

А. П. Деньгін, канд. техн. наук, О. Є. Кружилко, д-р техн. наук (ДУ «ННДІПБОП»),
М. О. Радіонов (Держгірпромнагляд України)

УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЕРЖАВНОГО НАГЛЯДУ

Вступ. Незважаючи на активне впровадження в Держгірпромнагляді України (далі – Держгірпромнагляд) сучасних інформаційних технологій, слід відзначити, що в сфері охорони праці донедавна використовувались окремі інформаційні системи, а також спрощений математичний апарат для розрахунків основних показників, які не задовольняли зростаючих інформаційних потреб керівників та фахівців. Водночас, як свідчить практика, планування наглядової діяльності необхідно будувати з урахуванням моделювання показників виробничого травматизму та прогнозування результатів прийнятих управлінських рішень.

У відомих на цей час дослідженнях аналізуються лише окремі характеристики зовнішніх причин, що не дозволяє виконувати комплексне оцінювання впливу на травматизм усього спектру виробничих та соціально-економічних факторів, а це негативно позначається на результатах аналізу. Експертні дослідження також не можуть забезпечити отримання достатньо обґрунтованих та об'єктивних оцінок. Тому наразі питання виявлення та оцінювання впливу зовнішніх причин на виробничий травматизм залишається актуальним [1].

Об'єкт дослідження. У наукових публікаціях неодноразово розглядалися питання оцінки результатів наглядової діяльності, а також можливості застосування результатів математичного моделювання для підвищення ефективності вирішення завдань управління охороною праці на різних рівнях [2, 3]. Наприклад, коли наявні необхідні статистичні дані, що дозволяють побудувати математичну модель залежності показника травматизму від єдиної змінної – часу, пропонується розрахувати прогнозне значення цього показника та використати його для оцінки наглядової діяльності. Якщо точність побудованої моделі виявиться задовільною, така модель може використовуватись для аналізу стану охорони праці. У разі, якщо прогнозне значення перевищить фактичне, слід зробити висновок про задовільний стан справ з охорони праці, в іншому разі необхідно провести аналіз причин травматизму, опрацювати та реалізувати превентивні заходи та заходи державного нагляду.

Початкові дані для математичного моделювання мають вигляд таблиці, перший стовпець – модельований показник (Y), інші стовпці – чинники, що мають вплив на показник: X_1, \dots, X_n , де n – кількість

чинників, що враховуються. Рядками таблиці є інтервали часу, за які зібрано дані про травматизм і наглядову діяльність. Елементами таблиці є значення, які мали показник і чинники у відповідні інтервали часу. Масив початкових даних показаний у вигляді таблиці (табл. 1).

Таблиця 1

Масив початкових даних для математичного моделювання

Показник	Чинники		
Y	X_1	...	X_n
y_1	x_{11}	...	x_{1n}
...
y_m	x_{m1}	...	x_{mn}

Практичне застосування регресійно-кореляційного аналізу для моделювання показників травматизму та наглядової діяльності, насамперед, передбачає оцінку щільності зв'язку між модельованим показником та чинниками, що на нього впливають. Слід розглядати два типи зв'язків залежно від їх характеру: функціональний та кореляційний. При функціональному зв'язку певному значенню показника відповідає значення чинника (групи чинників). Ця залежність може бути виражена певною аналітичною функцією (математичною моделлю).

При кореляційному зв'язку не існує строгої відповідності між значеннями показника та чинника у кожному конкретному випадку. В результаті застосування кореляційного аналізу з подальшого розгляду виключені ті чинники, що не мають істотного впливу на досліджуваний показник [2]. Для цього необхідно розрахувати коефіцієнти парної кореляції $R_{X_i Y}$, які встановлюють щільність зв'язку між показником Y та чинниками X_i . Коефіцієнт кореляції між показником Y та чинником X_i розраховується за формулою:

$$R_{X_i Y} = \frac{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_i) \cdot (y_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

де \bar{x}_i, \bar{y} – середні значення чинника X_i та показника Y , які визначаються відповідно:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{m} \sum_j x_{ij}, \quad \bar{y} = \frac{1}{m} \sum_j y_j. \quad (2)$$

