

# Інформаційні технології в медицині

УДК 004.891+613.62

И.В. Антонова, Н.А. Чикина

Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина

## ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ УРОВНЕЙ РИСКА РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОБУСЛОВЛЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

*В данной статье описывается метод дифференциации уровней профессиональных рисков у рабочих предприятий химико-фармацевтической отрасли с учетом количественной оценки профессиональных рисков и его реализация в нечеткой экспертной системе оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний. Количественная оценка профессиональных рисков определялась на основе анализа кривых оценки резистентности гомеостаза. Метод может быть использован для дифференциации уровней риска развития широкого круга заболеваний.*

**Ключевые слова:** метод дифференциации состояний, количественная оценка риска, профессиональные риски, нечеткая экспертная система, кривые резистентности гомеостаза.

### Введение

**Постановка проблемы в общем виде и анализ литературы.** Традиционно в аллергологии задача ранней диагностики заболевания связана с анализом факторов риска, количество которых за последние годы резко возросло. Наличие факторов риска и факторов предрасположенности к различным аллергическим заболеваниям, оценка уровня адаптационно-компенсаторных возможностей организма дает возможность с определенной степенью уверенности индивидуально прогнозировать возможность развития профессионально обусловленных аллергодерматозов [1 – 3].

Как показали исследования [4], у рабочих и служащих химико-фармацевтической отрасли впервые кожные заболевания, связанные с профессиональной деятельностью, проявляются, в основном, в течение первых десяти лет работы на предприятии. Естественно, возникает вопрос о том, влияют ли на величину риска развития профессионально обусловленных заболеваний (ПОЗ) данные анамнеза?

Дифференциация уровней профессионального риска развития ПОЗ у рабочих проводится по результатам анализа групповых характеристик, определяющих, в частности, место работы на предприятии химико-фармацевтической отрасли и особенности анамнеза, т.е. принадлежности обследуемых рабочих к определенной группе риска. В [1 – 3] описаны группы риска, полученные в результате исследований, проведенных в рамках научно-исследовательских работ Харьковским НИИ Дерматологии и Венерологии АМН Украины совместно с НТУ «ХПИ» на предприятиях химико-фармацевтической промышленности.

В [5, 6] описана нечеткая экспертная система (НЭС) оценки риска развития ПОЗ, построенная на основе анализа выявленных в результате исследований индивидуальных и групповых факторов риска.

**Целью статьи является** описание метода дифференциации уровней риска развития ПОЗ на основе анализа кривых оценки резистентности гомеостаза и его реализация в НЭС оценки риска развития ПОЗ.

### Результаты исследований

По введенным в работах [1 – 3] обозначениям все обследованные рабочие были разделены на четыре группы риска: ГР1 («Имеющие в анамнезе аллергические заболевания различной этиологии»), ГР2 («Имеющие в анамнезе соматические заболевания»), ГР3 («Имеющие в анамнезе различные кожные заболевания неаллергического генеза»), ПЗ («Практически здоровые»). Выводы в исследованиях [1 – 3] строились на основе анализа заболеваемости ПОЗ у рабочих фармацевтической фирмы «Здоровье» г.Харькова (всего 364 человека) в группах ГР1 и ПЗ.

В настоящих исследованиях проводилось сравнение заболеваемости ПОЗ у рабочих, попавших в группу риска ГР1 из групп риска ГР2, ГР3 и ПЗ. Другими словами, решалась задача о влиянии на заболеваемость ПОЗ наличия в анамнезе обследуемых рабочих различных соматических заболеваний и кожных заболеваний неаллергического генеза.

Для достижения поставленной цели сформулированная выше задача решалась в два этапа. На первом этапе проводилось сравнение динамики проявлений ПОЗ у рабочих из групп риска ПЗ и объединенной группы ГР2,3. На втором этапе аналогичное сравнение проводилось для групп риска ГР2 и ГР3.

Введем в рассмотрение вспомогательную функцию  $r(t)$ , определяющую в каждый момент времени  $t$  вероятность того, что ПОЗ еще не проявится к моменту времени  $t$ , т.е. учитываются только первичные проявления ПОЗ у рабочих. Назовем ее функцией резистентности гомеостаза, характеризующей сопротивляемость организма профессиональным вредностям.

Для совокупности  $\Omega$  объема  $n$  значение функции резистентности гомеостаза вычисляется следующим образом:

$$r(t) = \frac{n_t}{n}, \quad 1 \leq t \leq s,$$

где  $n_t$  – число рабочих, не имевших проявлений ПОЗ к моменту  $t$  работы на предприятии;  $t=1$  соответствует началу работы на предприятии.

