

OCCUPATIONAL INJURIES PREDICTION IN FOOD INDUSTRY

O. Evtushenko

National University of Food Technologies

O. Borisenko, A. Litvinenko, A. Vodyanik

National Technical University of Ukraine «Kyiv Politechnical Institute»

Key words:

Labor safety and hygiene
Injury risk
Danger
Workplace
Method
Occupational injury

Article history:

Received 20.05.2013
Received in revised form
28.05.2013
Accepted 15.06.2013

Corresponding author:

E-mail:
big-evtushenko@bigmir.net

ABSTRACT

The article contains the review analyzed methods, which are used for the forecasting of occupational injury risk. Results of the forecast methods analysis show their inability for processing of different statistical data with significant errors. One of perspective scientific directions for increasing general production safety is the injury risk forecasting, which is connected to the production process. The analysis of these forecasting methods illustrates the necessity of their improving with aim to assign all complex of injury risks at an enterprise. In this work, general model of injury risk is developed, and, instead of other models, the developed method covers all specters of production and social-economic factors, and it is based on a scheme of accident appearance. This approach allows the analysis of direct cause-and-effect connections taking place in injury process. The main and latent reasons of occupational injury are identified, as well as the sorts of events causing an accident, based on annual reports.

ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

О.В. Євтушенко

Національний університет харчових технологій

А.О. Водяник, А.Д. Борисенко, А.М. Литвиненко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

У статті розглянуто та проаналізовано існуючі методи прогнозування ризику виробничого травматизму. Для прогнозування виробничого травматизму у роботі використано метод головних компонент, завдяки основним властивостям якого забезпечується мінімальна похибка прогнозу.

Ключові слова: *виробничий травматизм, безпека праці, метод найменших квадратів (МНК), метод групового врахування аргументів (МГВА), багатофакторне прогнозування, комбінований прогноз.*

Постановка проблеми. Прогнозування небезпеки травмування охоплює науковий аналіз закономірностей розвитку процесів чи явищ, оцінку тенденції їх розвитку в майбутньому з урахуванням вже накопиченого досвіду [1].

Аналіз методів прогнозування безпосередньо пов'язаний з їх класифікацією. Відомі класифікації, запропоновані Є. Янчем, Г. Тейлом, І. Бестужевим-Ладой та інші. У відповідності з цими класифікаціями за ступенем формалізації всі методи прогнозування діляться на інтуїтивні і формалізовані [2]. При цьому, у залежності від загальних принципів дії інтуїтивні методи прогнозування включають індивідуальні експертні оцінки та колективні експертні оцінки [3].

При використанні експертних оцінок звичайно передбачається, що думка групи експертів надійніша за думку окремого експерта [3]. Методи колективних експертних оцінок отримали дуже велике поширення й, по суті, проникли у всі головні розробки, які відносяться до передбачень науки, техніки, соціології.

При всіх позитивних особливостях методів опитування експертів у них в останній час проявились серйозні недоліки, які особливо чітко виступають на тлі їх масового застосування. Експерти не завжди об'єктивні: способи обробки занадто усереднюють думки експертів, включаючи усереднення необ'єктивних даних. Спостерігаються випадки, коли при наявності відносно високого коефіцієнта конкордації, який відповідає добре узгодженій думці, прогноз в цілому є помилковим [3].

Клас формалізованих методів в залежності від загальних принципів дії можна поділити на групи: екстраполяційних, системно-структурних, асоціативних методів та методів випередження інформації.

До групи методів прогнозу екстраполяції можна включити методи найменших квадратів, експоненційного вирівнювання, імовірного моделювання та адаптивного згладжування. Суть цих методів докладно розкрита в працях [2 – 4]. До групи системно-структурних методів можна віднести методи функціонально-ієрархічного моделювання, структурної аналогії. Асоціативні методи можна розділити на методи імітаційного моделювання та історико-логічного аналізу. У групу методів випередження інформації включаються методи аналізу потоків публікацій, оцінки значення винаходів та аналізу патентної інформації [4]. В методичному плані основним інструментом будь-якого прогнозу є схема екстраполяції. Розрізняють формальну та прогнозну екстраполяцію. Формальна базується на припущенні про збереження в майбутньому минулих і теперішніх тенденцій розвитку об'єкта прогнозу. А при прогнозній екстраполяції фактичний розвиток пов'язується з гіпотезами про динаміку досліджуваного процесу з урахуванням його фізичної та логічної суті.

