

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТРИЧНОГО АГРЕГАТНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЯ (МАВ) В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЦИДИВОВ ЗАБОЛЕВАНИЙ

З. И. АБДУЛАЕВА, Д. Ф. КУРБАНБАЕВА, М. Э. ТОПУЗОВ

*Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова*

**Abstract.** The report contains a description of the approach to the prediction of relapse by a matrix of aggregate calculator (MAB), based on the results of the theory of fuzzy sets and soft computing.

**Keywords:** *Matrix aggregate computer, expert systems, Fuzzy logic, qualitative indicators, urolithiasis disease, prostate cancer*

В практике медицинских исследований прогнозирование риска заболеваний в основном осуществляется на базе линейных регрессий, связывающих значимые факторы и результирующий интегральный показатель, характеризующих степень риска рецидива заболевания (напр., [4, 8]). Подобные регрессионные методы обладают существенной неустойчивостью к колебаниям исходных данных, а выводы этих методов существенно разнятся от года к году и от региона к региону. Нам, как специалистам в области информатики, экономики и рисков [1–3, 6], отчётливо ясна эта проблема, присутствующая абсолютно всем регрессионным методам анализа данных без исключения. Ровно в таком же положении оказалась в своё время теория Альтмана [9] прогнозирования риска банкротства, которая в ходе линейной регрессии увязывает между собой вероятность банкротства и набор наиболее значимых (по мысли авторов) входных факторов модели прогнозирования банкротства. Многие попытки усовершенствовать модель Альтмана и приспособить её к российским реалиям не возымели успеха.

В итоге, исследователи решили отказаться от регрессионного подхода к прогнозированию банкротства, а сосредоточиться на качественном распознавании состояния предприятия, на основе чего делать вывод о возможности банкротства, используя результаты теории нечётких множеств [5]. И именно в этот момент в теорию распозна-

вания и прогнозирования вошла технология матричного агрегатного вычислителя (МАВ), которая состоит в следующем:

- на вход МАВ поступают показатели, которые могут иметь количественный, качественный и признаковый вид;
- все эти показатели упорядочиваются по убыванию значимости для комплексной оценки, а затем получают веса на основании схемы Фишберна;
- входные показатели МАВ фазифицируются, т.е. приводятся к единому качественному виду, с применением специализированных лингвистических классификаторов, настроенных экспертами в ходе групповых сессий. Обычно в качестве такого классификатора выступает система трапезиевидных нечётких чисел, удовлетворяющая свойству серой шкалы Поспелова;
- вводится система узловых точек, отвечающих носителю, на который будет спроецирован результирующий показатель. Такой показатель может быть определён на носителе единичного интервала  $[0,1]$  или иметь балльный вид от 1 до 5. В первом случае, вектор узловых точек – это  $\{0.1, 0.3, 0.5\}$ , во втором случае –  $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ ;
- результаты распознавания укладываются в матрицу, где строки матрицы – это входные показатели со своими весами, столбцы матрицы – качественные градации уровней факторов, а на пересечении строк и столбцов стоят уровни принадлежности входных факторов своим качественным градациям;

- результирующий показатель МАВ – это двумерная свёртка всех уровней принадлежности матрицы с двумя векторами весов: вектором весов значимости факторов для оценки и вектором узловых точек;

- результирующий показатель проходит лингвистическое распознавание, с выделением прогностических рекомендаций.

Технологию МАВ удачно перекладывается с экономических приложений на медицинские. На вход МАВ подаются значимые медицинские факторы, выделенные медицинскими экспертами, а на выходе получают прогностическую рекомендацию следующего вида:

- риск рецидива мал, вмешательства не требуется;

- средний риск рецидива, необходимо регулярное наблюдение и профилактика;

- риск рецидива высок, необходимо экстренное врачебное вмешательство и/или кардинальное изменение образа жизни пациента.

Рассмотрим пример прогнозирования риска рецидива мочекаменной болезни (МКБ), с использованием, для краткости, нескольких факторов, выделенных в исследовании [4]. В исследовании показано, что для трёх различных диапазонов возрастов  $A = [18, 29]$  лет,  $B = [30, 39]$  лет,  $C = [50]$  и более лет выделяются принципиально различные входные факторы, оказывающие влияние на риск рецидива МКБ. Эти факторы следующие:

- А: объём потребления жидкости в сутки, наследственность МКБ со стороны близких родственников, характер конкремента, дренирование полостной системы, употребление алкоголя;

- Б: употребление алкоголя, наследственность МКБ, выраженность болевого симптома, гематурия, срок отхождения дезинтегрированного конкремента (песка), диаметр чашечки, диаметр лоханки;

- В: район проживания, употребление алкоголя, интенсивность физической нагруз-

ки (крайне низкая или крайне высокая), систематическое употребление лекарственных препаратов или БАДов, срок, прошедший с момента последней госпитализации по поводу МКБ, характер предыдущего лечения, наличие хронического пиелонефрита, дренирование полостной системы.

