

V. I. Danilov, Main department of special construction in Ural region No. 8 of Russia Federal Agency of Special Construction
V. E. Lyalin, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Modeling the Projects of Safe Reconstruction of Existing Buildings Located in Areas of Karst Development within Structure Annexing

Imitation simulation of projects of safe reconstruction of existing structures located in areas of karst development is considered. Additional soil settlement and variation of the stress-strain state of the foundation and the building due to structure annexing are determined. Numerical studies revealed the possibility to solve the three-dimensional engineering design problem of the safe reconstruction of the existing building and annexing the real building at the karst area with account of the surface exposure of sinkholes. Several design options to strengthen the structure of the existing building were additionally proposed.

Key words: reconstruction of buildings, safety of buildings, annexing, sinkholes.

УДК 658.382

Б. В. Севастьянов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Р. О. Шадрин, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Изложен порядок анализа и прогнозирования показателей травматизма и профессиональных заболеваний с использованием методов математической статистики и моделирования.

Ключевые слова: охрана труда, математическое моделирование, статистика травматизма.

Действующие в настоящее время в России стандарты по управлению охраной труда [1–4] ориентируют все организации на количественную оценку имеющихся профессиональных рисков и их снижение или устранение. Применяемые методики дают противоречивые результаты [5] и в большинстве являются достаточно субъективными. Это ставит практических работников в сложное положение, сдерживает внедрение в полном объеме систем управления охраной труда [6].

По мнению авторов, при разработке программ снижения профессиональных рисков необходимо ориентироваться не только на установленные методики, но также использовать методы математической статистики и моделирования, позволяющие получить прогнозные значения показателей травматизма и профессиональных заболеваний, необходимых для объективного планирования мероприятий по охране труда.

Основным предложением в прогнозировании показателей травматизма и профессиональных заболеваний является использование не только данных по этим показателям за предыдущие годы, но и значения показателей социально-экономического развития рассматриваемого региона или предприятия. При прогнозировании травматизма в Удмуртской Республике [7–9] использовались такие показатели, как количество обученных по 40-часовой программе по охране труда, количество инвестиций в основной капитал, валовой региональный продукт, доля работников, занятых в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, и средства, израсходованные на мероприятия по охране труда в расчете

на одного работающего. Использование указанных показателей позволяет связать травматизм не только с состоянием безопасности труда в изучаемом объекте, но и с уровнем социально-экономического развития, то есть представить травматизм как составляющую экономического процесса.

При моделировании экономических процессов встречаются 2 типа данных:

- пространственные данные (cross-sectional data);
- временные ряды (time-series data).

Примером пространственных данных является, например, набор сведений по разным предприятиям в один и тот же момент времени (пространственный срез). Примерами временных рядов могут быть ежеквартальные данные частоты несчастных случаев. Отличительной чертой временных рядов является то, что они естественным образом упорядочены по времени, кроме того, наблюдения в близкие моменты времени часто бывают зависимыми.

Можно выделить три основных типа моделей в эконометрике, применяемых для анализа и/или прогноза.

Модели временных рядов. К этому классу относятся модели:

$$- \text{тренда: } y(t) = T(t) + \varepsilon_t,$$

где $T(t)$ – временной тренд заданного параметрического вида (например, линейный $T(t) = a + bt$), ε_t – случайная (стохастическая) компонента;

$$- \text{сезонности: } y(t) = S(t) + \varepsilon_t,$$

где $S(t)$ – периодическая (сезонная) компонента, ε_t – случайная (стохастическая) компонента;

– тренда и сезонности: $y(t) = T(t) + S(t) + \varepsilon_t$ (аддитивная) или

$$y(t) = T(t) \cdot S(t) + \varepsilon_t \text{ (мультипликативная),}$$

где $T(t)$ – временной тренд заданного параметрического вида; $S(t)$ – периодическая (сезонная) компонента, ε_t – случайная (стохастическая) компонента [10].

К моделям временных рядов относится множество более сложных моделей, таких как модели адаптивного прогноза, модели авторегрессии и скользящего среднего (ARIMA) и др. Их общей чертой является то, что они объясняют поведение временного ряда, исходя только из его предыдущих значений [11].