Метою роботи є — удосконалення методів прогнозування ризиків виробничого травматизму.

Об'єкт дослідження — явище виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості.

Предмет дослідження — методи прогнозування ризиків виробничого травматизму на підприємствах харчової промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основу екстраполяційних методів складає вивчення часових рядів, які являють собою упорядкований за часом набір тих чи інших характеристик об'єкта або процесу, що вивчається.

Часовий ряд може бути поданий у такому вигляді $Y_t = X_t + E_t$, де X_t — детермінована не випадкова компонента, яка називається трендом; E_t — стохастична випадкова компонента процесу з нульовою середньою та кінцевою дисперсією (не обов'язково постійною).

Якщо детермінована компонента (тренд) X_t характеризує існуючу динаміку розвитку процесу в цілому, то стохастична компонента E_t відображає випадкові коливання або шуми процесу. Обидві складові процесу визначаються функціональним механізмом, який характеризує їх поведінку в часі. Завдання прогнозу полягає у визначенні відповідного виду екстраполяційних функцій X_t та E_t на основі початкових емпіричних даних.

Першим етапом екстраполяції тренда є вибір оптимального виду функції, яка описує емпіричний ряд. Для цього проводиться попередня обробка та перетворення початкових даних з метою полегшення вибору виду тренда шляхом згладжування та вирівнювання часового ряду, визначення функцій диференційного зростання, а також формального та логічного аналізу особливостей процесу.

Згладжування рядів динаміки здійснюється шляхом збільшення інтервалу та застосуванням плавної середньої. Ці методи та їх модифікації достатньо добре описані [5]. Їх позитивною стороною є простота та наочність, в той же час ці методи мають і недоліки: викривлення виду тенденції, складність обґрунтування вибору проміжку згладжування, втрата декількох рівнянь для знаходження апроксимованих функцій ряду і тому подібне.

Наступним етапом є розрахунок параметрів вибраної екстраполяційної функції. Найбільш розповсюдженими методами оцінки параметрів залежностей є метод найменших квадратів (МНК) та його модифікацій, метод експоненційного згладжування, методи імовірнісного моделювання і адаптивного вирівнювання.

Складним моментом одержання прогнозу за допомогою МНК є оцінка достовірності одержаного результату. З цією метою використовують низку статистичних характеристик:

- середнє значення, яке вираховується як сума всіх значень, поділена на їх кількість;
- середньоквадратичне або стандартне відхилення, яке показує, наскільки вибіркові значення розкидані відносно середнього;
- дисперсія, яка являє собою квадрат стандартного відхилення;
- похибка середнього, яка характеризує точність його обчислення з урахуванням величини розподілу вибіркових значень;
- допустимий інтервал для деякої вибіркової оцінки, який показує той діапазон значень, у який з допустимою імовірністю, близькою до одиниці (0,90 – 0,95), потрапляє істинне значення характеристики, яку ми оцінюємо;
- коефіцієнт кореляції, який відображає взаємозв'язок між рівнями різних рядів або взаємозв'язок між коливаннями рівнів ряду, які викликані дією як випадкових, так і постійних факторів ($0 < R < 1$);
- F — критерій Фішера, який визначає рівень значущості розрахованого кореляційного відношення та зрівнюється з табличним F-розподілом для різноманітних комбінацій ступенів свободи.

Якщо всі перераховані умови в однаковій мірі задовольняють декілька моделей, то перевага надається більш простим аналітичним виразам.

МНК широко застосовується для одержання конкретних прогнозів, що пояснюється його простотою та легкістю реалізації на ЕОМ. Недоліком методу є те, що модель тренда жорстко фіксується і з допомогою МНК можна одержати надійний прогноз, але не на великий період упередження (короткострокове прогнозування). А також одержані за допомогою МНК оцінки необхідно корегувати на кожному кроці надходження інформації.

Метод експоненційного вирівнювання є узагальненням методу найменших квадратів. Головна перевага методу полягає у простоті розрахункових операцій, у гнучкості опису різних динамік процесів. Метод експоненційного вирівнювання дає можливість отримати оцінку параметрів тренду, які позначають не середній рівень процесу, а тенденцію, яка склалася на час останнього спостереження. Для методу експоненційного вирівнювання головним та найбільш важким моментом є вибір параметру згладжування α , початкових умов та ступеня прогнозуючого поліному.

