

УДК 331.45

О.Є.Кружилко¹, К.Н.Ткачук², К.К.Ткачук², Ю.О.Полукаров²¹ННДПБООП²НТУУ „КПІ”

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

В статті розглянуто основні переваги та недоліки застосування регресійного аналізу для застосування завдань управління охороною праці. Обґрунтовано доцільність використання методу проективного градієнту для моделювання показників охорони праці підприємства.

Ключові слова: математичне моделювання, охорона праці, планування.

Вступ. Традиційно для оцінки стану охорони праці (ОП) на підприємствах різних галузей використовуються окремі показники, що характеризують рівень травматизму, професійної захворюваності тощо. Такий підхід не дозволяє отримати комплексну оцінку стану ОП та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Як наслідок, планування заходів, що спрямовані на поліпшення стану охорони праці на підприємствах відбувається з використанням найпростіших математичних моделей, які в переважній більшості випадків не дозволяють оцінити наслідки реалізації цих заходів. Тому при прийнятті управлінських рішень переважають суб'єктивні оцінки, засновані на досвіді вирішення аналогічних задач та інтуїції керівників та фахівців з охорони праці. Аналіз наукових публікацій свідчить, що протягом останніх років застосування методів статистичного аналізу (насамперед, регресійного аналізу) здобуло значного поширення для моделювання показників охорони праці [1 - 3].

Актуальність досліджень. Питання комплексної оцінки стану охорони праці на підприємствах залишається актуальними, оскільки відсутні загальноприйняті методики побудови математичних моделей для сфери охорони праці та відповідне програмне забезпечення.

Викладення основного матеріалу досліджень. Для застосування методу проективного градієнту необхідно сформулювати масив статистичних даних у вигляді таблиці (табл. 1).

Таблиця 1.

Масив статистичних даних для моделювання показника Y

№ періоду	X ₁	...	X _n	Y
1	x ₁₁	...	x _{n1}	y ₁
...
m	x _{1m}	...	x _{nm}	y _m

В результаті буде отримана математична модель показника Y у вигляді поліному:

$$Y = F(X) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} X_i X_j + \dots, \quad (1)$$

де Y - вихідна змінна (показник); X_i, X_j - вхідні змінні (чинники); a₀, a_i, a_{ij} - постійні коефіцієнти моделі; n - кількість чинників, що враховуються.

Незважаючи на переваги застосування регресійного аналізу, цей метод не дозволяє враховувати певні обмеження, що накладаються на постійні коефіцієнти математичних моделей. Це означає, що отримана за результатами обробки масивів статистичних даних математична модель не завжди може використовуватись для моделювання показника стану охорони праці, незважаючи навіть на високу точність апроксимації. Основна причина такого становища полягає у невідповідності математичного виразу отриманої моделі фізичному змісту впливу чинників на модельований показник.

Розглянемо це твердження на прикладі умовного підприємства. Нехай зібрані статистичні дані про стан окремих чинників (кількість нещасних випадків (НВ), кількість днів непрацездатності в результаті НВ, кількість виявлених та усунутих порушень нормативних актів з ОП) та одного з показників стану охорони праці, систематизовані по кварталах та занесені в таблицю (табл. 2).

Таблиця 2.

Масив початкових даних, що характеризують стан охорони праці умовного підприємства

№ періоду	Кількість НВ X_1	Кількість днів непрацездатності X_2	Кількість порушень вимог нормативних актів з ОП (попередній період) X_3	Обсяги фінансування заходів з ОП, тис. грн. (попередній період) X_4	Збитки з ОП, тис. грн. Y
1.	3	45	8	6,5	7,5
2.	1	4	6	1,0	3,6
3.	1	25	5	5,6	4,7
4.	2	36	0	4,0	4,5
5.	0	0	4	0,5	1,5
6.	2	11	6	3,8	5,6

З використанням регресійного аналізу отримана математична модель, що встановлює залежність збитків з ОП від чинників, що впливають:

$$Y = 1,01 + 1,34 \cdot X_1 - 0,02 \cdot X_2 + 0,12 \cdot X_3 + 0,39 \cdot X_4, \quad (2)$$

де X_1 , X_2 , X_3 , X_4 – чинники, що апроксимують відповідно кількість НВ, кількість днів непрацездатності, кількість порушень вимог нормативних актів з ОП, обсяги фінансування заходів з ОП (тис. грн.).

