

УДК 681.518

Н.А. ЧИКИНА, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ",
И.В. АНТОНОВА, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ",

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКА В СИСТЕМЕ МЕДИЦИНСКОГО СТРАХОВАНИЯ ПРОФПАТОЛОГИЙ

В работе описан метод прогноза риска развития профзаболеваний, основанный на применении конечных неоднородных цепей Маркова. Прогнозируемые значения риска в зависимости от стажа и места работы на предприятии определяются стохастическими матрицами. Полученные оценки риска являются опорными элементами в прогнозировании наступления страхового случая – развития профзаболеваний у рабочих предприятий химико-фармацевтической отрасли. Ил.: 2. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: профзаболевания, цепи Маркова, стохастические матрицы, оценки риска.

Постановка проблемы и анализ литературы. Одной из форм гарантий получения качественной медицинской помощи при заболевании является наличие медицинской страховки. В мировой практике существует страхование на случай возникновения одного какого-либо заболевания. Такой вид страхования обеспечивает весь спектр медицинских услуг при возникновении заболевания, указанного в страховом полисе [1].

Природа общего индивидуального риска в медицинском страховании и проблемы его применения рассмотрены в [2]. Оценка рисков стала основой здоровья и профилактики профессиональных заболеваний в странах Европы, в частности, в Великобритании. Работодатели несут юридическую ответственность за проведение доказательств оценки риска и обеспечения условий его минимизации [3].

Профессиональные или профессионально обусловленные заболевания способствовали развитию идеи организации системы корпоративного медицинского страхования [4], гарантирующего своевременную их профилактику и лечение. Термин "корпоративное" означает, что данная модель страхования разрабатывается для рабочих предприятий одной отрасли. Решающим в объединении предприятий является общность внешних факторов риска, а также достаточно четко очерченный круг характерных профзаболеваний.

Введение корпоративной системы медицинского страхования на базе внедрения на предприятиях экспертных систем по оценке риска их

развития даст возможность осуществлять персонифицированный контроль за динамикой состояния здоровья рабочих и служащих, предупредить возникновение профессионального заболевания. Такая система медицинского страхования является новым шагом в борьбе с профессиональными заболеваниями. Цели и задачи, четко определенные экономические, юридические, медицинские и некоторые другие социальные аспекты этого вида страхования гарантируют заинтересованность в его введении как профессиональных коллективов рабочих и служащих, так и администрации производства.

Целью настоящей работы является разработка системы поддержки принятия решений в медицинском страховании профпатологий с использованием цепей Маркова на базе математического моделирования состояния здоровья работающих в условиях вредного производства.

Основная часть. При воздействиях химических веществ на уровнях малых интенсивностей, как это имеет место на предприятиях химико-фармацевтической отрасли, наиболее значимыми представляются вопросы, связанные с диагностикой профессионально обусловленных заболеваний на ранней стадии развития, и проблемы адаптации организма к вредным условиям труда [5, 6].

Вследствие токсического воздействия состояние здоровья может характеризоваться либо как патология, либо как состояние относительной нормы. Решающим критерием, отличающим эту относительную норму от патологии, являются достоверные изменения, выходящие за пределы абсолютной нормы и "параллельного контроля" не только частных показателей, а также отдельных функциональных показателей.

Для изучения динамики состояния здоровья и решения задачи выбора соответствующих мер профилактики необходимо структурировать это понятие, представив его в виде ориентированного граф-дерева, вершины которого – состояния $S_i(t_k)$ ($i = \overline{1, n}$) здоровья в дискретные моменты времени t_k ($k = \overline{0, N}$), а ветви – возможные переходы между состояниями S_i . Тогда задача прогнозирования риска развития профессионально обусловленного заболевания в момент времени t_{k+1} при фиксированных внешних условиях сводится к отысканию вероятности p_{ij} перехода системы из состояния $S_i(t_k)$ в состояние $S_j(t_{k+1})$ страхового случая.

Представление процесса эволюции системы под действием внешних и внутренних факторов в виде последовательности переходов между состояниями $S_i(t_k)$ и $S_j(t_{k+1})$, относящимися к смежным моментам времени t_k и t_{k+1} , является эффективным способом исследования динамических систем с дискретным временем.

Сведения о характере выявленных закономерностей динамики состояний здоровья сосредоточены в базе статистических данных, созданной в ходе научно-исследовательских работ сотрудниками НТУ "ХПИ" совместно с ГП НИИВиД АМН Украины [7].

