

О.В. Дерев'яно, ст. викл.

Житомирський державний технологічний університет

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ОХОРОНИ ПРАЦІ
НА ПІДПРИЄМСТВАХ З ВИДОБУТКУ Й ОБРОБКИ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ***(Представлено к.т.н., проф. Бакка М.Т.)*

Розглянуто можливості застосування методів математичного моделювання в аналізі та прогнозуванні стану охорони праці. Ця задача розглядається на прикладі підприємств Житомирської області з видобутку й обробки природного каменю. Запропоновано використання штучних нейронних мереж для аналізу і прогнозування стану охорони праці.

Актуальність теми. Територія України є регіоном з дуже високою концентрацією гірничих підприємств, які займаються видобуванням та переробкою корисних копалин. Розвинутою є галузь з видобування декоративно-облицювальних каменів, з яких переважають породи високої міцності (граніти, габро, лабрадорити та ін.). Породи даного типу зосереджені на території Житомирської області (близько 90 %) і обслуговуються понад 250 каменевидобувними та каменеобробними підприємствами.

Умови праці гірничих підприємств характеризуються великою кількістю небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які суттєво впливають на життя і здоров'я працівників. Порівняльний аналіз статистичних даних щодо загального і смертельного травматизму в гірничій галузі і в Житомирській області за останні роки показав, що проблема травмонебезпеки існує, крім цього, – збільшується питома вага важкого травматизму та зростають витрати на реабілітацію потерпілих. Тому дослідження причин і закономірностей виникнення нещасних випадків та розробка заходів щодо їх запобігання є актуальною задачею.

Постановка задачі. Для аналізу та прогнозування стану охорони праці використовуються методи математичного моделювання. Математичні моделі описують динаміку зміни показників охорони праці в часі та їх залежність від різноманітних факторів, що впливають на рівень виробничого травматизму. Використовуючи результати моделювання, отримують оцінку впливу факторів на показники травматизму та розробляють рекомендації щодо планування правоохоронних заходів.

Вирішення задачі дослідження причин і закономірностей виникнення нещасних випадків неможливе без наукового дослідження стану охорони праці на основі складання математичних моделей. Початковими даними для складання математичних моделей є звітні дані про стан охорони праці на підприємствах Житомирської області з видобутку та обробки природного каменю, а також дані про проведені заходи з охорони праці та про загальний технічний рівень виробництва, який впливає на рівень виробничого травматизму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На підставі аналізу літературних джерел виділено етапи розв'язування наукової задачі дослідження причин і закономірностей виникнення нещасних випадків та підвищення ефективності заходів запобігання травматизму гірників Житомирської області. У вирішенні проблеми безпеки виробничих процесів вагомий внесок зробили вітчизняні та закордонні вчені: Л.Басс, П.Г. Белов, Г.Г. Гогіташвілі, В.І. Козлова, К.Н. Ткачук, К.Месона, А.Хейла та інші. Проте проблема безпеки ще далека від вирішення.

Дослідження виробничого травматизму складається з таких етапів: аналізу початкової інформації; попереднього аналізу явища; збору відомостей (інформації); їх обробки та аналізу; виявлення основних закономірностей явища [1]. Тобто в такому вигляді аналіз розглядається як система послідовних та взаємопов'язаних операцій.

Початкова інформація про конкретний нещасний випадок міститься в матеріалах розслідування. Вона повинна бути достовірною та містити повний опис об'єкта дослідження [2]. Відомості про нещасні випадки численні, різноманітні і мають, в основному, описовий характер. Всю інформацію про них слід розбити на детальні елементи – ознаки, назва кожної з яких повинна мати чітко витриманий зміст, що не допускає різноманітного тлумачення. Оптимальний вибір ознак повинен зводитися до створення єдиного каталогу ознак, який іноді називають картою статистичного обліку та аналізу нещасних випадків. Інформація повинна враховувати як самі ознаки, так і їх кількість, а також мати гнучку структуру, щоб можна було скорочувати або збільшувати кількість ознак [3], [4].