Прогнозування з використанням імовірних моделей базується на експоненційному згладжуванні. Імовірні моделі за своєю суттю відмінні від екстраполяційних моделей часового ряду, в яких основою є описування змін процесу в часі. В часових рядах моделі являють собою деяку функцію часу з коефіцієнтами, значення яких оцінюються за спостереженнями. В імовірних моделях оцінюють імовірність, а не коефіцієнти.

Узагальненням звичайного експоненційного згладжування є так зване адаптивне вирівнювання. Цей метод дає можливість вирівнювати та прогнозувати ряди з довільною динамікою. При наявності достатньої інформації можна одержати надійний прогноз на інтервал більший, ніж при звичайному експоненційному вирівнюванні, але це при дуже довгих рядах. На жаль, для даного методу не існує суворої процедури оцінки необхідної або достатньої довжини початкової інформації, а також для кінцевих рядів не існує конкретних умов оцінки точності прогнозу. Тому для них використовують спосіб одержання дуже наближеного прогнозу, тим більше, що в багатьох випадках у реальній практиці зустрічаються ряди, які вміщують більше 20 – 30 точок.

Для довгих часових рядів цей метод є більш точним та надійним, але для коротких та середніх рядів точність прогнозу не висока. Цим і визначається можливість його використання в реальній практиці.

На сьогодні великої популярності для конкретних завдань прогнозування набуває метод групового врахування аргументів (МГВА), який уявляє собою подальший розвиток методу регресійного аналізу. Він заснований на деяких принципах теорії навчання та самоорганізації, а саме на принципі «селекції», або спрямованого відбору. Важливою перевагою методу групового врахування аргументів порівняно з регресійним аналізом є можливість отримання класу моделей заданої точності, що дозволить у майбутньому відібрати одну, яка відповідатиме вимогам конкретного дослідження [2]. Однак, при цьому методі відсутня методика аналізу загального вигляду отриманої моделі та встановлення адекватності отриманої моделі масиву статистичних даних.

При дослідженні виробничого травматизму, як складного соціально-економічного явища, приходиться розглядати не один динамічний ряд, а паралельно декілька рядів. Тому для аналізу та прогнозу бажано використовувати багатофакторне прогнозування, як один з найбільш сучасних методів прогнозу [4 – 6]. Багатофакторні регресійні моделі дають змогу оцінювати вплив на досліджувану результативну ознаку кожного окремого із включених у рівняння факторів при фіксованому значенні інших факторів. Але застосування цього та інших розглянутих методів аналізу та прогнозу ускладнене з низки причин.

По-перше, складно із множини взаємопов'язаних факторів цього явища виділити, які з них є результативними, а які факторними. Конкретних причин виробничого травматизму та захворюваності, особливо на підприємствах харчової промисловості [7 – 10] багато, при цьому визначення причинно-наслідкових зв'язків є досить непростим. Цими дослідженнями ще ніхто в потрібному обсязі не займався.

По-друге, аналіз виробничого загального та смертельного травматизму на харчових підприємствах [7 – 10] показує, що вплив багатьох факторів (соціальних, технічних, суб'єктивних та інших) на показники виробничого травматизму приводить до складних залежностей, які не в повній мірі піддаються математичному аналізу та прогнозу. Але можливе визначення кількісного впливу різних факторів (їх ранжирування) на показники травматизму, як одного із критеріїв рівня безпеки праці на основі побудови багатофакторних регресивних моделей [11].

По-третє, навіть якщо задовільний прогноз з окремих показників був би одержаний, то він є тільки основою для вироблення управлінських дій, які направлені на зниження показників травматизму. Тобто обґрунтований прогноз через деякий час сам себе спростовує.

Проведені дослідження показали, що для аналізу та короткострокового на 1 – 3 роки прогнозу виробничого травматизму доцільно використовувати розповсюджені та легкі у реалізації з обчислювальної точки зору методи прогнозування по одному ряду динаміки на основі простої регресії (МНК). Враховуючи інертність вироблення і здійснення управлінських дій, одержаний прогноз основної тенденції розвитку явища може задовольняти. З одержанням нових початкових даних (Н-1, 7-ТНВ) попередній прогноз можна корегувати на 1 рік вперед. Для середньострокового (3 – 5 р.) прогнозу та виявлення причинно-наслідкових зв'язків травматизму доцільно використовувати багатофакторний аналіз і прогноз. Для довгострокового прогнозу доцільно використовувати комбінований прогноз, заснований на синтезі прогнозних оцінок.

