

УДК 658.382.3

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ

Д.А. МЕЛЬНИЧЕНКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 13 ноября 2005*

Показана актуальность создания компьютерных систем по оценке и прогнозированию функционального состояния и здоровья работников. Сформулированы основные требования, которым должны удовлетворять такого рода системы и используемые инструментальные средства. Разработана методика, оценивающая комплексный вклад ряда неблагоприятных факторов с учетом временной динамики их воздействий. Предложена система, которая может быть использована службами охраны труда для прогнозирования здоровья работающих и научно-обоснованных профилактических мероприятий.

*Ключевые слова:* информационная модель, компьютерная система, прогнозирование, функциональное состояние, здоровье.

### Введение

Вредное воздействие факторов загрязнения окружающей среды на состояние здоровья людей многие годы является объектом изучения и анализа. Имеющиеся многочисленные литературные данные о зависимости показателей состояния здоровья населения от изолированных факторов среды обитания свидетельствуют об актуальности проблемы: "здоровье – среда обитания", изучение и решение которой становится успешнее с помощью новых компьютерных технологий [1,2]. Создание компьютерных систем, позволяющих создавать, хранить и редактировать, систематизировать и структурировать данные о среде обитания и состоянии здоровья людей, рекомендательную и справочную информацию, строить между различными факторами логико-математические взаимосвязи позволит специалистам создавать свои базы знаний для систем оценки условий труда на объекте и прогнозирования состояния здоровья людей.

Основные требования, предъявляемые к такого рода системам следующие:

функционально полный набор программных средств, обеспечивающий различные режимы функционирования как в диалоге с пользователем, так и в режиме консультации;  
открытые и модифицируемые программные средства, обеспечивающие гибкость и модернизируемость системы в процессе ее эксплуатации;  
максимальная доступность интерфейса с пользователем, простота и понятность тестов;  
минимизация времени тестирования;  
наличие справочно-нормативной базы;  
визуализация данных о функциональном состоянии и его динамике в графической форме.

Используемые инструментальные средства проектирования должны поддерживать технологичность разработки программных модулей всех уровней системы [3, 4].

Специально для решения задач прогнозирования здоровья была разработана методика, оценивающая комплексный вклад ряда неблагоприятных факторов с учетом временной динамики их воздействий. Входная информация организована в виде баз данных, включающих в себя наблюдения в течение определенных интервалов времени с требуемым шагом дискретизации данных для  $N$  объектов, содержащих  $M$  элементов воздействий и  $K$  проявлений. Целью выполняемой процедуры оценивания является установление величины вклада и латентного периода до возникновения проявлений в зависимости от величины элемента воздействия.

Общее число баз данных будет равным  $N(M+K)$ . Из модельных соображений считаем, что каждый элемент воздействия вносит определенный вклад в возникновение каждого проявления и что линейная корреляция отсутствует между данными различных проявлений.

Поскольку в общем случае зависимость проявлений от воздействий носит нелинейный характер и интервал времени между всплеском воздействия и проявлением неблагоприятного эффекта зависит от величины воздействия и его продолжительности, поиск интервала корреляции между экспериментальными выборками лишен смысла. Однако имеется возможность преобразовать выборки наблюдений за величинами воздействий таким образом, чтобы в результирующих выборках присутствовали только величины одного уровня, т.е. речь идет о дискретизации наблюдений. Таким образом, интервалы корреляции находятся между результирующими (дискретизированными) выборками величин воздействия одного уровня и выборками с данными о проявлениях исследуемого феномена.

В случае, когда имеется корреляция между выборками различных воздействий, будут иметь место несколько интервалов корреляции для выборки конкретного проявления с конкретным воздействием фактора.

Для определения нужного интервала необходимо знать интервалы корреляции для выборок различных воздействий. Совпавшие интервалы отбрасываются.

После нахождения интересующих интервалов корреляции для результирующих выборок элементов воздействий с выборками проявлений можно приступить к построению нелинейной модели зависимости проявления от воздействий, форма которой ищется в следующем виде:

$$F(T) = f(N_1(T - T_{n1})) + f(N_2(T - T_{n2})) + \dots + f(N_n(T - T_{nm})) + \\ + f(M_1(T - T_{m1})) + f(M_2(T - T_{m2})) + \dots + f(M_n(T - T_{mn})) + \dots \\ + f(L_1(T - T_{l1})) + f(L_2(T - T_{l2})) + \dots + f(L_n(T - T_{ln})), \quad (1)$$

где  $f(N_x(t)) = R(N_x, t) \sum_{i=1}^m b_i(N_x) N_x(t)^i$ ,  $t=1, 2, 3, 4 \dots$  — конечные интервалы времени;

$R(N_x, t)$  — результирующая выборка  $N$ -го воздействия для уровня  $N_x$ , ( $R$  принимает значения только нулевые и единичные);  $N_x$  — дискретный уровень для выборки  $N$ ;  $b_i(N_x)$  — неизвестные коэффициенты для уровня  $N_x$  выборки  $N$ ;  $m$  — определяет степень уравнения;  $T_{ni}$  — интервал корреляции между  $N_i$  и  $F$ ;  $N, M, \dots, L$  — выборки различных воздействий;  $F(T)$  — количество проявлений одного вида в  $T$ -й интервал времени.