На підставі огляду й аналізу вітчизняної та зарубіжної літератури [5], [6], [7], [8] можна стверджувати, що питання вивчення безпеки праці та виробничого травматизму при різних технологічних операціях видобування природного каменю розкрито в недостатній мірі.

Аналіз нещасних випадків показує, що об'єкт дослідження може характеризуватися 30 і більше ознаками, кожна з яких має різну природу. До того ж, особливість травматизму в тому, що на нього істотно впливають як окремі ознаки, так і їх сполучення. Тому для побудови математичних моделей стану охорони праці необхідно шукати нові підходи, наприклад, на основі використання штучних нейронних мереж [9], [10], [11].

Метою даної статті є попередження виробничого травматизму у гірничій галузі на основі дослідження і побудови комплексу математичних моделей значущих показників виробничого травматизму, що є основою для прогнозу і розробки оптимальних рішень. В даній роботі досліджуються можливості використання для рішення задач прогнозування штучних нейронних мереж.

Викладання основного матеріалу статті. Управління таким складним процесом, як створення безпечних умов праці, тим успішніше, чим глибше вивчений механізм дії та розкриті фактори, що впливають на його загальний розвиток.

Для отримання обґрунтованих математичних моделей за всіма показниками виробничого травматизму необхідне використання комплексу різноманітних методів аналізу: статистичного, монографічного, економічного та ін. Одержана сукупність математичних моделей травматизму є основою для прогнозу різних аспектів його зниження. Таким чином, даний підхід до дослідження виробничого травматизму можна назвати комплексним аналізом та прогнозом.

Оскільки контингент працюючих з часом змінюється за складом, освітою, віком та іншими показниками, то і розподіл нещасних випадків за деякими ознаками змінюється з часом квазіперіодично при деяких змінах середньої складової. Впливають на загальну картину травматизму деякі невраховані фактори, які також змінюються з часом, наприклад, ступінь модернізації обладнання, його енергоємність та ін. Зміна картини травматизму спостерігається не тільки в якісному, але і в кількісному відношенні. Отже, виробничий травматизм характеризується великою кількістю ознак, зв'язок між якими в більшій мірі невідомий або надто складний для безпосереднього аналізу.

Математичний аналіз дозволяє знайти модель, яка описує взаємозв'язок між окремими ознаками нещасних випадків та їх сукупність. Вибирають математичну модель з урахуванням особливостей інформації про нещасні випадки таким чином, щоб можна було розподілити ознаки в залежності від ступеня їх впливу на загальну картину травматизму. Цей розподіл виконується на основі різноманітних критеріїв, які повинні бути апробовані на наявних даних. Пояснення параметрів математичної моделі (наступний етап дослідження) з урахуванням реальних матеріалів дослідження можливе тільки при наявності критеріїв з оцінки домінуючого ефекту.

Для накопичення початкових даних про стан охорони праці необхідно вирішити такі задачі:

- розробити методіку аналізу нещасних випадків, обґрунтувати класифікацію основних причин й джерел виробничого травматизму;
- дослідити виробничі процеси при видобуванні облицювального каменю й визначити найбільш травмонебезпечні з них;
- виявити і дослідити виробничі фактори, які впливають на безпеку праці й формування системи управління охороною праці на кар'єрах;
- виконати аналіз об'єктивних й суб'єктивних причин, що впливають на стан охорони праці.

На підставі результатів цих досліджень можна розробити математичну модель та визначити систему рекомендацій щодо попередження травматизму при видобуванні природного каменю.

На території Житомирської області зосереджена значна частина родовищ, розробку яких здійснюють біля 55 гірничих підприємств, що спеціалізуються на видобуванні гранітів, лабрадоритів, габро та сієнітів.