Множину чинників (див. табл. 1) необхідно відсортувати у порядку спадання значень коефіцієнтів кореляції R_{X_iY} . Максимально припустимим числом чинників для побудови математичних моделей буде $m-1$, тобто з відсортованої множини даних відбираються перші $m-1$ чинники, решта виключається з подальшого розгляду. Побудова математичних моделей здійснюється методом регресійно-кореляційного аналізу. При цьому будується множина моделей з ітераційним збільшенням кількості членів поліному:

$$Y = a_0 + a_1X_1; \dots Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_iX_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}X_iX_j + \dots \quad (3)$$

Точність апроксимації побудованих моделей (Δ_A^i) оцінюється за середнім модулем відхилення фактичного та розрахункового значень модельованого показника (взятого у відсотках):

$$\Delta_A^i = 100 - \delta_A^i, \quad (4)$$

де δ_A^i – помилка апроксимації при використанні i -ї моделі (у відсотках):

$$\delta_A^i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \left| \frac{y_j - y_j^i}{y_j} \right| \cdot 100\%, \quad (5)$$

де y_j, y_j^i – відповідно фактичне та розрахункове значення показника, отримане з використанням i -ї моделі підмножини Y' .

Із множини побудованих обирається модель, яка має найбільшу точність.

Розглянемо приклад практичної реалізації запропонованого підходу. З використанням інформаційних систем, які здійснюють збір та оброблення даних про виробничий травматизм (кількість травмованих зі смертельним наслідком у нещасних випадках, без урахування аварій) та наглядову діяльність в одному з найбільш травмонебезпечних регіонів України (а саме, на суб'єктах господарювання піднаглядних територіальному управлінню Держгірпромнагляду у Донецькій області), отримано масиви статистичних даних у найбільш травмонебезпечних областях України, згрупованих за місяцями 2013 року.

Для зібраних даних проведено розрахунок коефіцієнтів парної кореляції за формулою (1), результати автоматизованого розрахунку подано на рис. 1. Встановлено, що найбільший вплив на рівень травматизму (коефіцієнт кореляції перевищує 0,5) мають такі показники наглядової діяльності: P_{20} (кількість відпрацьованих інспекторами людино-днів, усього); P_{21} (у тому числі: витрачено на проведення перевірок); P_{23} (витрачено на роботу з правоохоронними органами);

P_{26} (усунено за звітний період порушень нормативно-правових актів з питань охорони праці та промислової безпеки); P_{41} (кількість проведених перевірок місцевих органів виконавчої влади та місцевого самоврядування).

Дані	Нормальність		Параметри			
KSM	P41 0.57	P21 0.56	P20 0.55	P26 0.54	P23 0.50	
9,00	6,00	4192,00	5683,00	36381,00	8,00	
5,00	0,00	4148,00	5250,00	38423,00	18,00	
9,00	0,00	4092,00	5034,00	37409,00	9,00	
8,00	8,00	4146,00	5410,00	36714,00	20,00	
4,00	0,00	3489,00	4520,00	34101,00	6,00	
6,00	4,00	3535,00	4583,00	32422,00	22,00	
10,00	4,00	3934,00	5635,00	36892,00	45,00	
7,00	4,00	3810,00	5369,00	33463,00	3,00	
2,00	0,00	3752,00	5166,00	32926,00	3,00	

Рис. 1. Результати обробки статистичних даних

У результаті оброблення статистичних даних отримано математичну модель, що встановлює залежність рівня виробничого травматизму зі смертельним наслідком від показників наглядової діяльності:

$$K_{sm} = -494,6229 + 0,9444 \cdot P_{41} + 0,0862 \cdot P_{20} + 0,0150 \cdot P_{26} - 0,2815 \cdot P_{23} + 0,1660 \cdot P_{41} \cdot P_{23} - 0,0209 \cdot P_{41} \cdot P_{41} \cdot P_{23}, \quad (6)$$

де K_{sm} – кількість смертельно травмованих в результаті нещасних випадків у Донецькій області протягом перших 9 місяців 2013 року.

Точність апроксимації математичної моделі (6), розрахована за формулою (4), становить 98,5 %, що є достатньо високим показником. Графічне зображення початкових даних та результатів моделювання подано на рис. 2.

Таким чином, результати проведених теоретичних досліджень дозволяють припустити наявність взаємного впливу між показниками наглядової діяльності та виробничого травматизму. Кількісна оцінка такого впливу може бути визначена з використанням математичного моделювання на основі оброблення статистичних даних. Для оперативного визначення цього впливу необхідно розробити спеціалізовану інформаційно-аналітичну систему.