Для цели настоящих исследований рассматривались две выборки  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  из имеющейся совокупности данных  $\bar{\Omega}$ , такие, что  $\Omega_1 \cup \Omega_2 = \bar{\Omega}$ . При этом в  $\Omega_1$  вошли обследованные рабочие из объединенной группы ГР2,3, а в  $\Omega_2$  – из группы риска ПЗ. В качестве  $\bar{\Omega}$  была выбрана соответствующая часть базы данных обследования рабочих и служащих фармацевтической фирмы «Здоровье», созданная по результатам НИР [7].

По каждой сформированной выборке  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  были получены групповые оценки функции резистентности гомеостаза  $\hat{r}_1(t)$  и  $\hat{r}_2(t)$ :

$$\hat{r}_j(\tau) = f_1 \cdot f_2 \cdot \dots \cdot f_\tau,$$

где  $f_i = 1 - \frac{m_i}{n_i}$ ,  $i = \overline{1, \tau}$ ,  $1 \leq \tau \leq S$ ,  $j = \overline{1, 2}$ ,  $m_i$  – число рабочих с первичными проявлениями ПОЗ, появившимися до момента  $t = i$ ,  $n_i$  – общее число рабочих на предприятии к моменту  $t = i$ ,  $S$  – наибольший стаж работы, при котором впервые проявилось ПОЗ. При этом в число  $n_i$  не входят рабочие, чей стаж работы  $s < i$ .

Результаты вычислений представлены на рис. 1 в виде кривых  $L_1$  и  $L_2$  оценки резистентности гомеостаза  $\hat{r}_j(t)$ ,  $j = \overline{1, 2}$ , соответствующих группам обследованных  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$ . Описанная процедура называется методом Каплана-Мейера [8], которая применяется также при анализе выживаемости и построении кривых дожития.

Кривые  $L_1$  и  $L_2$  дают наиболее полную по имеющимся данным оценку  $\hat{r}(t)$  резистентности гомеостаза. Оценка точности приближения рассчитывалась по формуле Гринвуда [8]. Наличие такой оценки позволяет определять доверительные интервалы для  $r(t)$  в момент времени  $t$ .

Количественная оценка профессионального риска проводилась по результатам сравнения кривых  $L_1$  и  $L_2$  с применением непараметрического логрангового критерия [8]. Нулевая гипотеза  $H_0$  состояла в том, что в обеих группах  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  резистентность гомеостаза одинакова.

Одним из требований логрангового критерия [8] является то, что функции  $r_1(t)$  и  $r_2(t)$  связаны между собой соотношением  $r_2(t) = [r_1(t)]^\alpha$ , что означает, что кривые  $L_1$  и  $L_2$  практически параллельны, в крайнем случае, не пересекаются.

Поскольку соотношение  $r_2(t) = [r_1(t)]^\alpha$ , связывающее уровни профессионального риска, в соответствии с логранговым критерием имеет место при любом  $t$ , то параметр  $\alpha$  можно оценить таким образом

$$\alpha = \frac{\ln(r_2(S))}{\ln(r_1(S))},$$

где  $r_1(S)$  и  $r_2(S)$  – резистентность гомеостаза в группах  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  к концу наблюдения – моменту времени  $t = S$ .

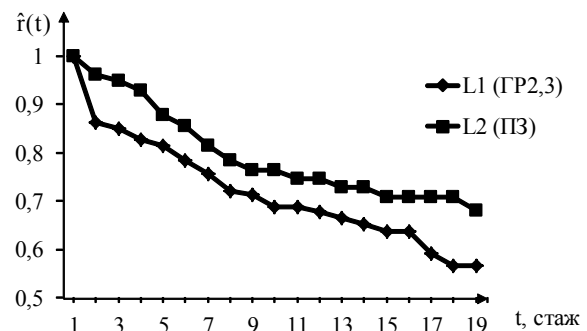


Рис. 1. Кривые оценки  $\hat{r}(t)$  резистентности гомеостаза:  $L_1$  – по группе  $\Omega_1$ ,  $L_2$  – по группе  $\Omega_2$

При этом, если  $\alpha = 1$ , то кривые оценок  $\hat{r}_1(t)$  и  $\hat{r}_2(t)$  совпадают, что равносильно отсутствию профессиональных рисков; если  $\alpha < 1$ , то уровень профессионального риска выше в группе обследованных  $\Omega_1$ , и наоборот, если  $\alpha > 1$ , то уровень профессионального риска выше в группе обследованных  $\Omega_2$ .