Проведений аналіз стану виробничого травматизму на кар'єрах Житомирської області свідчить, що найбільш небезпечними виробничими процесами є підготовка блоків до виймання (63 % від загальної кількості нещасних випадків), а також транспортування блочної продукції (17,4 %). Серед небезпечних операцій в процесі підготовки блоків до виймання можна виділити такі:

- буровибухові роботи;
- термогазострумеве різання;
- заряджання невибухових руйнуючих засобів та матеріалів (НРЗ) в шпурах;
- завантажувально-розвантажувальні та транспортні операції.

Травмонебезпечними операціями транспортного циклу є: маневрування й установка під завантаження автосамоскида, навантаження, транспортування гірської маси, маневрування на розвантаження, розвантаження, рух порожнього самоскида.

В процесі аналізу виробничого травматизму встановлено фактори, причини й обставини, які викликають травмування. Крім того, при більш детальному вивченні методів досліджень можна зробити висновок, що в даний час при аналізі травматизму визначаються коефіцієнти частоти і тяжкості,

враховується вік, стаж робітників, їх професія і вказуються причини нещасних випадків. За цими даними можна визначити окремі цехи і ділянки, на які припадає найбільша кількість нещасних випадків, але не можна глибоко вивчити механізм травмування в конкретних умовах виробництва. Все це і робить статистичні дані значною мірою неповними.

Як відомо, операції технологічного процесу на кар'єрах виконуються в різних геологічних умовах. Неоднакова й організація праці робітників, зайнятих на них. Однак формування небезпечних умов на робочих місцях залежить від цілого ряду загальних закономірностей, знання яких дуже важливе для розробки основних принципів і напрямків з попередження і профілактики травматизму. Для вивчення цих закономірностей доцільно розглядати явище травматизму поелементно, тобто виділити джерела травмування (віднесемо до них недоліки знарядь і предметів праці) та його причини (технологічні й організаційні недоліки виробничого процесу, порушення робітниками вимог техніки безпеки). Причини травмування пропонується розділити на основні і супутні, тобто ті, що сприяють тільки формуванню небезпечної ситуації. Це дозволить точніше і глибше вивчити механізм травмування в конкретних умовах видобування природного каменю.

Перспективним напрямком прогнозування показників стану охорони праці та вивчення факторів, що впливають на них, є використання штучних нейронних мереж. Вони можуть бути успішно застосовані для апроксимації і прогнозування значень рядів експериментальних та статистичних даних, для виявлення залежностей вихідної величини від певного набору факторів [10], [11]. Також ця залежність може бути прихованою та такою, що не виявляється іншими методами аналізу статистичних даних. Все це ті задачі, що необхідно вирішувати при дослідженні стану охорони праці на підприємствах з видобутку та обробки природного каменю.

Процес проектування нейронної мережі складається з двох етапів: вибір типу (архітектури) нейронної мережі; визначення вагових коефіцієнтів штучних нейронів, що входять до мережі. Вибір типу останньої виконується серед наявних типових архітектур мереж з урахуванням особливостей задачі, що розглядається. Визначення вагових коефіцієнтів виконується шляхом розробки мережі на тестовому наборі вхідних даних.

Як приклад розглянемо апроксимацію ряду статистичних даних за період з 1997 по 2001 рік, що відображають загальну кількість травмованих в результаті нещасних випадків на виробництві по Житомирській області (рис. 1). Результати апроксимації за допомогою узагальнено-регресійної нейронної мережі вказують на можливість опису та прогнозування цього показника із задовільною для практичних потреб точністю.

В результаті аналізу нещасних випадків на гірничій галузі встановлено:

1. Основними факторами і причинами нещасних випадків на гірничих підприємствах є: порушення виконання робіт, експлуатація машин і механізмів з порушенням правил безпеки, низька організація робіт і дисципліна праці через дефіцит кваліфікованих кадрів, наявність гірничо- та електротехнічного обладнання, що відрізило свій нормативний срок, помилкові дії працівників, відсутність матеріального стимулювання охорони праці.

2. У межах 80–82 % нещасних випадків з загальним і смертельним травматизмом трапляється за організаційними причинами.