Видно, что в состав факторов прогноза входят как количественные прямо измеряемые показатели (время, размер), так и признаковые значения. Количественные факторы удобно превращать в качественные, используя технику лингвистического анализа гистограмм [7]. Что касается признаковых значений, то их нужно разносить по краям диапазона лингвистической шкалы. Например, употребление алкоголя как имеющийся фактор свидетельствует о неблагоприятном прогнозе рецидива (очень высоком уровне риска рецидива).

В результате, мы строим многомерную риск-функцию рецидива  $Risk = Risk(X)$ , где  $X$  – вектор входных диагностических показателей. Сами по себе уровни Risk подлежат жёсткому или мягкому нормированию, с установлением соответствия между качественной градацией Risk и набором рекомендаций для обследования, профилактики и лечения.

Другим примером прогнозирования рецидива может послужить прогнозирование рецидива рака предстательной железы (РПЖ). Если с показателями МКБ более менее понятно, и можно ожидать приемлемого результата, то у таких мало изученных и сложных заболеваний как РПЖ, показателей практически нет. Особенно это сказывается при попытке диагностики. РПЖ вообще не обладает ни одним показателем, который бы был присущ только ему, а попытка поймать рак основывается на единственном показателе – ПСА (простат специфическом антигене) [8]. Соответственно, в задачу последующих исследований входит построение более качественной информационной модели РПЖ, которая наполняется не только количественными,

но и качественными и признаковыми факторами, причём большая часть данных этого класса оценивается с экспертных позиций, вне прямой связи с количественными измерениями. Особой проблемой здесь является возможность конфликта различных экспертных суждений в рамках качественного оценивания одних и тех же факторов. Такие конфликты требуют специализированной процедуры для их преодоления.

Таким образом, МАВ представляет собой простейшую медицинскую экспертную систему, которая может быть подстроена под условия конкретного региона проживания пациентов, особенностей их профессиональной занятости (с вредными условиями труда), половозрастными характеристиками. Регулярное обследование пациентов, однажды перенесших МКБ, позволяет мониторить риски рецидива в режиме реаль-

ного времени, своевременно выявляя качественные сдвиги в результатах обследования и в анализах, что предполагает изменение прогноза рецидива и соответствующее изменение в рекомендациях по профилактике и лечению заболевания.

Здесь же уместно провести параллель между технической долговечностью (остаточным ресурсом оборудования) и ожидаемым временем с момента наблюдения до рецидива. Современная теория индивидуальной оценки надёжности высокозначимых систем (к которым относится и человек) устанавливает прямую зависимость между характером эксплуатации системы и её остаточным ресурсом (в человеческом измерении, временной наработки на рецидив заболевания или – шире – расчётным сроком дожития).

### **Литература**

1. Абдулаева З.И. Разработка методов управления рисками инновационной деятельности: Дис. ... канд. экон. наук. / СПб: Санкт-Петербургский университет управления и экономики, 2013. 200 с.
2. Абдулаева З.И., Боброва Л.В. Информатика. / З.И. Абдулаева, Л.В. Боброва. СПб: Изд-во Политехн. ун-та 2016г., 172 с.
3. Абдулаева З.И., Недосекин А.О. Стратегический анализ инновационных рисков / З.И. Абдулаева, А.О. Недосекин. СПб.: Изд. СПбГПУ, 2013. 146 с.
4. Кузьмина Ф.М. Метафилактика мочекаменной болезни на основе прогнозирования риска рецидива заболевания. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. мед. наук/Ф.М. Кузьмина. Казань: КазГМУ, 2009. 160 с.
5. Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: Дисс. ... доктора экономических наук / СПб, СПбГУЭФ, 2004. 280 с. – Также в режиме доступа: [http://www.mirkin.ru/\\_docs/doctor005.pdf](http://www.mirkin.ru/_docs/doctor005.pdf). Дата обращения: 18.01.2017.
6. Недосекин А.О., Абдулаева З.И. Оценка промышленных и экономических рисков предприятий: Учеб. пособие. СПб: СПбГПУ, 2016. 108 с.
7. Недосекин А.О., Фролов С.Н. Лингвистический анализ гистограмм экономических факторов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2008, № 2. С. 48–55. Также на сайте: [http://elibrary.ru/download/elibrary\\_11903127\\_51755959.pdf](http://elibrary.ru/download/elibrary_11903127_51755959.pdf). Загл. с экрана. Яз. рус. Дата обращения: 18.01.2017.
8. Топузов М.Э. Пути оптимизации ранней диагностики рака предстательной железы: Дисс. ... доктора медицинских наук / М.Э. Топузов. СПб.: СЗГМА им. И.И. Мечникова, 2008. 241 с.
9. Altman E., Hotchkiss E. Corporate Financial Distress and Bankruptcy: Predict and Avoid Bankruptcy, Analyze and Invest in Distressed Debt. N.Y.: Wiley, 2006. 368 p.