

## ОЦЕНКА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ГЕМОСТАЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Ю.Г. Терпиловская<sup>1</sup>, А.А. Ушакова<sup>2</sup>, В.М. Бондарик<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Частное научно-производственное унитарное предприятие «НТЛаб-системы» ул. Сурганова, 41, ЧНПУП «НТЛаб-системы», 220013, Минск, Беларусь,;

E-mail: Juliet\_ai@mail.ru

<sup>2</sup> Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ул. П. Бровки, 6, БГУИР, каф. ЭТТ, 220013, Минск, Беларусь, тел. +375 17 2932117

E-mail: Bondarik@bsuir.by

**Abstract.** The article deals with the diagnosis of various diseases associated with the hemostatic system. It shows one example of solving the issue of the complexity of establishing an accurate diagnosis: the use of expert systems and fuzzy logic rules. It provides an example of creating a prototype expert system using Fuzzy Logic Toolbox, which is part of the development environment Matlab. It shows the advantages of using fuzzy logic in developing medical expert systems.

Кровь – важнейшая интегрирующая система, которая обеспечивает обмен метаболитами и информацией между тканями и клетками, пластическую и защитную функции организма. Протекая по закрытому контуру, кровь контактирует со всеми органами. Общая поверхность капилляров человеческого организма составляет около 1000 м<sup>2</sup>. Многообразие и важность функций, огромная протяженность приводят к значительной уязвимости системы кровообращения. Гемостаз призван поддерживать нормальное агрегатное состояние крови [1].

Исследованию гемостаза в последние годы уделяется большое внимание. Появляются новые диагностические методы, лекарственные препараты, схемы лечения больных. В современной лабораторной диагностике все большее значение приобретают функциональные инструментальные исследования, которые вносят в клинику необходимую объективность и неоспоримую точность измерений, позволяют врачу обнаружить прежде неумовимые физиологические или патологические изменения системы кровообращения [2].

Обширное количество параметров, участвующих в установлении диагноза и оценке работы системы гемостаза, предоставляет широкий выбор направлений диагностирования и последующего лечения. Многообразие методов оценки гемостаза позволяет улучшить качество оценки работы системы, но при этом повышает риск ошибки в диагнозе за счет сложности сопоставления всех необходимых условий. Решением проблем подобного рода является использование компьютерных технологий, например, экспертных систем и электронных баз данных. Наиболее значимым из приведенных примеров является экспертная система.

Экспертная система – система, объединяющая возможности компьютера со знаниями и опытом эксперта в такой форме, что система может осуществить разумное решение поставленной задачи [3].

Осознание полезности систем, которые могут копировать дорогостоящие или редко встречающиеся человеческие знания, привело к широкому внедрению и расцвету этой технологии в 80-е, 90-е годы прошлого века. Основу успеха экспертных систем составили два важных свойства. Первое – это знания отделены от данных, мощность экспертной системы обусловлена в первую очередь мощностью базы знаний и только во вторую очередь используемыми методами решения задач. И второе – решаемые задачи являются неформализованными или слабо формализованными и используют эвристические, экспериментальные, субъективные знания экспертов в определенной предметной области.

Для разработки медицинской экспертной системы предложено использовать нечеткую логику. Примером использования нечеткой логики является пакет прикладных программ *Fuzzy Logic Toolbox*, входящих в состав среды *MatLab*.

Инструмент *Fuzzy Logic* был представлен в 1965 Лютфи Заде и является математическим инструментом для работы с неопределенностью. Он предлагает компьютерным партнерам важный принцип вычисления, использующий слова. Этот инструмент предоставляет способ работать с неточностью и информационной структурной детализацией. Теория нечеткой логики является механизмом для представления лингвистических конструкций, таких как «много», «низкий», «средний», «часто», «мало». В целом, нечеткая логика – это структура логического вывода, которая расширяет возможности человеческих способностей. Напротив, традиционная теория двоичного набора описывает четкие события, которые или происходят, или нет. Она использует теорию вероятностей, чтобы объяснить произойдет ли событие, измеряя вероятность с которой оно происходит. Теория нечеткой логики основана на понятии относительного ступенчатого представления о фактах, аналогично функции мышления и познавательным процессам человека. Выгода нечетких множество состоит в их способности моделировать неопределенную или двусмысленную информацию, так часто встречающуюся в реальной жизни [4].

На вход экспертной системы поступают нечеткие данные, смутные утверждения, которые могут быть сформулированы простыми словами. После произведенных расчетов, пользователь получает заключение, на основании которого может произвести дальнейший анализ исходных данных.

*Fuzzy Logic Toolbox* содержит следующие категории программных инструментов: функции; интерактивные модули с графическим пользовательским интерфейсом (*GUI*); блоки для пакета *Simulink*; демонстрационные примеры; исходные коды на языке *C* автономной машины нечеткого логического вывода.

Связь инструмента с *GUI* позволяет создавать удобные программные приложения, при помощи которых можно разграничить доступность изменений внутренней структуры разрабатываемого продукта при помощи решений дизайнера. Так обычный пользователь будет видеть перед собой только окна для ввода информации, и только опытный пользователь сможет изменить внутреннюю структуру и правила, на которых основывается принятие решения программой.

*Simulink* – это графическая среда имитационного моделирования, позволяющая при помощи блок-диаграмм в виде направленных графов, строить динамические модели, включая дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и разрывные системы. Среда *Simulink*, позволяет использовать уже готовые библиотеки блоков для моделирования электросиловых, механических и гидравлических систем, а также применять развитый модельно-ориентированный подход при разработке систем управления, средств цифровой связи и устройств реального времени [4].

Исходные коды на языке *C* автономной машины нечеткого логического вывода позволяют загружать *FIS*-файл и файл исходных данных, а также выполнять нечеткий логический вывод. Кроме того, машина нечеткого логического вывода может быть встроена во внешние модули [4].

При разработке прототипа экспертной системы в отношении гемостаза были выбраны следующие лингвистические переменные: активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ) и протромбиновое время (ПТВ). Для каждого из признаков были сформированы функции принадлежности, которые наглядно отражают промежутки значений данных параметров, являющиеся нормой или отклонением для работы системы гемостаза. Для АЧТВ нормой является отрезок [55 65], для ПТВ – отрезок [15 25]. Затем все используемые параметры объединили при помощи словесных условий «Если..., то...». Для этого сформирована база данных, в которой описывается принадлежность каждого из

параметров к установлению определенного результата, в данном случае – предварительного диагноза. В случае только двух параметров, всю информацию легко представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Дифференциальная диагностика

Заболевание	Значение АЧТВ, с	Значение ПТВ, с
Гемофилия	63-65	19-20
ДВС-синдром	55-56	14-15
Тромбофилия	60-61	12-13
Болезнь Виллебранда	52-53	19-20
Антифосфолипидный синдром	65-67	17-18
Дефицит фибриногена	60-61	25-26
Печеночная недостаточность	63-64	23-24

На основании информации, представленной в таблице 1, легко составить правила, например: «Если значение АЧТВ более 62 с, а ПТВ в норме (19-20 с), то возможный диагноз – гемофилия».

Предложенная экспертная система позволит упростить и ускорить работу врача-специалиста по определению предполагаемого диагноза и выбору схемы лечения пациента. Для дальнейшего усовершенствования медицинской экспертной системы необходимо обучение нейронных сетей на реальных клинических данных и использование опыта экспертов в этой области.

С помощью нейросетевых технологий (экспертных систем), возможно проведение поэтапного анализа с присваиванием весовых коэффициентов параметрам гемостаза. По результатам обучения нейронных сетей возможна настройка на конкретную патологию системы гемостаза, разделение стадий патологии и исходов заболевания. Возможна организация одновременного анализа группы пациентов по всем исследуемым показателям, без расчета статистических показателей, для оценки принадлежности результатов анализа к тому или иному классу.

#### *Литература*

1. Долгов, В. В. Лабораторная диагностика нарушений гемостаза / В. В. Долгов, П. В. Свиринов – М. – Тверь: Триада, 2005. – С. 227.
2. Берковский, А. Л. Лабораторные методы исследования системы гемостаза и диагностика нарушений гемокоагуляции: учебное пособие / А. Л. Берковский, А. А. Козлов, Т. М. Простакова. – Ставрополь. – Москва: Москва, 2009. – С. 60.
3. Бирюков, С. В. Генераторы и формирователи импульсов на микросхемах КМОП / С. А. Бирюков. – Москва: Радио и связь, 1990. – С. 128.
4. Sivanandam, S. N. Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB / S. N. Sivanandam, S. Sumathi, S. N. Deepa – Berlin: Springer, 2007. – С. 441.