3. Кожен нещасний випадок, на перший погляд, подія, що викликана випадковим збігом обставин, але вона є закономірністю. Закономірний характер дає можливість прогнозувати виникнення нещасних випадків принаймні на найближчу перспективу на підставі тенденцій та динаміки з обліком можливих змін і профілактичних заходів, які будуть реалізовані. З цих міркувань метод прогнозування стану системи охорони праці може стати досить важливим та ефективним засобом запобігання травматизму.

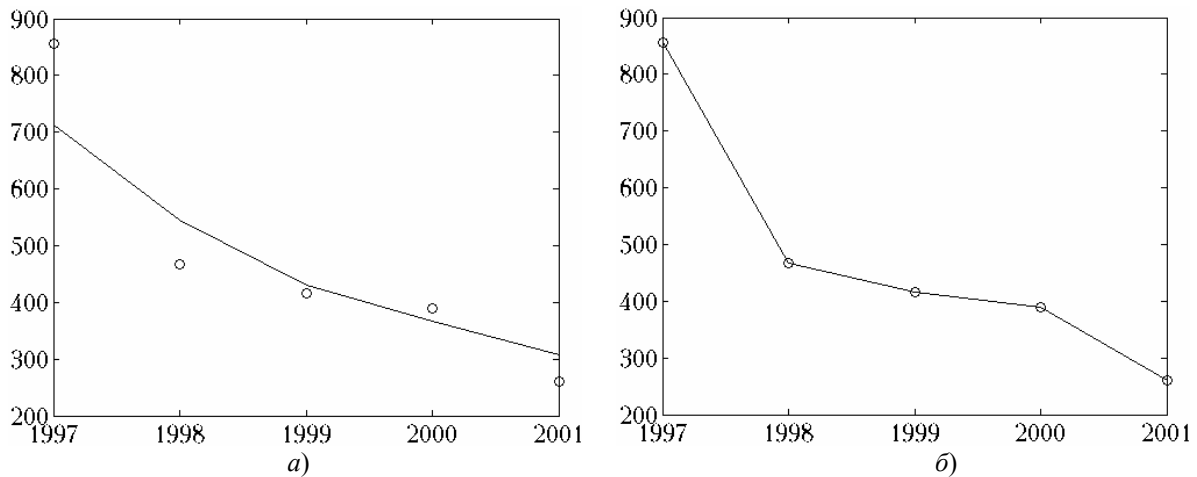


Рис. 1. Апроксимація показників стану охорони на основі штучних нейронних мереж (по горизонтальній осі – рік; по вертикальній осі – загальна кількість травмованих осіб по Житомирській області; окремі точки – статистичні дані; суцільна лінія – результат апроксимації): а) – узагальнено-регресійна нейронна мережа з параметром відхилення $\Delta = 1$; б) – узагальнено-регресійна нейронна мережа з параметром відхилення $\Delta = 0,1$

Висновки. Розглянуто можливості застосування методів математичного моделювання в задачі аналізу і прогнозування стану охорони праці для підприємств Житомирської області з видобутку і обробки природного каменю. Математичні моделі повинні відображати динаміку зміни показників охорони праці в часі та залежність цих показників від різноманітних факторів, що впливають на рівень виробничого травматизму.

Для підвищення рівня достовірності прогнозування і більш повного врахування різноманітних факторів, що впливають на стан охорони праці, пропонується використання штучних нейронних мереж. Розглянуто приклад використання узагальнено-регресійної нейронної мережі для апроксимації та прогнозування показників охорони праці.

