:

$$\begin{aligned} Q_{Y_m} &= \sum_j (Y_j - \bar{Y}) \cdot (X_{m,j} - \bar{X}_m); \\ Q_{X_m} &= \sum_j X_{j,m} \cdot (X_{m,j} - \bar{X}_m); \\ &\forall \{m = \overline{1,6}; j = \overline{1,10}\} \end{aligned} \quad (6)$$

З врахуванням скорочених позначень, прийнятих у формулах (1)–(6), систему нормальних рівнянь можна записати так:

$$\begin{cases} Q_{X_{11}} \cdot a_1 + Q_{X_{21}} \cdot a_2 + \dots + Q_{X_{i1}} \cdot a_i + \dots + Q_{X_{m1}} \cdot a_m = Q_{Y_1} \\ Q_{X_{12}} \cdot a_1 + Q_{X_{22}} \cdot a_2 + \dots + Q_{X_{i2}} \cdot a_i + \dots + Q_{X_{m2}} \cdot a_m = Q_{Y_2} \\ \dots \\ Q_{X_{1j}} \cdot a_1 + Q_{X_{2j}} \cdot a_2 + \dots + Q_{X_{ij}} \cdot a_i + \dots + Q_{X_{mj}} \cdot a_m = Q_{Y_j} \\ \dots \\ Q_{X_{1J}} \cdot a_1 + Q_{X_{2J}} \cdot a_2 + \dots + Q_{X_{iJ}} \cdot a_i + \dots + Q_{X_{mJ}} \cdot a_m = Q_{Y_1} \end{cases}, \quad (7)$$

$$\forall \{m = \overline{1,6}; j = \overline{1,10}\}.$$

Систему рівнянь (7) можна розв'язати довільним алгебраїчним методом. Найбільш простим способом є метод оберненої матриці. Розв'язання системи рівнянь (7) дозволяє визначити коефіцієнти регресії. Вільний член багатofакторного регресійного рівняння визначається за формулою

$$a_0 = \bar{Y} - a_1 \cdot \bar{X}_1 - a_2 \cdot \bar{X}_2 - \dots - a_i \cdot \bar{X}_i - \dots - a_m \cdot \bar{X}_m, \quad \forall \{m = \overline{1,6}\}. \quad (8)$$

Вищенаведені формули розкривають логічну суть підготовки вихідних даних для багатofакторного регресійного аналізу і, значною мірою, суть самого методу. Розрахунок показників регресії проведений в системі MATH CAD. Аналізу підлягав 10-річний термін роботи всіх підрозділів пожежно-рятувальної служби МНС України, зокрема по 24 областях, АР Крим, м. Києву та Севастополю. Всього проаналізовано 852 випадки травматизму, та одержання травм 967 пожежниками-рятувальниками, з яких 66 – з летальним наслідком.

У результаті розрахунку отримано поліном багатofакторної регресії :

$$\begin{aligned} Y &= 25,9842 - 0,00057 \cdot X_1 + 0,00019 \cdot X_2 + 0,85214 \cdot X_3 - \dots \\ &\dots - 0,09696 \cdot X_4 + 2,37204 \cdot X_5 - 2,19085 \cdot X_6 \end{aligned} \quad (9)$$

Кожен коефіцієнт регресії адекватно відображає дійсність впливу за певних умов. За яких умов вивчати ефективність аргументів залежить від адекватності вихідної інформації, її повноти і достовірності.

З метою визначення тісноти зв'язку між показниками регресійної залежності проведено дисперсійний аналіз поліному по відношенню до дійсних даних про вплив окремих факторів травматизму на загальну кількість нещасних випадків. Результати розрахунку дисперсійного аналізу, реалізовано в системі EXCEL. Стандартна похибка у цьому випадку згідно з цим розрахунком становить $S_R=10,31$. Ця величина може бути використана для визначення граничної похибки оцінки і побудови довірчих границь оцінок. Гранична похибка визначається добутком стандартної похибки S_R на імовірнісний коефіцієнт t , який визначається з таблиць t -розподілу Стьюдента.

З метою аналізу міри впливу окремих факторів на показник травматизму проводився дисперсійний аналіз впливу показників поліному.

Для одержання такого характеристичного поліному кожен факторну ознаку $X_{i,j}$ перетворювали у вигляді:

$$X_{i,j}' = \frac{X_{i,j} \cdot J}{\sum_j X_{i,j}}, \quad \forall i = \overline{1, m}; \forall j = \overline{1, J}. \quad (10)$$

Регресійний аналіз таких даних дозволяє визначити середньостатистичні коефіцієнти поліному \overline{a}_i . Приведення цих коефіцієнтів до стандартного вигляду статистичних коефіцієнтів впливу здійснюється за формулою

$$\overline{a}_i = \frac{|a_i|}{\sum_i |a_i|}, \quad \forall i = \overline{1, m}; \quad (11)$$

Тоді повинна виконуватись умова $\sum_i \overline{a}_i = 1$.

Враховуючи статистичний аналіз дисперсії впливу, можна зробити такі висновки:

- найбільший вплив на показник частоти травматизму має стаж роботи травмованих пожежників-рятувальників (відсоток впливу – 33,9 %);
- істотне значення має кількість пожежно-тактичних навчань та пора доби під час травмування (16,9 % і 18,9 %, відповідно);
- менший вплив на показник частоти травматизму має вік травмованих пожежників-рятувальників та місяць одержання ними травми під час виконання службових обов'язків (12,0 і 10,3 %, відповідно);
- найменш статистично визначальним є кількість пожеж у j -му році ретроспективи (7,9 %).

Висновки. Розроблення методики на базі багатофакторного регресійного аналізу безумовно повинна стати основою для вживання навчально-профілактичних заходів щодо уникнення випадків травматизму серед працівників пожежно-рятувальної служби МНС України.

1. Фэрстер Е., Ренц Б. *Методы корреляционного и регрессионного анализа.* – М.: Финансы и статистика, 1983. – 302 с. 2. Наказ МНС України від 07.05.2007 р. № 312 „Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України”, 2007 р. – 386 с. 3. Наказ МНС України від 01.09.09 р. № 601 „Положення про службову підготовку особового складу органів та підрозділів цивільного захисту”.