Важно отметить, что данные о статистике травматизма являются автокоррелирующими (коррелирующими последовательно), что определяется как корреляция между наблюдаемыми показателями, упорядоченными во времени (временные ряды) или в пространстве (перекрестные данные). При использовании данных временных рядов в регрессионном анализе обычно встречается автокорреляция остатков [11, 12]. Ситуация противоположна при использовании перекрестных данных. Чаще всего положительная автокорреляция ($\sigma(\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_t) \geq 0$) вызывается направленным постоянным воздействием некоторых не учтенных в модели факторов. Отрицательная автокорреляция ($\sigma(\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_t) \leq 0$) фактически означает, что за положительным отклонением имеет место отрицательное, и наоборот. Среди основных причин, вызывающих появление автокорреляции, можно выделить ошибки спецификации, инерцию в изменении показателей, эффект паутины, сглаживание данных.

Под эффектом паутины понимается запаздывание реагирования изменений показателей на изменение условий. Сглаживание данных есть усреднение данных некоторого продолжительного периода по составляющим его подынтервалам. Обычно это влечет за собой сглаживание колебаний внутри рассматриваемого периода, что может послужить причиной автокорреляции. Инерция же есть цикличность, другими словами, волнообразная активность [12].

Основной причиной наличия случайного члена в модели являются несовершенные знания о причинах и взаимосвязях, определяющих то или иное значение зависимой переменной [13]. Это объясняет свойства случайных отклонений, таких как автокорреляция. Они зависят от выбора формулы зависимости и состава объясняющих переменных. Так как автокорреляция чаще всего вызывается неправильной спецификацией модели, то для ее устранения необходимо прежде всего попытаться скорректировать саму модель [14].

Классический способ устранения эффекта автокорреляции из линейной регрессионной модели, строящейся на авторегрессионной схеме первого порядка, – вычисление случайных отклонений (y_t^*, x_t^*, v_t), удовлетворяющих предпосылкам МНК. Однако их вычисление приводит к потере первого наблюдения. Число степеней свободы уменьшится на единицу, что при больших выборках несущественно,

но при малых выборка может привести к потере эффективности [12]. Эта проблема решается поправкой Прайса – Винстена:

$$x_1^* = \sqrt{1-c^2} \cdot x_1;$$

$$y_1^* = \sqrt{1-c^2} \cdot y_1.$$

Для оценки регрессии, а именно параметра p , использовались два метода: Кохрана – Оркатта и Хилдрета – Лу. Метод Кохрана – Оркатта заключается в следующем. Для уравнения вида $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$ и авторегрессионной схемы первого порядка AR(1) $\varepsilon_t = p\varepsilon_{t-1} + v_t$.

1. Методом наименьших квадратов оценивается регрессия, для нее определяются оценки e_t отклонений ε_t , $t = 1, 2, \dots, n$.

2. Используя схему AR(1), оценивается регрессионная зависимость $e_t = \hat{c}e_{t-1} + v_t$, где \hat{c} – оценка коэффициента p .

3. На основе данной оценки строится уравнение

$$(y_t - \hat{c}y_{t-1}) = \bar{b}(1 - \hat{c}) + \bar{a}(x_t - \hat{c}x_{t-1}) + (e_t - \hat{c}e_{t-1}),$$

с помощью которого оцениваются коэффициенты α и β (в этом случае значение \hat{c} известно).

4. Значения $\beta_0 = \bar{b}(1 - \hat{c})$ и $\beta_1 = \bar{a}$. Вновь вычисляются оценки e_t отклонений, и процесс возвращается к этапу 2.

Чередование этапов осуществляется до тех пор, пока не будет достигнута требуемая точность, то есть пока разность между предыдущей и последующей оценками p не станет меньше любого заданного числа [13].

Второй, из предлагаемых методов – это метод Хилдрета – Лу. По данному методу регрессия $y_t - py_{t-1} = \beta_0(1-p) + \beta_1(x_t - px_{t-1}) + (\varepsilon_t - p\varepsilon_{t-1})$ оценивается для каждого возможного значения p из интервала $[-1, 1]$ с любым шагом (например, 0,001; 0,01 и т. д.). Величина, дающая наименьшую стандартную ошибку регрессии, принимается в качестве оценки коэффициента p . Значения β_0^* , β_1 оцениваются из уравнения регрессии именно с данным значением [12].

Для финальных вариантов моделей использовался тот метод, который давал наиболее точный результат оценки.

Библиографические ссылки

- ГОСТ 12.0.230–2007 ССБТ. Система управления охраной труда. Общие требования.
- ГОСТ Р 12.0.007–2009 ССБТ. Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию.
- ГОСТ Р 12.0.009–2009 ССБТ. Системы управления охраной труда на малых предприятиях.
- ГОСТ 12.0.010–2009. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и рисков.
- Бойко С. В., Каравайков В. М. Проблемы оценки профессиональных рисков на практике // Безопасность жизнедеятельности. – 2011. – № 12. – С. 2–6.