Точність отриманої моделі, розрахована за коефіцієнтом множинної кореляції, становить 0,997. Проте, незважаючи на високу точність отриманої моделі, її використання буде проблематичним через невідповідність математичного змісту реальному впливу чинників на модельований показник. Проаналізуємо отриману модель та сформулюємо основні її недоліки.

По-перше, збільшення значення чинника X_2 , який апроксимує кількість днів непрацездатності постраждалих в результаті НВ, викликає зменшення показника Y , який апроксимує збитки з ОП. Не викликає сумніву, що таке становище неможливе.

По-друге, збільшення значення чинника X_4 , який апроксимує обсяги фінансування заходів з ОП, викликає збільшення показника Y (тобто, чим більше фінансуємо, тим більше втрачаємо), що не може відповідати дійсності.

По-третє, якщо моделювати ситуацію, коли підприємство не функціонує протягом будь-якого періоду часу (тобто значення всіх чинників X_1 , X_2 , X_3 , X_4 дорівнює нулю), очевидно, що показник Y прийме значення 1,01. Очевидно, що така ситуація також не може вважатися адекватною реальним умовам.

Отже, регресійний аналіз не може бути застосований як універсальний метод моделювання показників стану охорони праці, оскільки не дозволяє врахувати обмеження, що накладаються на величини постійних коефіцієнтів a_0 , a_i , a_{ij} (див. формулу (1)).

Виходячи з проведеного аналізу сформульовані основні вимоги до математичного апарату моделювання показників стану охорони праці. При розрахунку коефіцієнтів моделі a_0 , a_i , a_{ij} повинні враховуватись обмеження, що на них накладаються відповідно до фізичної природи чинників. Для розглянутого прикладу такими обмеженнями буде система нерівностей:

$$\begin{cases} a_0 = 0; \\ a_1, a_2, a_3 \geq 0; \\ a_4 \leq 0. \end{cases} \quad (3)$$

Слід зауважити, що застосування регресійного аналізу не дозволяє врахувати сформульовані обмеження. Отже, для побудови математичних моделей, які б відповідали цим обмеженням розроблено алгоритм методу проективного градієнту [4], адаптованого до вирішення поставленої задачі. Основні етапи алгоритму розрахунків наведено на рис. 1.

В результаті розрахунків за методом проективного градієнту з використанням даних таблиці 2 встановлена така залежність показника збитків з ОП від множини чинників, що впливають:

$$Y = 0,74 \cdot X_1 + 0,07 \cdot X_2 + 0,41 \cdot X_3. \quad (4)$$

Згідно з отриманою моделлю можна стверджувати, що зростання чинників X_1 , X_2 , X_3 призводить до зростання показника Y , що відповідає дійсності. Разом з тим чинник X_4 не має істотного впливу на модельований показник, що також можна пояснити тим, що, враховуючи особливості конкретного виробництва, достатньо своєчасно усувати виявлені порушення нормативних актів з охорони праці та реалізовувати інші працезохоронні заходи, які не завжди вимагають фінансування.

Висновки.

За результатами проведених досліджень отримано такі висновки.

1. Застосування методу проективного градієнту виправдано в тих випадках, коли є необхідні статистичні дані про стан охорони праці, а також визначені обмеження, що накладаються на постійні коефіцієнти моделі.

2. При враховується великої кількості чинників, характер їх впливу на модельований показник не очевидний, отже для обґрунтування визначення обмежень на постійні коефіцієнти моделі слід залучити експертів.

3. Для автоматизації розрахунків в процесі побудови моделей необхідно розроблення спеціалізованого програмного забезпечення.

1. Ступницька Н.В. Підвищення ефективності планування заходів запобігання виробничому травматизму на підприємствах машинобудування: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.26.01. - К.: 1999. - 19с.
2. Ткачук С.П. Использование аппарата математического моделирования в системе управления охраной труда // Охрана труда. - 1999. - № 5. - С.37-38.
3. Кружилко О.Є., Полукаров Ю. О., Майстренко В.В. Методика застосування регресійного аналізу для моделювання показників умов праці зварювального виробництва // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – Житомир: ЖДТУ. – 2004. – Вип.. IV (31), том II. С. 197-204.
4. Ляшенко И.Н., Карагодова Э.А., Чернигова Н.В., Шор Н.З. Линейное и нелинейное программирование. – К.: Высшая школа, 1975 – 372с.