У формалізованому вигляді задача прогнозу ризику виробничого травматизму полягає у відшуканні множини показників, за якими оцінюється рівень виробничого травматизму, на основі множини інформаційних даних, що використовуються при формуванні управлінських рішень з урахуванням обмежень та вартості заходів, що виконуються.

При цьому оптимальне рішення, подається як підмножина з загальної множини дій, яка забезпечує мінімальне значення показника виробничого травматизму на деякий момент прогнозу $t + \Delta t$ при припустимих загальних витратах на заходи щодо попередження травматизму.

$$Y^{t+\Delta t} = f(X^t(Z), Q, C) \quad (1)$$

Y — множина показників, за якими оцінюється рівень виробничого травматизму; X — множина інформаційних даних, що використовуються при формуванні управлінських рішень; Z — множина обмежень; Q — множина управлінських рішень, припустимих у рамках визначеного типу задачі; C — вартість заходів щодо запобігання травматизму.

Вибір оптимального рішення на основі прогнозу:

$$q_{opt} = q_j; y_j^{t+\Delta t} = \min_i (y_i^{t+\Delta t}) \quad y_j^{t+\Delta t} \leq y_{\Gamma}^{t+\Delta t} \quad C_j \leq C_{\Gamma} \quad (2)$$

q_{opt} — оптимальне управлінське рішення; $y_j^{t+\Delta t}$, $y_{\Gamma}^{t+\Delta t}$ — відповідно прогнозоване та граничне (планове) значення показника травматизму в момент $t + \Delta t$; C_j, C_{Γ} — відповідно прогнозовані та граничні (припустимі) витрати на реалізацію заходів щодо попередження травматизму.

Під ризиком виробничого травматизму у роботі розуміється кількісна міра прояву небезпеки нещасного випадку на виробництві. При цьому, загальна модель ризику виробничого травматизму може бути подана у вигляді суми добутку наслідків нещасного випадку на ймовірність його появи за кількістю нещасних випадків.

$$R = \sum_{i=1}^n S_i P_i, \quad (3)$$

де S_i — наслідки нещасного випадку; P_i — ймовірність (частота) нещасного випадку; n — кількість нещасних випадків.

Загальний ризик нещасних випадків на виробництві можна подати у вигляді суми складових (4).

$$R = R_c + R_{инв} + R_{тп} + R_{мтп}, \quad (4)$$

де R_c — ризик смерті; $R_{инв}$ — ризик інвалідності; $R_{тп}$ — ризик травми; $R_{мтп}$ — ризик мікротравми.

Для аналізу безпосередніх причинно-наслідкових зв'язків, що мають місце в процесі травмування, у дисертації використана схема виникнення нещасного випадку, яка пов'язує вид події з причиною нещасного випадку, на основі статистичних даних про безпосередні причини виробничого травматизму (рис. 1).

Основним офіційним джерелом для узагальнених оцінок причин виробничого травматизму в Україні є форми державної статистичної звітності (№ 7-тнв). Вищезазначені форми статистичної звітності дають змогу виділити 16 основних причин нещасних випадків і 15 видів травматичних подій, які традиційно аналізуються окремо, незалежно одні від інших.

Специфіка статистичної інформації про причини травматизму та види подій, що призводили до нещасних випадків полягає в тому, що виконується умова замкнутості (5), тобто загальний ризик травмування R^t дорівнює сумі

ризиків (ймовірностей травмування) за причинами або сумі ризиків нещасного випадку (ймовірностей травмування) за видами подій.

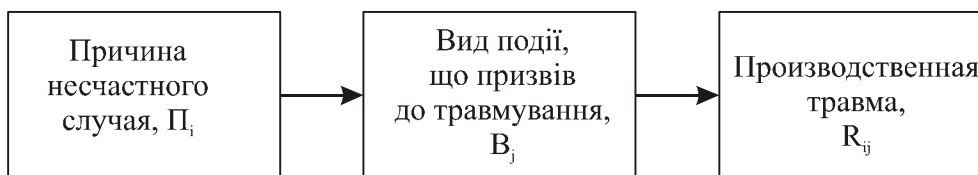


Рис.1. Схема виникнення нещасного випадку, що відображається статистичними даними про безпосередні причини виробничого травматизму

$$R^t = \sum_{i=1}^{16} P(\Pi_i^t) = \sum_{j=1}^{15} P(B_j^t), \quad (5)$$

Для розрахунку умовної ймовірності використовується формула Байєса (6 – 7), яка дає можливість сформулювати матрицю ризиків травмування (8).