6. Минько В. М., Титаренко И. Ж. Методология разработки оптимальной годичной программы снижения профессиональных рисков // Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – №2. – С. 17-21.

7. Севастьянов Б. В., Шадрин Р. О. Прогнозирование числа пострадавших на производстве и коэффициента частоты травматизма работающих в Удмуртии // Вестник ИжГТУ. – 2011. – № 1(49). – С. 131–134.

8. Севастьянов Б. В., Шадрин Р. О. Прогнозирование числа дней нетрудоспособности у пострадавших на производстве в Удмуртской Республике // Вестник ИжГТУ. – 2011. – № 1(49). – С. 128–131.

9. Севастьянов Б. В., Шадрин Р. О. Прогнозирование числа пострадавших со смертельным исходом и показате-

лей профессиональной заболеваемости в отрасли энергетики Удмуртской Республики // Вестник ИжГТУ. – 2012. – № 1(53). – С. 102–104.

10. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. – Ч. 2. – 198 с.

11. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.

12. Бородич С. А. Вводный курс эконометрики : учеб. пособие. – Мн.: БГУ, 2000. – 354 с.

13. Орлов А. И. Эконометрика : учеб. пособие для вузов. – М.: Экзамен, 2002. – 576 с.

14. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш. шк., 1977. – 479 с.

B. V. Sevastyanov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

R. O. Shadrin, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Methodology of Forecasting the Occupational Accidents and Diseases in the Udmurt Republic

The procedure of analysing and forecasting the injuries and occupational diseases is established with application of statistical techniques and modeling.

Key words: safety, mathematical modeling, statistics of injuries.

УДК 001.8 : 658.5

А. Ф. Юрков, ОАО «Ижевский радиозавод»

В. С. Клековкин, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

СИСТЕМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Предложена математическая модель взаимодействия элементов и процессов в производственной системе предприятия, используемая для решения оптимизационной задачи загрузки элементов системы.

Ключевые слова: производственная система, системная связь процессов, оптимизационная задача.

Управление конкурентоспособностью большого предприятия требует частой и быстрой смены объектов производства, технологии их реализации и приемов менеджмента. Такой инновационный динамизм с целью сокращения объема организационно-технических работ приводит к необходимости системной формализации всех процессов предприятия.

Рассмотрим производственную систему S как множество упорядоченных элементов, которые осуществляют неделимые процессы в смысле достижения цели системы. Согласно принятой на ОАО «ИРЗ» схеме взаимодействия процессов интегрированной системы менеджмента (рис. 1) запишем с учетом идей [1, 2] производственную систему S в виде математической модели множеств:

$$S = \langle \{A_n; A_y; A_n; B_n; B_y; B_n\}, W; \Phi \rangle, \quad (1)$$

где A_n, A_y, A_n – множества элементарных производственных, управленческих, изменяющих (улучшающих) элементов системы; B_n, B_y, B_n – множества элементарных производственных, управленческих, изменяющих (улучшающих) процессов; $W = \{W_1, W_2, \dots$

$W_x\}$ – множество операций над множеством в фигурных скобках; $\Phi = \{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$ – множество предикатов (утверждений) «ложь» или «истина» при выполнении множества операций W .

Практическая реализация математической модели (1) осуществляется в следующем виде. Полные множества B_n, B_y, B_n , согласно идее включенности более простой системы в сложную, представляются в виде матриц элементарных процессов, например, для B_n (2) и матриц неделимых элементов для A_n (3).

Множество (2)

$B_{n,1}$	$B_{n,2}$	...	$B_{n,m}$
$b_{n,1,1}$	$b_{n,2,1}$	...	$b_{n,m,1}$
$b_{n,1,2}$	$b_{n,2,2}$	...	$b_{n,m,2}$
.....
$b_{n,1,k}$	$b_{n,2,k}$	...	$b_{n,m,k}$

Множество (3)

$A_{n,1}$	$A_{n,2}$	...	$A_{n,m}$
$a_{n,1,1}$	$a_{n,2,1}$	...	$a_{n,m,1}$
$a_{n,1,2}$	$a_{n,2,2}$	...	$a_{n,m,2}$
...
$a_{n,1,k}$	$a_{n,2,k}$	...	$a_{n,m,k}$