Обоснованием для представления той или иной индивидуальной формы рассматриваемого корпоративного страхового полиса станут матрицы условных вероятностей p_{ij} , учитывающие влияние внутренних факторов риска развития профессиональных заболеваний у рабочих предприятий данной промышленной отрасли.

Пусть A медико-биологическая система, в которой протекает дискретный марковский случайный процесс $S(t_k)$ с дискретными "качественными" состояниями S_1, S_2, \dots, S_n и дискретным временем $t_0, t_1, t_2, \dots, t_N$. Это означает, что вероятность перехода системы A в состояние S_j на $(k+1)$ -ом шаге зависит только от того, в каком состоянии S_i находилась система на предыдущем k -ом шаге и не зависит от того, как она вела себя до k -го шага.

Пусть $p_i(t_k)$ ($i = \overline{1, n}$, $k = \overline{0, N}$) – вероятность того, что система A в момент времени t_k будет находиться в состоянии S_i . Для нахождения вероятностей $p_i(t_k)$ необходимо знать условные вероятности $p_{ij}(t_k)$ перехода системы A на $(k+1)$ -ом шаге в состояние S_j , если известно, что на k -ом шаге система была в состоянии S_i . Распределение вероятностей системы A на каждом шаге t_k

определяется по рекуррентной формуле:
$$p_j(t_k) = \sum_{i=1}^n p_i(t_{k-1}) \cdot p_{ij}(t_k).$$

Возможность перехода из состояния S_i в состояние S_j описывается ориентированным графом (рис. 1).

Исследования, проведенные в [8, 9], позволили выделить у рабочих предприятия химико-фармацевтической отрасли следующие четыре состояния: S_1 "Практически здоровый" (ПЗ), S_2 "Группа риска 2" (ГР2),

S_3 "Группа риска 3" (ГР3), S_4 "Группа риска 1, Больные" (ГР1, Б), отражающие наличие у обследованных определенных внутренних факторов риска. При этом S_4 является поглощающим состоянием.

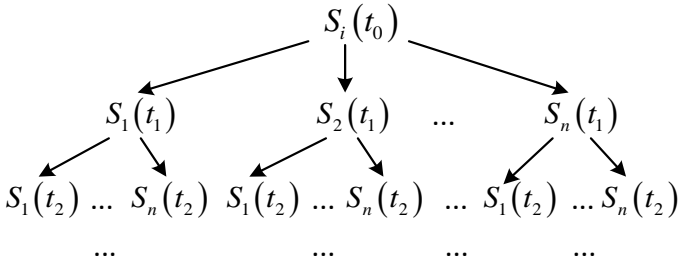


Рис. 1. Граф перехода между состояниями S_i и S_j

Построение стохастических матриц $\|p_{ij}(t_k)\|$ осуществлялось по результатам обработки базы данных обследования рабочих фармацевтической фирмы "Здоровье", г. Харьков [7].

Наступлению страхового случая соответствует переход из состояний S_1 , S_2 или S_3 в состояние S_4 . Введем новые обозначения. Обозначим состояние биологического объекта A через S_1^* , если он находится в состоянии S_1 , S_2 или S_3 , и через S_2^* , если он находится в состоянии S_4 . Соответствующий ориентированный граф изображен на рис. 2.

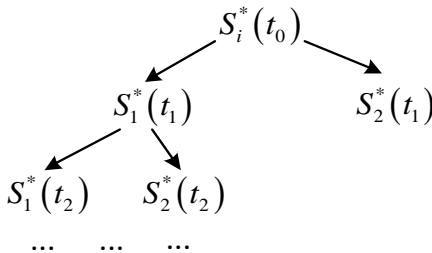


Рис. 2. Граф перехода между состояниями S_i^* и S_j^*

В этом случае матрица переходных вероятностей будет иметь вид:

$$P(t_k) = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix}, \quad (k = \overline{0, N}).$$

Так как состояние S_4 является поглощающим, то $p_{21} = 0, p_{22} = 1$ в любой момент времени t_k ($k = \overline{0, N}$). Расчеты по имеющейся базе данных показали, что, например, $p_{12}(t_2) = 0,25$, тогда $p_{11}(t_2) = 0,75$. А матрица переходных вероятностей примет вид: $P(t_2) = \begin{pmatrix} 0,25 & 0,75 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, а при $t = t_3$: $p_{12}(t_3) = 0,375$, $p_{11}(t_3) = 0,625$ и $P(t_3) = \begin{pmatrix} 0,625 & 0,375 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$.