$$P_{\Pi}(B_j) = \frac{P(B_j)P_{B_j}(\Pi_i)}{P(\Pi_i)}. \quad (6)$$

$$P_{\Pi_i}(B_j) = \frac{P(B_j)P(\Pi_i)}{\sum_{i=1}^n P(\Pi_i)}. \quad (7)$$

За формулою (7) виконуються розрахунки матриці ризиків травмування на виробництві. Така матриця має вигляд:

$$R_{ij}^t = \begin{vmatrix} R_{\Pi_1 B_1} & R_{\Pi_2 B_1} & \dots & R_{\Pi_{16} B_1} \\ R_{\Pi_1 B_2} & R_{\Pi_2 B_2} & \dots & R_{\Pi_{16} B_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{\Pi_1 B_{15}} & R_{\Pi_2 B_{15}} & \dots & R_{\Pi_{16} B_{15}} \end{vmatrix}, \quad (8)$$

де $R_{\Pi_1 B_1}, \dots, R_{\Pi_{16} B_{15}}$ — значення ризиків травмування для бінарних комплексів «причина ризику травмування — вид травматичної події»; $i = 1, 2, 3, \dots, 16$ — кількість основних причин травмування на виробництві Π_i , що фіксується в чинній на сьогодні класифікації форми обов’язкової статистичної звітності № 7-тнв [2–8]; $j = 1, 2, 3, \dots, 15$ — кількість основних видів травматичних подій.

Зазначений підхід дозволяє використовувати для аналізу та прогнозу методи компонентного аналізу. При цьому одним з базових застосовується метод головних компонент. Суть методу, як відомо, полягає у пошуку найкращої апроксимації скінченної множини точок прямими та площинами.

Перевагою описаного методу стосовно аналізу статистики травматизму є те, що він може застосовуватись практично завжди, незважаючи на характер розподілу випадкових величин — показників травматизму. Але більш цікавим стосовно вирішення завдання дослідження є застосування даного методу для прогнозу виробничого травматизму, оскільки, як показано в літературі, при цьому забезпечується мінімальна похибка прогнозу.

Ідея прогнозування на основі методу головних компонент полягає в тому, що вихідний досліджуваний p -вимірний вектор спостережень X (9) замінюється на вектор Z (10) меншої розмірності p' , у якому кожна з компонент є лінійною комбінацією p вихідних (або допоміжних) ознак, втративши при цьому не надто багато інформації. Інформативність нового вектора Z залежить від того, у якій мірі p' введених допоміжних змінних дають можливість «відновити» p вихідних ознак за допомогою відповідних лінійних комбінацій вектора Z .

$$X = (x^{(1)}, x^{(2)}, \dots, x^{(p)})^T \quad (9)$$

$$Z = (z^{(1)}, z^{(2)}, \dots, z^{(p')})^T \quad p' < p \quad (10)$$

Похибка прогнозу X по Z буде визначатися залишковою дисперсійною матрицею вектора X при відніманні з нього найкращого прогнозу по Z , тобто матрицею (11). При цьому обидві міри похибки прогнозу (на основі сліду та евклідової норми матриці) одночасно досягають мінімуму тоді і тільки тоді, коли у якості вектора Z обрано перші p' головних компонент вектора X .

$$\Delta = [\Delta_{ij}] \text{ де } \Delta_{ij} = E \left\{ \left(x^{(i)} - \sum_{l=1}^{p'} b_{il} z^{(l)} \right) \left(x^{(j)} - \sum_{l=1}^{p'} b_{jl} z^{(l)} \right) \right\} \quad (11)$$

Ідея прогнозування на основі методу головних компонент у роботі ілюструється прикладом, у якому досліджено три основні групи передумов травматизму за 24 роки спостережень.