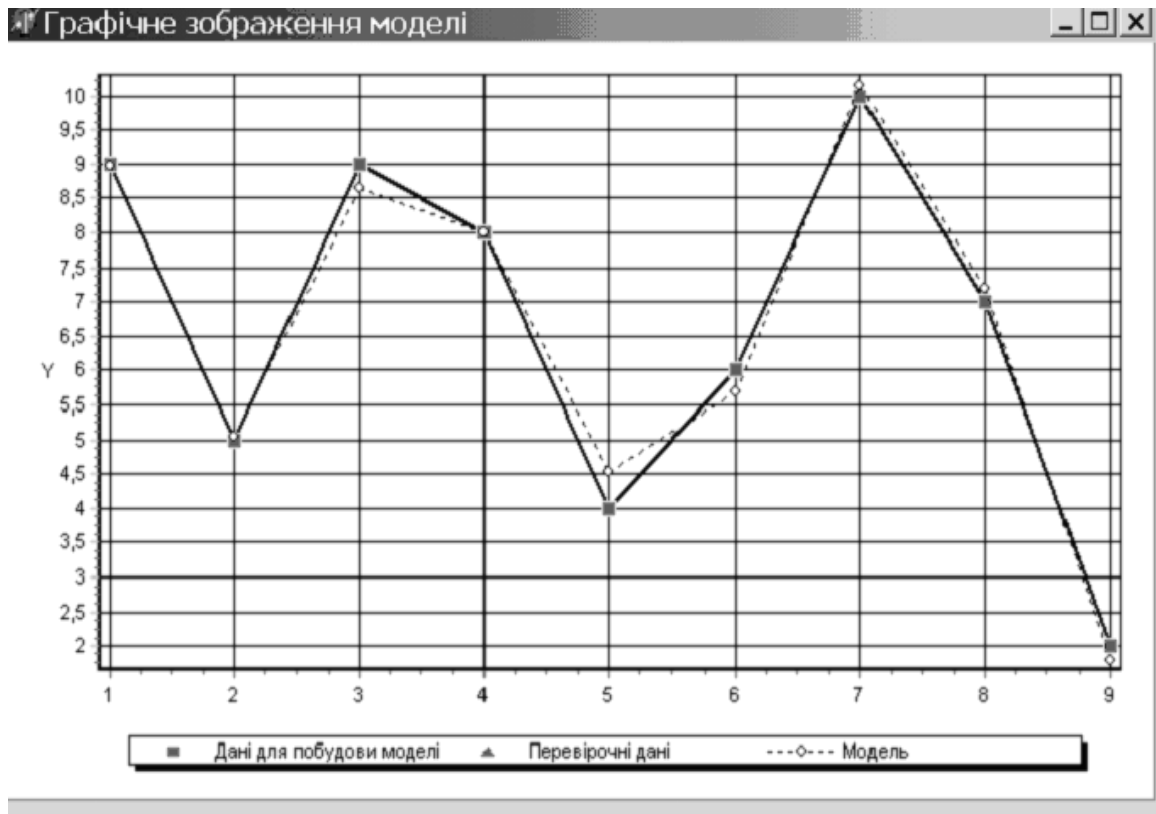


Рис. 2. Графічне зображення початкових даних та результатів моделювання

Висновок. Систему державного нагляду в сфері охорони праці можна розглядати як складну динамічну організаційну систему, що вміщує потужні механізми саморегулювання, раціональне використання яких передбачає виявлення та математичне визначення основних закономірностей її функціонування. Практичне застосування виявлених закономірностей та кількісних оцінок впливу показників наглядової діяльності на рівень виробничого травматизму дозволить підвищити рівень інформаційно-аналітичного забезпечення та вдосконалити організацію державного нагляду за охороною праці та промисловою безпекою.

Список літератури

1. Ткачук К. Н. Застосування інформаційних систем в галузі охорони праці: [науково-методичний посібник] / К. Н. Ткачук, О. Є. Кружилко, Н. А. Праховнік. – К. : Експодата, 2004. – 186 с.

2. Водяник А. О. Методологічні основи врахування фактора ризику в профілактиці виробничого травматизму: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / А. О. Водяник, ННДПБОП. – К., 2008. – 36 с.

3. Кружилко О. Є. Наукові засади оперативного управління охороною праці: дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / О. Є. Кружилко, ДУ «ННДПБОП». – К., 2011. – 320 с.

Дата подання статті до збірника – 12.03.2014 р.