Для применения формулы (1) в целях прогноза необходимо найти коэффициенты  $b_i(N_x)$ , решив систему из  $mnk$  линейных уравнений, где  $m$  — степень уравнения,  $k$  — число элементов воздействий,  $n$  — число уровней для дискретизации элементов воздействий и в общем случае оно может зависеть от конкретного элемента воздействия.

Уравнение можно записать в следующем виде:

$$F(T) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n R(i, j, T - t(i, j)) \sum_{l=1}^m b(i, j, l) N(i, j, T - t(i, j))^l, \quad (2)$$

где  $N(i, j, t)$  — состояние  $j$ -го уровня  $i$ -го элемента воздействия;  $t(i, j)$  — интервал корреляции  $F(T)$  и  $N(i, j, T)$ .

Пусть

$$C(i, j, l, T) = R(i, j, T - t(i, j))N(i, j, T - t(i, j)). \quad (3)$$

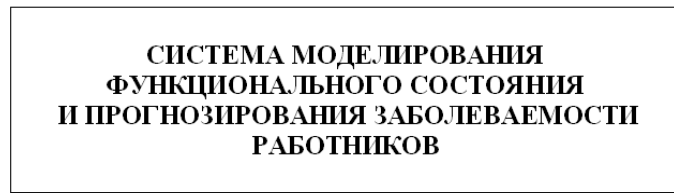
Тогда система линейных уравнений для нахождения  $b(i, j, l)$  выглядит следующим образом:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^m C(i, j, l, T(q))b(i, j, l) - F(T(q)) = 0, \quad (4)$$

где  $q = 1, \dots, knm$  — дискретные интервалы наблюдений (обычно дни).

Данная система (4) решается методом Гаусса [5, 6].

Может быть образовано гораздо большее число уравнений, чем их необходимо для решения системы, в этом случае следует сформировать несколько систем линейных уравнений, решив которые можно статистически оценить коэффициенты  $b(i, j, l)$ . Зная эти коэффициенты и измеряя  $C$ , легко найти  $F$  на некоторое число интервалов наблюдения вперед. Возможно не только нахождение элементарных статистик, но также и применение методов факторного анализа с целью выявления определенных зависимостей между коэффициентами, которые могут быть интерпретированы предметными специалистами с точки зрения величины воздействий и возможных закономерностей послед-



1	Механизмы ввода входной информации
2	Блок анализа и вычислений
3	Блок моделирования
4	Решающее ядро системы
5	Модуль прогноза заболеваемости
6	Графический модуль
7	Базы данных
8	Файл справочной информации

Структурно-функциональные компоненты системы

действий из-за их предположительно аддитивного характера [7, 8].

Составляющие компоненты компьютерной системы показаны на рисунке.

Предложенная нами система может быть использована службами охраны труда, экологической и производственной безопасности на промышленных предприятиях Республики Беларусь для прогнозирования функционального состояния организма и научного обоснования мер профилактики заболеваемости с учетом факторов, формирующих здоровье работающих.

## ELABORATION OF INFORMATION MODEL ESTIMATING AND FORECASTING WORKER'S FUNCTIONAL STATE AND HEALTH

D.A. MELNICHENKA

### Abstract

In the article is shown urgency of creation of computer systems estimating and forecasting workers' functional state and health. The basic requirements to the systems are formulated. We elaborated the method estimating complex influence of negative factors of workers' health.

## Литература

1. Асаенок И.С., Новиков Е.В., Шупейко И.Г. Среда обитания человека, здоровье, работоспособность: методы оценки и анализа. Мн., 1997.
2. Медведев В.И. Функциональные состояния человека в трудовой деятельности. М., 1981.
3. Дядичкин В.П. Психофизиологические резервы повышения работоспособности. Мн., 1990.
4. Мельниченко Д.А. / Междунар. науч. конф. "Ломоносов-2004", РФ, Москва, 12–15 апреля 2004 г. Т. 2. С. 145–148.
5. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М., 1987.
6. Головкин Б.А. Вычислительные системы с большим числом процессоров. М., 1995.
7. Новиков Е.В., Рыбак В.А. // Известия Белорус. инж. акад. 2000. № 1 (9)/1. С. 160–162.
8. Соколов Э.М., Ветров В.В., Захаров Е.И., Панферова И.В. Совершенствование системы охраны труда на основе концепции профессионального риска. Тула, 1999.