Сравнение матриц $P(t_2)$ и $P(t_3)$ показывает, что вероятность развития профессионально обусловленных заболеваний возрастает по мере увеличения стажа работы на предприятии с вредными условиями труда. Принятие решений по условиям медицинского страхования профпатологий при оформлении страхового полиса должно производиться на основании комплексной оценки состояния здоровья рабочего с учетом имеющихся факторов риска и оценки риска страхового случая.

Разработанная авторами нечеткая экспертная система (НЭС) оценки риска развития профессионально обусловленных заболеваний [10] учитывает воздействия как внутренних, так и внешних факторов на основе их количественной оценки с последующей дифференциацией уровней риска для каждого работника предприятия. Добавление к НЭС в виде дополнительного модуля результатов настоящих исследований по оценке риска развития профессионально обусловленных заболеваний позволит расширить возможности ее применения при формировании индивидуальных страховых полисов корпоративной системы медицинского страхования профпатологий.

Выводы. Полученные в ходе настоящих исследований результаты совместно с разработанной НЭС составляют систему поддержки принятия решений в разрабатываемом авторами корпоративном медицинском страховании рабочих и служащих предприятий химико-фармацевтической отрасли.

Список литературы: 1. *Emmett J.V.* Fundamentals of Risk and Insurance, 10th Edition / *Emmett J. Vaughan, Therese M. Vaughan.* - John Wiley & Sons, Inc., 2008. - 720 p. 2. *Melnikov A.* Risk analysis in finance and insurance / *Alexander Melnikov.* - Chapman & Hall/CRC monographs and surveys in pure and applied mathematics, 2004. - 252 p.

3. *Walters D.* Beyond Limits: Dealing with Chemical Risks at Work in Europe / *David Walters, Karola Grodzki.* - Emerald Group Publishing Limited, 2006. - 432 p. 4. *Чикина Н.А.* Математические основы медицинского страхования рабочих и служащих предприятий химической и фармацевтической промышленности / *Н.А. Чикина* // *Дерматология и венерология.* - 2004. - № 3 (25). - С. 69-74. 5. *Чикина Н.А.* Математические модели адаптационных 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. 6. *Солошенко Э.Н.* Автоматизированные информационные системы для диагностики профессионально обусловленных аллергодерматозов на стадии предболезни / *Э.Н. Солошенко, Н.А. Чикина, А.В. Спивак* / Тезисы научн.-практ. конф. "MicroCAD system", Харьков, 1993. - С. 243-245. 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. *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".* Серия: Информатика и моделирование. - Харьков: НТУ "ХПИ". - 2007. - № 19. - С. 195-200. 9. *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. - Харьков: ХУВС. - 2010. - Вып. 1 (82). - С. 200-203. 10. *Чикина Н.А.* Метод количественной оценки профессиональных рисков на предприятиях химико-фармацевтической отрасли / *Н.А. Чикина, И.В. Антонова* // *Вестник НТУ "ХПИ".* Серия: Информатика и моделирование. - Харьков: НТУ "ХПИ". - 2012. - № 38. - С. 196-201.

Поступила в редакцию 25.03.2013

Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Поворознюк А.И.

УДК 681.518

Прогнозування ризику в системі медичного страхування профпатологій / Чікіна Н.О., Антонова І.В. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. - Харків: НТУ "ХПІ". - 2013. - № 39 (1012). - С. 199 - 205.

В роботі описано метод прогнозу ризику розвитку профзахворювань, що базується на застосуванні скінчених ланцюгів Маркова. Значення ризику, що прогноуються, в залежності від стажу і місця роботи на підприємстві у просторі станів здоров'я визначаються стохастичними матрицями. Отримані оцінки ризику є опорними елементами у прогнозуванні розвитку профзахворювань у робітників підприємств хіміко-фармацевтичної галузі. Л.: 2. Бібліогр.: 10 назв.

Ключові слова: профзахворювання, ланцюги Маркова, стохастичні матриці, оцінки ризику.

UDC 681.518

Risk prognosis in medical insurance system of professional pathology / Chikina N.A., Antonova I.V. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. - Kharkov: NTU "KhPI". - 2013. - №. 39 (1012). - P. 199 - 205.

The method of prognosis of risk dynamics of professional pathology, based on application of eventual heterogeneous Markov's chains is described. The estimation of risk depending on experience and work places on an enterprise in problem of health states space are determined by

stochastic matrices. The got estimations of risk are supporting elements in prognostication of offensive of accident insured - dynamics of professional pathology at the working enterprises of chemical and pharmaceutical industry. Figs.: 2. Refs.: 10 titles.

Keywords: professional diseases, Markov's chains, stochastic matrices, risk estimations.