При формуванні типотворюючих ознак причин виробничого травматизму було досліджено статистичні дані за 24 роки ($n = 24$) за трьома основними групами передумов: технічний фактор $x^{(1)}$, організаційний фактор $x^{(2)}$ та людський фактор $x^{(3)}$. За спостереженими даними $(x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, x_i^{(3)}), i = 1, \dots, 24$ було визначено вибірккову коваріаційну матрицю

$$\hat{C} = \begin{bmatrix} 451,39 & 271,17 & 168,70 \\ 271,17 & 171,73 & 103,29 \\ 168,70 & 103,29 & 66,65 \end{bmatrix}.$$

Власні корені такої матриці \hat{C} будуть: $\lambda_1 = 680,0$, $\lambda_2 = 6,5$, $\lambda_3 = 2,86$.

$$\text{Матриця власних векторів } U = \begin{bmatrix} -0,813 & -0,495 & -0,307 \\ 0,545 & -0,832 & -0,101 \\ -0,205 & -0,249 & 0,946 \end{bmatrix}.$$

У результаті у якості головних компонент одержимо:

$$\begin{aligned} z^{(1)} &= -0,81x^{(1)} - 0,50x^{(2)} - 0,31x^{(3)}, \\ z^{(2)} &= 0,55x^{(1)} - 0,83x^{(2)} - 0,10x^{(3)}, \\ z^{(3)} &= -0,21x^{(1)} - 0,25x^{(2)} + 0,95x^{(3)}. \end{aligned}$$

Тут під $x^{(1)}$, $x^{(2)}$, $x^{(3)}$ вбачаються відхилення кількості нещасних випадків через технічний фактор $x^{(1)}$, організаційний фактор $x^{(2)}$ та людський фактор $x^{(3)}$ від їх середніх значень.

У цьому прикладі $p = 3$. Визначимо за мету знизити розмірність вихідного факторного простору до одиниці ($p' = 1$), тобто описати усі три групи ознак за допомогою лінійних комбінацій тільки від однієї допоміжної змінної.

У відповідності з розглянутою вище властивістю «автопрогнозу» головних компонент візьмемо у якості цієї єдиної допоміжної змінної першу головну компоненту, тобто змінну $z^{(1)} = -0,81x^{(1)} - 0,50x^{(2)} - 0,31x^{(3)}$.

За методом найменших квадратів невідомі коефіцієнти b_{i1} обчислюються за виразом:

$$b_{i1} = \frac{\text{cov}(x^{(i)}, z^{(1)})}{Dz^{(1)}} = \frac{-0,81\text{cov}(x^{(i)}, x^{(1)}) - 0,50\text{cov}(x^{(i)}, x^{(2)}) - 0,31\text{cov}(x^{(i)}, x^{(3)})}{Dz^{(1)}}.$$

Підставивши до цієї формули значення $\text{cov}(x^{(i)}, x^{(j)})$, взяті з коваріаційної матриці S для нашого прикладу одержимо:

$$\begin{aligned} x^{(1)} &= b_{11}z^{(1)} + \varepsilon^{(1)} = -0,81z^{(1)} + \varepsilon^{(1)}, \\ x^{(2)} &= b_{21}z^{(1)} + \varepsilon^{(2)} = -0,50z^{(1)} + \varepsilon^{(2)}, \\ x^{(3)} &= b_{31}z^{(1)} + \varepsilon^{(3)} = -0,31z^{(1)} + \varepsilon^{(3)}, \end{aligned}$$

де $\varepsilon^{(i)}$ — випадкові (залишкові) похибки прогнозу вихідних центрованих компонент за першою головною компонентою $z^{(1)}$.

Якщо у якості відносної похибки прогнозу вихідної ознаки $x^{(i)}$ за першою головною компонентою $z^{(1)}$ обрати величину $\delta_i = 100 \left(\frac{D\varepsilon^{(i)}}{Dx^{(i)}} \right)$, то похибка прогнозу у нашому прикладі становитиме $\delta_1 = 2\%$, $\delta_2 = 1,2\%$, $\delta_3 = 0,8\%$.

Сумарна відносна похибка прогнозу ознак $x^{(1)}$, $x^{(2)}$, $x^{(3)}$ за $z^{(1)}$ може бути обчислена за виразом $\delta_{\text{сум.}} = 100 \left(\frac{\text{Tr}(\Delta)}{D(x^{(1)} + x^{(2)} + x^{(3)})} \right) = 100 \frac{\lambda_2 + \lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} = 1,36\%$,

що і підтверджує достатню ефективність використання методу головних компонент для прогнозування статистичних характеристик, у т.ч. і для прогнозу ризиків виробничого травматизму.