Результати досліджень можуть бути використані в промисловій галузі з видобутку і обробки природного каменю для поліпшення стану охорони праці, розробки плану заходів з охорони праці, а також для перевірки достовірності звітів підприємств за даними показниками. Подальшим напрямком досліджень повинно бути виявлення криволінійної кореляційної залежності між кількісними значеннями факторів, що впливають на виробничий травматизм, та кінцевими показниками, що характеризують стан охорони праці на підприємстві.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Охрана труда: Передовой производственный опыт // Информационный сборник. – М.: ВЦНИИОТ, 1990. – Вып. 1–2. – 27 с.
2. Самолдин А.А., Чернышова Т.В., Бельский В.М. Опыт анализа производственного травматизма и заболеваемости с применением ЭВМ // Охрана труда: обзорная информация. – М.: ВЦНИИОТ, 1982. – Вып. 6. – 48 с.
3. Власов А.Ф. Предупреждение производственного травматизма. – М.: Профиздат, 1973. – 176 с.
4. Ступницька Н.В. Підвищення ефективності планування заходів запобігання виробничому травматизму на підприємствах машинобудування: Автореф. дис...к.т.н.: 05.26.01. – К.: ННДІОП, 1999. – 19 с.
5. Охрана труда: Зарубежный опыт // Экспресс-информация. – М.: НИИОТ, 1992. – Вып. 7–8. – 26 с.
6. Boyle T. Health and Safety application for microcomputers // Safety Practitioner, 1985. – Vol. 3. – № 4.
7. Зайцев В.П., Киндер Н.В., Панфилов И.Ф. Система автоматизированного учета и анализа производственного травматизма сельского хозяйства. – К.: Знание, 1980. – 20 с.
8. Королев Г.Ф. Производственный травматизм и методы выявления его причин // Обзор НИИМАШ. – М.: НИИМАШ, 1976. – 40 с.
9. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия–Телеком, 2001. – 382 с.

10. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992. – 127 с.
11. Нейроинформатика / А.Н. Горбань, В.Л. Дунин-Барковский, А.Н. Кирдин и др. – Новосибирск: Наука, Сибирское предприятие РАН, 1998. – 296 с.

ДЕРЕВ'ЯНКО Олена Василівна — старший викладач кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- охорона праці в галузі;
- математичне моделювання.

Подано 23.06.2005

Дерев'янюк О.В. Математичне моделювання показників охорони праці на підприємствах по видобутку та обробці природного каменю

Дерев'янюк Е.В. Математическое моделирование показателей охраны труда на предприятиях по добыче и обработке природного камня

Derevyanko E.V. Mathematical modelling of indexes protection of labour on enterprises on mining and handling of a natural stone

УДК 622.271.32:004.942

Математичне моделювання показників охорони праці на підприємствах по видобутку та обробці природного каменю / О.В. Дерев'янюк // Вісник ЖДТУ. – 2005. – № 3(34) / Технічні науки. – С. ??-??. – Бібліогр.: 11 назв.

Розглянуто можливості застосування методів математичного моделювання в задачі аналізу і прогнозування стану охорони праці. Ця задача розглядається на прикладі підприємств Житомирської області по видобутку і обробці природного каменю. Запропоновано використання штучних нейронних мереж для аналізу і прогнозування стану охорони праці.

УДК 622.271.32:004.942

Математическое моделирование показателей охраны труда на предприятиях по добыче и обработке природного камня / Е.В. Дерев'янюк // Вісник ЖДТУ. – 2005. – № 3(34) / Технічні науки. – С. ??-??. – Бібліогр.: 11 назв.

Рассмотрены возможности применения методов математического моделирования в задаче анализа и прогнозирования состояния охраны труда. Это задача рассматривается на примере предприятий Житомирской области по добыче и обработке природного камня. Предложено использовать искусственные нейронные сети для анализа и прогнозирования состояния охраны труда.

УДК 622.271.32:004.942

Mathematical modelling of indexes protection of labour on enterprises on mining and handling of a natural stone / E.V. Derevyanko // Вісник ЖДТУ. – 2005. – № 3(34) / Технічні науки. – Р. ??-??. – Refs.: 11 titles.

The possibilities of application of methods of mathematical modelling in the task of the analysis and prediction of a condition protection of labour are considered. It is the task is considered on an example of enterprises on mining and handling of a natural stone in Zhitomir region. It is offered to use artificial neural network for the analysis and prediction of a condition protection of labour.