Как показали вычисления, стандартное отклонение выборочного распределения составило  $z_{i \text{ ääë.}} = 1,9815$ , что больше критического значения для уровня значимости 5% в случае нормального распределения, которое составляет  $z_{\text{ëð.}} = 1,96$ . Поэтому гипотеза  $H_0$  об отсутствии различий резистентности гомеостаза в группах  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  отклоня-

ется. Кроме того, значение параметра  $\alpha = 0,797$  дает возможность сделать вывод о том, что уровень профессиональных рисков выше в группе обследованных  $\Omega_1$ .

По аналогичной схеме были проанализированы группы риска ГР2 и ГР3. Однако по имеющейся базе данных различия в кривых оценки резистентности выявлены не были.

Результаты проведенных исследований дают возможность использовать метод количественной оценки профессиональных рисков в НЭС «Риск» [5, 6] в качестве соответствующей подсистемы «Резистентность».

Поскольку не были выявлены различия в уровнях профессионального риска в группах ГР2 и ГР3, то в дальнейшем они были объединены в одну группу ГР2,3. Группам риска ГР1, ГР2,3 и ПЗ в НЭС «Риск» соответствуют следующие градации целевого признака  $X_0 = \text{«Уровень риска развития ПОЗ»}$ :

$X_0^{(1)} = \text{«Высокий риск развития ПОЗ»}$ ,

$X_0^{(2)} = \text{«Повышенный риск развития ПОЗ»}$ ,

$X_0^{(3)} = \text{«Невысокий риск развития ПОЗ»}$ .

Структурная схема дополненной НЭС оценки риска развития ПОЗ приведена на рис. 2.



Рис. 2. Структурная схема дополненной НЭС оценки риска развития ПОЗ

Описанная в [5, 6] НЭС «Риск» дополнена в модуле нечеткого логического вывода подсистемой «Резистентность». Для включения в НЭС подсистемы «Резистентность» был введен дополнительный признак «Резистентность» с градациями «Низкая», «Высокая».

В процессе структурной идентификации модели системы для каждой переменной  $X_i$  ( $i = \overline{0, n}$ ) задавалось ее имя, терм-множества (градации)  $T_i$ , соответствующие им универсальные множества  $U_i$ .

Примем обозначения:

$X_1 = \text{«Место работы»}$ :  $T_1 = \{\text{«Связано»}, \text{«Отчасти связано»}, \text{«Не связано»}\}$ ,  $U_1 \in [0; 1]$ ;

$X_2 = \text{«Анамнез»}$ :  $T_2 = \{\text{«А3»}, \text{«Различные соматиче-$

ские заболевания»},  $U_2 \in [1; 3]$ ;

$X_3 = \text{«Резистентность»}$ :  $T_3 = \{\text{«Низкая»}, \text{«Высокая»}\}$ ,

$U_3 \in [0; 1]$ ;

$X_4 = \text{«Уровень резистентности»}$ :  $T_4 = \{\text{«Низкий»}, \text{«Высокий»}\}$ ,  $U_4 \in [0; 1]$ .

Для целевого признака:  $X_0 = \text{«Уровень риска развития ПОЗ»}$ :  $T_0 = \{\text{«Высокий риск развития ПОЗ»}, \text{«Повышенный риск развития ПОЗ»}, \text{«Невысокий риск развития ПОЗ»}\}$ ,  $U_0 \in [0; 1]$ .

Ниже приведены соответствующие решающие правила в модуле нечеткого логического вывода НЭС «Риск»:

ЕСЛИ ( $X_1 = \text{«Связано»}$ ) (с весом 0,8) или ( $X_2 = \text{«Различные соматические заболевания»}$ ) (с весом 0,7), ТО ( $X_3 = \text{«Низкая»}$ ).

ЕСЛИ ( $X_1 = \text{«Отчасти связано»}$ ) (с весом 0,8)  
ИЛИ ( $X_2 = \text{«ПЗ»}$ ) (с весом 0,8), ТО ( $X_3 = \text{«Высокая»}$ ).

ЕСЛИ ( $X_4 = \text{«Низкий»}$ ) (с весом 0,6), ТО ( $X_0 = \text{«Повышенный риск развития ПОЗ»}$ ).

ЕСЛИ ( $X_4 = \text{«Высокий»}$ ) (с весом 0,6), ТО ( $X_0 = \text{«Невысокий риск развития ПОЗ»}$ ).

Смысл приведенных решающих правил состоит в следующем.

Если у обследованного рабочего в анамнезе присутствуют какие-либо соматические заболевания или место работы связано непосредственно с профессиональными вредностями, то, в соответствии с введенной выше терминологией, сопротивляемость ПОЗ у него низкая, а риск развития ПОЗ повышенный.