Наведений приклад демонструє прикладну спрямованість компонентного аналізу, зокрема для задач прогнозу (автопрогнозу) значного числа вихідних показників виробничого травматизму за, порівняно малим числом допоміжних (латентних) змінних, що виражають причини цього явища, візуалізації багатовимірних даних та виділення типуютьоворюючих ознак травматизму.

Висновки

Аналіз існуючих методів прогнозування виробничого травматизму свідчить про неможливість їх використання для оброблення різнорідних статистичних даних зі значними похибками. У зв'язку з недостатністю статистичних даних по галузям харчової промисловості при дослідженні джерел і обставин травмування працівників на робочих місцях доцільно застосувати метод експертних оцінок. Для прогнозування ризиків найбільш доцільним вбачається метод статистичного аналізу нещасних випадків на підприємствах з виявленням причинно-наслідкових зв'язків травматизму.

Для аналізу та короткострокового на 1 – 3 роки прогнозу виробничого травматизму доцільно використовувати розповсюджені та легкі у реалізації з обчислювальної точки зору методи прогнозування по одному ряду динаміки на основі простої регресії (МНК). Для середньострокового (3 – 5 р.) прогнозу та виявлення причинно-наслідкових зв'язків травматизму доцільно використовувати багатофакторний аналіз і прогноз. Для довгострокового прогнозу доцільно використовувати комбінований прогноз, заснований на синтезі прогнозних оцінок.

Для забезпечення фільтрації статистичних даних та візуалізації результатів для обробки наявної статистики виробничого травматизму найбільш доцільним є метод головних компонент. Корисність цього методу при аналізі даних виробничого травматизму ґрунтується на можливості зменшення обсягів аналізу інформації та визначення найбільш суттєвих факторів виробничого травматизму. Завдяки основним властивостям методу головних компонент він достатньо успішно може бути використаний для прогнозування значного числа вихідних показників виробничого травматизму за, порівняно малим числом допоміжних (латентних) змінних, що виражають причини цього явища, забезпечуючи при цьому найменшу похибку прогнозу.

Література

1. Амоша А.И. Логико-формальное моделирование и функциональное прогнозирование общественного производства / А.И. Амоша // — Донецк: ИЭП НАН Украины, 1997. — 47 с.
2. Рабочая книга по прогнозированию / Редкол.: И.В.Бестужев-Лада (отв. Ред.). // — М.: Мысль, 1982. — 430 с.
3. Добров Г.М. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании. / Г.М. Добров // — Киев: Наукова думка. — 2007. — 264 с.
4. Анфилатов В.С. Системный анализ в управлении / В.С. Анфилатов // — М.: Финансы и статистика. — 2002. — 368 с.
5. Орлов А.И. Прикладная статистика / А.И. Орлов // — М.: Экзамен, 2007 (изд. 2-е, переработанное и дополненное). — 671 с.
6. Орлов А.И. Эконометрика / А.И. Орлов // — М.: Экзамен, 2002, 2003 (изд. 2-е, переработанное и дополненное), 2004 (изд. 3-е, переработанное и дополненное). — 576 с.
7. Євтушенко О.В. Аналіз статистики виробничого травматизму в харчовій промисловості України / О. В. Євтушенко // Харчова промисловість. — 2011. — Вип. 10. — С.169 — 174.

8. Evtushenko O. The distribution of occupational injury in the food industry in Ukraine / O.Evtushenko, N. Volodchenkova // The sale of the global crisis. Quality and performance. — 2012. — P. 59 — 63.

9. Шапошникова С.В. Багатофакторний регресійний аналіз причин виробничого травматизму / С.В. Шапошникова // Вісник Східноукраїнського університету ім. Даля. — Луганськ, 2006. — Вип. №4 (98). — ч. 2. — С.238–243.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.В. Евтушенко

Национальный университет пищевых технологий

А.О. Водяник, А.Д. Борисенко, А.М. Литвиненко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

В статье рассмотрены и проанализированы существующие методы прогнозирования риска производственного травматизма. Для прогнозирования производственного травматизма в работе использован метод главных компонент, благодаря основным свойствам которого обеспечивается минимальная погрешность прогноза.

Ключевые слова: *производственный травматизм, безопасность труда, метод наименьших квадратов (МНК), метод группового учета аргументов (МГУА), многофакторное прогнозирование, комбинированный прогноз.*