

*Г.В. Іванець, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
М.П. Букін, к.ю.н., доцент кафедри, НУЦЗУ,
О.М. Ігнат'єв, ст. викладач, НУЦЗУ*

ЗАСТОСУВАННЯ РЕГРЕСІЙНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАВДАНИХ ЗБИТКІВ ВНАСЛІДОК НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЧИ ПОДІЙ

(представлено д-ром фіз.-мат. наук Яковлевим С.В.)

У статті розглянута можливість застосування регресійних математичних моделей для прогнозування завданих збитків внаслідок надзвичайних подій з метою аналізу факторів, які суттєво впливають на них.

Ключові слова: надзвичайна подія, математична модель, багатфакторна лінійна регресійна модель, метод найменших квадратів (МНК), гіпотеза, критерій Ст'юдента.

Постановка проблеми. Надзвичайна ситуація, підпорядковуючись об'єктивним і людським факторам виникнення, безупинно змінюється і насамперед це стосується форм і засобів подолання їх. Пошук найбільш ефективних із них є постійною задачею підвищення ефективності застосування сил та засобів, які є в розпорядженні Державної Служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС) [10, 11].

В теперішній час для успішної роботи щодо подолання чи запобігання наслідків надзвичайних ситуацій необхідно намагатися передбачити можливий майбутній перебіг тих чи інших негативних процесів, запропонувати інструменти і способи зміни ситуації в бажаному напрямку. Одним із основних завдань підрозділів ДСНС є моделювання розвитку можливих негативних процесів і явищ при створенні тих чи інших умов на основі статистичних даних, подальший їх аналіз з метою прийняття відповідних рішень.

Успіх застосування сил і засобів ДСНС, операції щодо ліквідації і попередження надзвичайних ситуацій залежить від спроможності відповідних керівників підрозділів знати реальну обстановку, передбачати її зміни, швидко приймати обґрунтовані рішення і своєчасно ставити обґрунтовані задачі виконавцям [11]. Наслідком росту залежності результатів дій сил ДСНС від досягнутого ними рівня інформаційної обізнаності причин виникнення різних ситуацій є інтенсивне впровадження комп'ютерної техніки й інформаційних технологій в засоби і системи управління силами і засобами ДСНС.

У процесі відпрацювання і прийняття рішення на проведення відповідних дій та заходів вивчається й аналізується весь комплекс елементів оперативної обстановки, що може вплинути на хід і ефективність проведення запланованих заходів.

Діяльність керівників відповідних підрозділів ДСНС при відпрацюванні рішення і плануванні дій та заходів об'єктивно сполучається із застосуванням методів кількісного аналізу, математичного прогнозування ефективності прийнятих рішень і плану проведення операції, що розробляється.

Кожний план і кожне рішення повинні спиратися на строго обґрунтовані дані, докладні і всебічні обчислювання щодо використання сил і засобів, на науковий прогноз можливого розвитку подій у ході можливих дій. Такий прогноз неможливо зробити без відповідних моделей операцій і прогнозування можливих наслідків застосування сил підрозділів ДСНС.

Математичне моделювання можливості виникнення тієї чи іншої ситуації, а також дій сил підрозділів ДСНС із використанням комп'ютерної техніки у короткі терміни завоювало популярність, а математичні моделі стали повсякденним робочим інструментом керівників відповідних підрозділів.

Водночас слід розуміти, що оперативно-технічні розрахунки не можуть дати і не дають готового рішення, не можуть замінити творчу діяльність керівників підрозділів, їхні знання і досвід. Вони лише допомагають у пошуку і виборі раціональних рішень, і в їхньому обґрунтуванні. Рішення завжди приймаються в умовах непевності, обумовленої неповною, неточною і не завжди достовірною інформацією. Тому не виключається, а навпаки припускається прояв керівниками відповідних підрозділів обґрунтованого і мінімально можливого ризику.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Математична модель - це наближений опис якогось класу явищ (об'єктів, процесів) зовнішнього світу, виражений за допомогою математичної символіки (тобто на мові математики). Інакше кажучи, це система математичних співвідношень, що описують досліджуваний об'єкт, процес або явище [7, 8, 9].

Створення конкретних моделей дій підрозділів ДСНС звичайно пов'язано з вирішенням специфічних алгоритмічних проблем пошуку окремих математичних моделей. Ці проблеми виникають із тієї причини, що кожному оригіналу в принципі може відповідати практично необмежена кількість математичних моделей взагалі, а практично потрібна одна конкретна модель зокрема. До тих пір поки рішення алгоритмічних проблем пошуку окремих моделей не знайдено, розробка самих моделей залишається мистецтвом. Якщо ж удається формалізувати пошук моделей - з'являється наука про моделі і, як результат, різке зниження вартості розробки моделей, підвищення їхньої якості і результативності застосування.

Основні вимоги до моделей дій підрозділів ДСНС представлені в [8]. Реалізація зазначених вимог у моделях дозволить врахувати основні фактори, що впливають на процес управління підрозділами ДСНС, і матиме практичну спрямованість щодо розробки і впровадження перспективних інформаційних засобів, моделей і задач, методик.

Постановка завдання та його вирішення. Для підрозділів ДСНС не можливе будь-яке експериментування над надзвичайними ситуаціями, тому особливого значення набуває математичне моделювання. Мета статті - розробка пропозицій щодо використання регресійних математичних моделей для прогнозування можливих завданих збитків внаслідок надзвичайних подій чи ситуацій та аналіз факторів, які суттєво впливають на них, з метою відпрацювання і прийняття обґрунтованих рішень щодо їх запобігання.

Нехай необхідно дослідити вплив на деякий показник y трьох факторів x_1, x_2, x_3 , а саме досліджуватимемо залежність завданих збитків внаслідок надзвичайних подій $y(i)$ від їх кількості $x_1(i)$, витрат на підготовку спеціалістів підрозділів ДСНС $x_2(i)$ та витрат на оснащення підрозділів ДСНС необхідними засобами ліквідації наслідків надзвичайних подій $x_3(i)$. Статистичні дані спостережень за деякий період в різних регіонах в умовних одиницях приведені в табл. 1.

Табл. 1. Статистичні дані спостережень за деякий період в різних регіонах

Номер регіону	$y(i)$	$x_1(i)$	$x_2(i)$	$x_3(i)$
1	15,70	5	1,40	5,10
2	17,34	6	1,58	6,00
3	21,57	4	1,98	7,00
4	33,50	10	2,10	7,10
5	32,30	10	2,30	7,90
6	37,90	12	3,40	6,60
7	40,78	17	3,10	4,10
8	48,02	20	3,80	3,80
9	43,30	19	4,30	3,23
10	40,57	21	4,70	4,54
11	52,14	23	4,90	5,68
12	55,17	29	4,50	9,51
13	59,18	30	4,70	14,00
14	52,22	36	5,10	10,00
15	77,58	48	4,80	15,70

В даному випадку вибіркова лінійна багатофакторна модель має такий вигляд:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_3 x_{3i} + e_i, \quad (1)$$

де b_i – оцінки невідомих параметрів; e_i – вектор випадкових величин (залишків або похибок) моделі.

Для отримання оцінок b_i застосовують метод найменших квадратів (МНК) на випадок багатофакторної регресії [2, 4, 5].

Вектор $B = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix}$ оцінок параметрів моделі знаходиться наступ-

ним чином [1, 6]:

$$B = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot Y, \quad (2)$$

де

$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{151} & x_{152} & x_{153} \end{pmatrix}$ - матриця, складена із вибірових значень неза-

лежних змінних з урахуванням коефіцієнта b_0 вибіркової моделі,

$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_{15} \end{pmatrix}$ - вектор вибірових значень залежної змінної.

В результаті одержимо:

$$B = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5,440766 \\ 0,718029 \\ 5,415417 \\ 0,608049 \end{pmatrix}.$$

З урахуванням цього прогнозне значення залежної змінної y при заданих значеннях незалежних змінних x_i визначається наступним чином:

$$\begin{aligned} y_{\text{прі}} &= b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_3 x_{3i} = \\ &= 5,440766 + 0,718029 \cdot x_{1i} + 5,415417 \cdot x_{2i} + 0,608049 \cdot x_{3i} \end{aligned}$$

Перевіримо значимість коефіцієнтів лінійної регресії для генеральної сукупності за допомогою критерію Ст'юдента з довірчою ймовірністю 0,95 (рівнем значимості $\alpha = 1 - 0,95 = 0,05$). Перевіримо значимість коефіцієнта β_1 для генеральної сукупності.

Висуваємо нуль-гіпотезу $H_0: \beta_1 = 0$, проти альтернативної гіпотези $H_1: \beta_1 \neq 0$. Далі знаходимо практичне значення статистики Ст'юдента: $t = |b_1/S_{b_1}| = |0,718029/0,28889| = 2,485476$. Табличне значення статистики Ст'юдента: $t_{табл} = t_{кр} = 2,200985$.

Так як $t > t_{кр}$, то нуль-гіпотеза відкидається, і приймається гіпотеза H_1 , що коефіцієнт β_1 в багатofакторній регресії статистично значимий, тобто змінна y залежить від незалежної змінної x_1 .

Аналогічно переконаємося в значимості коефіцієнта β_2 і незначимості коефіцієнта β_3 .

Таким чином, на підставі наявних статистичних даних можна стверджувати, що значення завданих збитків внаслідок надзвичайних подій в основному залежить від їх кількості $x_1(i)$ і витрат на підготовку спеціалістів підрозділів ДСНС $x_2(i)$ (від чого залежить в першу чергу їх фаховий рівень), а витрати на оснащення підрозділів ДСНС необхідними засобами ліквідації наслідків надзвичайних подій $x_3(i)$ (очевидно з врахуванням наявних засобів) поки що дозволяють проводити необхідні аварійні роботи щодо ліквідації наслідків надзвичайних подій.

Висновки. Розглянута можливість застосування регресійних математичних моделей для прогнозування надзвичайних подій з метою прийняття обґрунтованих рішень на подальші дії підрозділів ДСНС щодо ліквідації їх можливих наслідків. На прикладі прогнозування завданих збитків внаслідок надзвичайних подій на основі вибіркової лінійної багатofакторної моделі, побудованої за статистичними даними, вдалося проаналізувати основні фактори, які суттєво впливають на них. Це дасть можливість відповідним керівникам відпрацювати і прийняти рішення на проведення відповідних дій та заходів на їх запобігання в майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грубер Й. Економетрія: Вступ до множинної регресії та економетрії: У 2 т. – К. : Нічлава, 1988. – 250 с.
2. Джонсон Дж. Эконометрические методы. – М.: Статистика, 1980. – 444 с.
3. Економетрія. Навчальний посібник / О.Л. Ліщинський, В.В. Рязанцева, О.О. Юнькова. – К. : МАУП, 2003. – 208 с.
4. Иберла К. Факторный анализ /К. Иберла; пер. с нем. В.М. Ивановой. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.
5. Іванець Г.В. Методика вибору математичної моделі залежності економічних показників від інших чинників на основі статистичних даних в умовах часткової невизначеності / Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2013. – С. 50-55.

6. Іванець Г.В. Алгоритм підвищення точності прогнозу економічних показників на основі багатофакторної лінійної моделі за рахунок передбачення похибок моделі і уточнення оцінок параметрів її на основі зваженого методу найменших квадратів / Г.В. Іванець, Ю.І. Євдокименко, О.Л. Марченко, О.А. Наконечний // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2013. – С. 55-60.

7. Максим И.В. Математическое моделирование больших систем. – Минск: Высшая школа, 1985. – 120 с.

8. Советов Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – Высшая школа, 1985. – 272 с.

9. Холстед М.Х. Начала науки о программах. Перев. с англ. В.М. Юфи. – М: Финансы и статистика, 1981. – 128с.

10. Кодекс цивільного захисту України / Відомості Верховної Ради, 2013. – № 34-35. – ст. 458.

11. Емельянов В.М. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. – М., 2002. – С. 279-289.

Г.В. Иванец, Н.П. Букин, А.М. Игнатьев

Применение регрессионных математических моделей для прогнозирования нанесенного ущерба вследствие чрезвычайных ситуаций или событий

В статье рассмотрена возможность применения регрессионных математических моделей для прогнозирования нанесенного ущерба вследствие чрезвычайных ситуаций с целью анализа факторов, существенно влияющих на него.

Ключевые слова: чрезвычайное событие, математическая модель, многофакторная линейная регрессионная модель, метод наименьших квадратов (МНК), гипотеза, критерий Стьюдента.

G.V. Ivanets, N.P. Bukin, A.M. Ignatiev

Using regression mathematical models for prediction of damage due to emergencies or accidents

The article considers the possibility of using regression mathematical economic models to predict damage due to emergency for analysis of the factors influencing it.

Keywords: an emergency, a mathematical model, a multivariate linear regression model, least squares (OLS), the hypothesis, the student criterion.