Если у обследованного рабочего место работы отчасти связано с профессиональными вредностями или в анамнезе отсутствуют какие-либо кожные или соматические заболевания, то сопротивляемость ПОЗ у него высокая, а риск развития ПОЗ невысокий.

## Выводы

Предложенный метод дифференциации уровней риска развития ПОЗ на основе анализа кривых резистентности был реализован в виде подсистемы «Резистентность» в модуле нечеткого логического вывода НЭС «Риск». Это дает возможность использовать результаты работы НЭС в качестве рекомендаций по мерам профилактики профзаболеваний при проведении профилактических осмотров, а также при заключении медицинского страхового полиса на предприятии.

**Направление дальнейших исследований.** Результаты настоящих исследований могут быть использованы также для количественной оценки риска развития широкого круга заболеваний у детей и подростков с отягченным анамнезом.

## ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ РІВНІВ РИЗИКУ РОЗВИТКУ ПРОФЕСІЙНО ОБУМОВЛЕНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

І.В. Антонова, Н.О. Чікіна

У даній статті описується метод диференціації рівнів професійних ризиків у робочих підприємств хіміко-фармацевтичної галузі з урахуванням кількісної оцінки професійних ризиків та його реалізація в нечіткій експертній системі оцінки ризику розвитку професійно обумовлених захворювань. Кількісна оцінка професійних ризиків визначалася на основі аналізу кривих оцінки резистентності гомеостазу. Метод може бути використаний для диференціації рівнів ризику розвитку широкого кола захворювань.

**Ключові слова:** метод диференціації станів, кількісна оцінка ризику, професійні ризики, нечітка експертна система, криві резистентності гомеостазу.

## RISK LEVELS DIFFERENTIATION OF DYNAMICS OF THE PROFESSIONALLY CONDITIONED DISEASES

I.V. Antonova, N.A. Chikina

In this article the method of differentiation of professional risks levels at the chemical and pharmaceutical industry enterprises taking into account the quantitative estimation of professional risks is offered. This method is realized in the fuzzy expert system of risk estimation of the professionally conditioned diseases dynamics. The quantitative estimation of professional risks was determined on the basis of analysis of homeostasis resistance estimation curves. A method can be used for the risk dynamics levels differentiation of wide circle of diseases.

**Keywords:** method of differentiation of the states, quantitative estimation of risk, professional risks, fuzzy expert system, homeostasis resistance curves.

## Список литературы

1. Чикина Н.А. Изучение влияния внутренних факторов риска на развитие аллергодерматозов у рабочих химико-фармацевтических предприятий / Н.А. Чикина, И.В. Антонова // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Х.: НТУ «ХПИ», 2007. – № 19. – С. 195-200.
2. Чикина Н.А. Прогноз развития профессионально обусловленных заболеваний с помощью дискриминантного анализа / Н.А. Чикина, Ю.Л. Геворкян, А.И. Поворознюк, И.В. Антонова // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ВС, 2010. – Вып. 1(82). – С. 200-203.
3. Чикина Н.А. Математические модели адапционных процессов у рабочих предприятий химико-фармацевтической промышленности / Н.А. Чикина, И.В. Антонова // Информационные технологии и компьютерная инженерия. – Винница: ВНТУ, 2009. – № 2 (15). – С. 45-50.
4. Солошенко Э.Н. Определение факторов риска развития аллергодерматозов у рабочих предприятий химико-фармацевтической промышленности с помощью математических методов / Э.Н. Солошенко, Н.А. Чикина // Тезисы докладов научно-практической конференции «Метагігієна-93», 1993. – С. 137-138.
5. Поворознюк А.И. Нечеткая экспертная система прогноза риска развития профессионально обусловленных заболеваний / А.И. Поворознюк, Н.А. Чикина, И.В. Антонова // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Информатика и моделирование. – Х.: НТУ «ХПИ», 2010. – № 31. – С. 127-132.
6. Антонова И.В. Определение критического стажа в развитии профессионально обусловленных заболеваний в условиях химико-фармацевтического производства / И.В. Антонова // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ВС, 2012. – Вып. 2(100). – С. 231-236.
7. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка комплекса мероприятий с автоматизированной системой управления по ранней диагностике, лечению и профилактике больных аллергодерматозами среди рабочих с вредными условиями труда». – № 01.9.10 050715, 1993 г.
8. Гланц С. Медико-биологическая статистика: [Пер. с англ.] / Стентон Гланц. – М.: Практика, 1999. – 459 с.

Поступила в редколлегию 2.11.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.И. Поворознюк, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков.