

Горбаченко В.И., Кузнецова О.Ю., Соломаха А.А. Нейронные и нечеткие сети в диагностике синдрома эндогенной интоксикации у больных с хронической болезнью почек. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2014. – С. 68-72.

УДК 004.032.26

## **НЕЙРОННЫЕ И НЕЧЕТКИЕ СЕТИ В ДИАГНОСТИКЕ СИНДРОМА ЭНДОГЕННОЙ ИНТОКСИКАЦИИ У БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК**

В.И. Горбаченко, О.Ю. Кузнецова, А.А. Соломаха

## **NEURAL AND NEURO-FUZZY NETWORKS FOR THE DIAGNOSIS OF SYNDROME ENDOGENOUS INTOXICATION AT PATIENTS WITH THE CHRONIC RENAL INSUFFICIENCY**

V.I. Gorbachenko, O.Y. Kuznetsova, A.A. Solomaha

**Аннотация.** Представлены результаты применения нейронечеткого метода диагностики синдрома эндогенной интоксикации (СЭИ) у больных хронической почечной недостаточностью (ХПН) в терминальной и в ранней стадиях. Рассматриваются нейронечеткие методы и принципы построения нечетких сетей для диагностики СЭИ.

**Ключевые слова:** хроническая почечная недостаточность, нечеткие нейронные сети, синдром эндогенной интоксикации.

**Abstract.** In the article presented taking about application of fuzzy method of diagnostics of syndrome of endogenous intoxication (SEI) at sick of the chronic nephritic insufficiency, being on a program out-patient hemodialysis. SEI remains to one of the most actual problems in structure of a modern somatic pathology. Authors consider fuzzy methods and principles of construction of fuzzy networks for diagnostics SEI.

**Keywords:** fuzzy network, syndrome of endogenous intoxication, chronic renal linsufficiency.

Актуальной проблемой современной медицины является улучшение качества жизни больных с синдромом эндогенной интоксикации (СЭИ), страдающих хронической почечной недостаточностью. В последние десятилетия около полутора миллионов человек в мире находились на программном гемодиализе. Несмотря на современные медико-технические возможности диагностики СЭИ, у пациентов с хронической почечной недостаточностью затруднено раннее выявление патологии почек. Именно это объясняет тенденцию постоянного увеличения потенциальных реципиентов донорской трупной почки [1–3]. В настоящее время в Пензе функционирует новый центр гемодиализа для пациентов с терминальной стадией хронической почечной недостаточности, ожидающих пересадку аллогенной почки в трансплантационных центрах России. Для своевременного лечения больных с хронической почечной недостаточностью необходима ранняя диагностика синдрома эндогенной интоксикации.

С целью ранней диагностики синдрома эндогенной интоксикации нами предложен формализованный метод, который можно реализовать в клиническом отделении больницы на персональном компьютере.

Для решения поставленной цели были сформированы две группы наблюдений. Первую группу наблюдений составили 84 здоровых донора отделения переливания крови и 84 истории болезни пациентов в терминальной стадии хронической почечной недостаточности, данные были предоставлены Пензенской областной клинической больницей им. Н.Н. Бурденко. Для второй группы наблюдений были взяты лабораторные данные 40 здоровых донора отделения переливания крови и 40 пациентов с ранней стадией хронической почечной недостаточности. Всего изучено 248 истории болезни пациентов и доноров отделения переливания крови. Использовано 26 показателей на основе общего и биохимического анализа крови, а также 2 показателя клинического анализа мочи. Основными этапами данной работы являлись: сбор данных, восстановление в них пропусков значений, отбор наиболее информативных показателей для нейросетевой и нейронечеткой диагностики, анализ нейронных и нечетких сетей, выбор оптимальной архитектур сетей, экспериментальные компьютерные исследования, анализ результатов нейросетевой и нейронечеткой диагностики СЭИ.

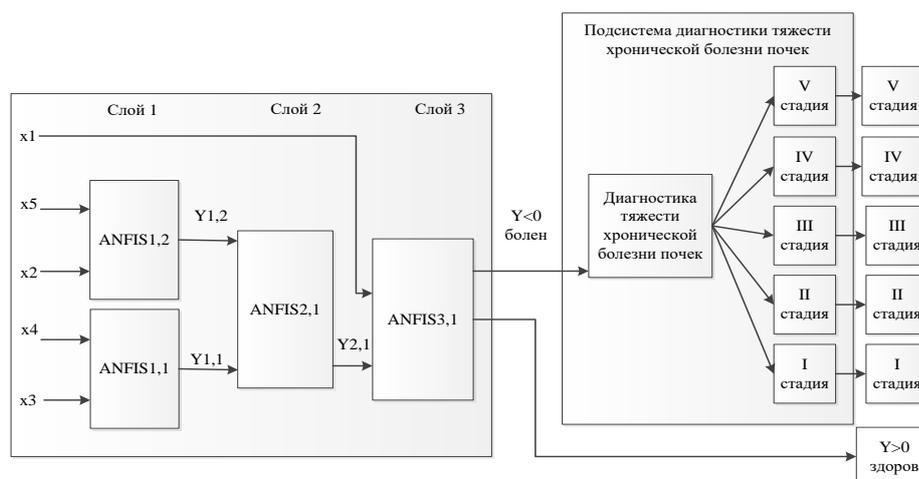
На основе анализа выборки медицинских обучающих данных, полученных из реальных историй болезней, был сделан вывод, что выборка содержит пропуски. Анализ статистических методов заполнения пропусков в обучающих данных показал целесообразность использования бутстреп-метода и кластерного анализа для заполнения пропусков. Данный способ позволяет учесть особенности вероятностного распределения лабораторных анализов пациентов, исключая возможность искажения характера распределения анализов [4].

Анализ лабораторных методов диагностики СЭИ показал недостаточность универсальных методов идентификации специфических маркеров токсикоза. На данном шаге были исследованы способы выбора информативных показателей, основанные на корреляционном анализе показателей здоровых и больных пациентов, а также на анализе *t*-критерия Стьюдента и критерия Манна-Уитни, позволившие использовать сокращенный набор анализов (общий белок, мочевины, креатинин, альбумины и билирубин) для диагностики синдрома эндогенной интоксикации на примере ХПН.

С использованием пакета Neural Network Toolbox системы MATLAB проведены исследования однослойного и многослойного персептронов для диагностики СЭИ. Однослойный персептрон с пороговой функцией активации не способен обучаться на полученных данных – это говорит о том, что данные диагностики не являются линейно разделимыми. Исследовано применение многослойного персептрона с сигмоидальными функциями активации. В ходе экспериментов подобрана оптимальная структура сети, содержащей входной, скрытый и выходной слои. Количество нейронов во входном слое равно пяти, скрытый слой содержит шестнадцать нейронов, а выходной слой – один. Ошибка диагностики вычисляется как процент неправильно распознанных примеров от общего числа примеров. Ошибка диагностики хронической почечной недостаточности в терминальной стадии с использованием нейронной сети составила 8,33 %, в ранней стадии – 32,63 % [5]. На множестве данных пациентов в ранней стадии хронической почечной недостаточности нейронные сети дают большой процент ошибки диагностики и целесообразно провести эксперименты с нейро-нечеткими сетями.

С использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB исследовано применение для диагностики СЭИ адаптивной нейро-нечеткой сети ANFIS типа Сугено. Основная особенность сети данного типа состоит в том, что функции принадлежности настраиваются с помощью алгоритма обратного распространения ошибки, а выводы делаются с использованием методов нечеткой логики. При построении правил базы знаний исходили из условия, что пациент считается больным, если хотя бы один показатель превышает допустимый уровень. Экспериментально было установлено, что ошибка диагностики хронической почечной недостаточности в терминальной стадии с использованием нейро-нечеткой сети составляет 5,36 %, в ранней стадии – 16,05 %. Если структуру нейронной сети (и как следствие – количество настраиваемых коэффициентов) можно выбирать, то структура адаптивной нейро-нечеткой сети (ANFIS) постоянна и зависит от количества входов. Так, для ANFIS с двумя входами используется 28 настраиваемых коэффициентов, а с пятью – 232, это является ограничением для применения ANFIS.

Для сокращения числа настраиваемых коэффициентов разработана нейро-нечеткая сеть, имеющая каскадную архитектуру (рисунок). Данная сеть использует узлы с сетью ANFIS и может быть обучена с помощью процедур оптимизации, также сеть дополнена слоем, на котором определяется тяжесть хронической болезни почек (ХБП).



### *Структура каскадной нейро-нечеткой сети для диагностики СЭИ*

При выходе из подсистемы диагностики СЭИ с результатом "болен" происходит переход в подсистему диагностики тяжести хронической болезни почек (см. рисунок). Критерием тяжести является скорость клубочковой фильтрации (СКФ), которая рассчитывается по известным формулам СКД-ЕРІ (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration), справедливым на любой стадии хронической болезни почек у представителей всех четырех рас.

Тестирование каскадной нейро-нечеткой сети, настроенной с использованием алгоритма оптимизации, показало, что ошибка диагностирования на данных о больных в терминальной стадии ХПН составила 1,7 %, на данных о больных в ранней стадии ХПН – 11,8 %.

Анализ результатов проведенных исследований показал, что оптимальный способ диагностики синдрома эндогенной интоксикации состоит в диагностике по пяти лабораторным показателям, которая позволяет врачу повысить досто-

верность диагноза, сократив затраты и время исследования. Каскадная нейро-нечеткая сеть показала лучшие результаты в диагностике по сравнению с нейронными сетями. Данная сеть использует в узлах адаптивную нейро-нечеткую сеть ANFIS типа Сугено с девятью нечеткими правилами в первом узле сети, четырьмя правилами во втором и третьем узлах, диагностирующих наличие или отсутствие СЭИ. Сеть содержит дополнительный слой, диагностирующий тяжесть ХБП.

#### Библиографический список

1. Малахова М. Я. Метод регистрации эндогенной интоксикации: пособие для врачей. – СПб.: Изд-во СПб МАПО, 1995. – 34 с.

2. Ахметов Р. Ф., Старчиков С. В., Ахметов Р. Ф. Способ определения степени эндогенной интоксикации у больных с абдоминальным сепсисом // Труды международного конгресса "Новые технологии в хирургии". – Ростов-на-Дону, 2005. – С. 47.

3. Niu S.F., Li I.C. Quality of life of patients having renal replacement therapy // Journal of Advanced Nursing. – 2005, vol. 51. – Issue 1. – P. 15–21.

4. Кузнецова (Белова) О. Ю. Применение нечеткого вывода с оптимизацией в диагностике хронической почечной недостаточности // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского. Физико-математические и технические науки. – 2011. – № 26. – С. 564–568.

5. Горбаченко В. И., Белова О. Ю., Соломаха А. А. Нейросетевая система диагностики эндогенной интоксикации у больных с хронической почечной недостаточностью в хирургической клинике // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9. – № 3. – С. 622–626.

**Горбаченко Владимир Иванович**

Пензенский государственный  
университет,

г. Пенза, Россия

E-mail: [gorvi@mail.ru](mailto:gorvi@mail.ru)

**Gorbachenko Vladimir Ivanovich**

Penza State University,

Penza, Russia

**Кузнецова Ольга Юрьевна**

Пензенский государственный  
университет,

г. Пенза, Россия

E-mail: [ellekasandra@yandex.ru](mailto:ellekasandra@yandex.ru)

**Kuznetsova Olga Yr'evna**

Penza State University,

Penza, Russia

**Соломаха Анатолий Анатольевич**

Пензенский государственный  
университет,

г. Пенза, Россия

E-mail: [anatoly.solomakha@yandex.ru](mailto:anatoly.solomakha@yandex.ru)

**Solomaha Anatoly Anatol'evich**

Penza State University,

Penza, Russia