

Таким образом, предложенная автором структура базы данных позволяет собрать в одном доступном месте все сведения о спортсмене, что значительно облегчает анализ полученных при тестировании данных. Это позволит разработать индивидуальные рекомендации для каждого спортсмена и также дать необходимый материал для работы тренеру спортсмена [6].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Слива, С.С.* Отечественная компьютерная стабилография: состояние, проблемы и перспективы / С.С. Слива, И.В. Кондратьев, А.С. Слива // Материалы МИС–2008. – Таганрог, 2008.
2. *Слива С.С.* Современные возможности компьютерной стабилографии в спорте / С.С. Слива, И.Д. Войнов, А.С. Слива // Материалы Международной конференции. – Чернигов, 2009.
3. *Шестаков, М.П.* Использование стабилотрии в спорте. Монография. – М.: ТВТ Дивизион, 2007. – 112 с.
4. ГОСТ Р 51536-99 (ИСО 13485-96). Системы качества. Изделия медицинские.
5. ГОСТ Р ИСО 9001-96. Специальные требования по применению.
6. http://www.giord.ru/stabilan_n.php.

Акжигитов Рамиль Фяритович

Пензенская государственная технологическая академия.
E-mail: marafon-penza@yandex.ru.
440605, г. Пенза, проезд Байдукова, ул. Гагарина, 1а/11.
Тел.: 88412496155.

Akzhigitov Ramil Fyaritovich

Penza State Academy of Technology.
E-mail: marafon-penza@yandex.ru.
1a/11, Baidukova, Gagarina street, Penza, 440605, Russia.
Phone: +78412496155.

УДК 615.47

В.А. Алексенко, Кабус Дерхим Али Кассим, С.А. Филист**ГИБРИДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО
ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКЕ ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
НА ОСНОВЕ МНОГОЧАСТОТНОГО АНАЛИЗА ПАССИВНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОМАТЕРИАЛОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ
IN VIVO***

Для диагностики инфекционных заболеваний используется мониторинг биоимпеданса крови и тканей in vivo, осуществляемый в широком частотном диапазоне зондирующих токов посредством носимого медицинского прибора. Для анализа данных используется спектральный анализ кривой Коула и нечеткое нейросетевое моделирование.

Многочастотный биоимпедансный анализ; спектральный анализ; нейросетевое моделирование.

* Работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

V.A. Aleksenko, Kaboos Derhim Ali Kassim, S.A. Filist

**HYBRID INFORMATION TECHNOLOGY ON THE EXPRESS TRAIN
OF DIAGNOSTICS OF INFECTIOUS DISEASES ON THE BASIS OF THE
MULTIFREQUENCY ANALYSIS OF PASSIVE ELECTRIC PROPERTIES
OF BIOMATERIALS IN EXPERIMENTS IN VIVO**

For diagnostics of infectious diseases monitoring bioimpedance blood and fabrics in vivo, carried out in a wide frequency range of probing currents by means of the portable medical device is used. For the analysis of the data the spectral analysis of a curve of Cole and indistinct neural network modelling is used.

The multifrequency bioimpedance analysis; the spectral analysis; neural network modelling.

Ситуация, сложившаяся во многих национальных системах здравоохранения, характеризуется следующими особенностями: средний возраст пациентов высок в связи с увеличением продолжительности жизни; большое количество хронических заболеваний, которые необходимо выявлять как можно раньше в целях обеспечения оптимального лечения; люди стали больше заботиться о своем здоровье и нуждаются в квалифицированных медицинских консультациях, но не хотят тратить время на посещение больниц и лечение; общая стоимость медицинских услуг постоянно растёт без заметного увеличения их качества. Выходом из создавшейся проблемной ситуации может явиться широкое использование носимых медицинских приборов (НМП), которые осуществляют мониторинг и непрерывное лечение, и удовлетворяют пациентов по стоимостным показателям. Идея НМП в том, чтобы пациенты не зависели от семейного врача, и имели возможность проводить простые измерения самостоятельно и самостоятельно заботиться о своём здоровье.

Обширная группа болезней, относящаяся к инфекционным заболеваниям, вызывается патогенным возбудителем. В отличие от других заболеваний, инфекционные болезни могут передаваться от зараженного человека или животного здоровому (контагиозность) и способны к массовому (эпидемическому) распространению. В общей структуре заболеваний человека на инфекционные болезни приходится от 20 до 40 %. Эффективность лечения и предупреждение инфекционных заболеваний во многом связаны не только с возможностью их надежного выявления на ранних стадиях, но и с возможностью регистрации активности их протекания в динамике.

Для использования НМП при диагностике инфекционных заболеваний наиболее перспективными можно считать методы многочастотной импедансометрии.

В [1] приведены модели биотканей, используемые в биоимпедансометрии и показано, что удельное сопротивление является сложной функцией частоты зондирующего тока. Эту функцию представляют в виде графика Коула, пример которого представлен на рис. 1.

График Коула – это полуокружность с приближенным радиусом $(R_0 - R_\infty)/2$, который пересекает ось абсцисс в точках R_0 и R_∞ . Центр полуокружности не обязательно расположен на оси абсцисс, он может быть и под ней.

Экспериментальные исследования показали, что модели биоимпеданса отличаются в зависимости от того, исследуется ли в качестве биоматериала кровь или биоткань. Это объясняется тем, что кровь содержит один доминирующий вид клеток, а ткань человека содержит клетки различного типа. Поэтому необходимо исследовать графики Коула для переменной составляющей импеданса, которая связана с величиной кровенаполнения и импеданс которой определяется составом крови, и базисной составляющей, величина которой определяется импедансом биотканей.

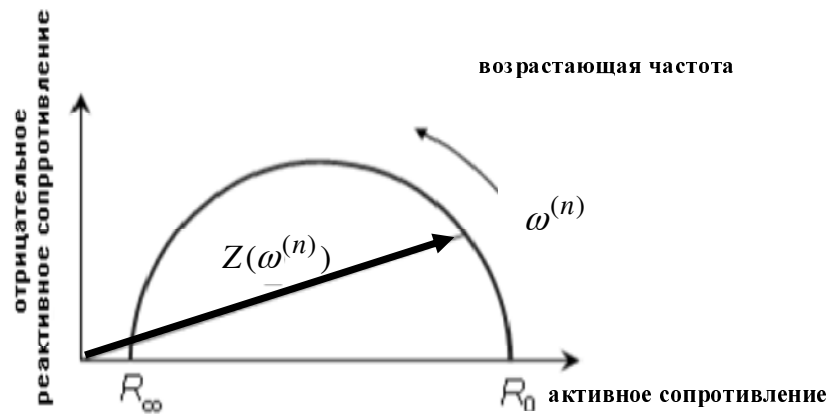


Рис. 1. График Коула

Так как наличие вирусной инфекции изменяет химический состав клеток крови и биотканей, то это приводит к деформации кривой Коула. Кривая Коула может быть замкнута посредством известных способов и, следовательно, как любая периодическая функция представлена в виде дискретного преобразования Фурье:

$$\dot{Z}(\Omega^{(n)}) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \dot{z}(\omega^{(n)}) \exp(-j \frac{2\pi n \Omega^{(n)}}{N}), \quad (1)$$

где n – номер частоты зондирующего биообъекта тока (изменяется от 1 до N); $\dot{z}(\omega^{(n)})$ – комплексное сопротивление биообъекта на частоте зондирующего тока с номером n ; $\Omega^{(n)}$ – номер частотной составляющей Фурье-представления кривой Коула.

Для диагностики инфекционных заболеваний предлагается следующая методика. В опытах *in vivo* исследуемый биоматериал подключается к источнику гармонического сигнала с перестраиваемой частотой. В эксперименте используются N гармоник. Разделив биоимпеданс на переменную (кровь) и базовую (биоткань) составляющие, получаем две кривых Коула, которые преобразуются в спектр Фурье согласно уравнению (1). Полученные два признаков подпространства используются для формирования входных векторов соответствующих нейронных сетей, обученных на соответствующую вирусную инфекцию.

Для реализации нейросетевой модели прогнозирования выбрана структура слоистой нейронной сети (рис. 2), состоящая из входного, выходного и скрытых слоев, поскольку она наиболее подходящая и широко используется в задачах классификации [2].

Рассматриваемая нейронная сеть имеет один выход $FV(Z)$ и является аппроксиматором. Для настройки нейронной сети используем программное обеспечение, разработанное на кафедре биомедицинской инженерии Курского государственного технического университета, выполненное в среде MATLAB 7.01.

В качестве обучающей функции выбрана встроенная функция `trainlm`, которая модифицирует значение весов и смещений в соответствии с методом оптимизации Левенберга-Маркара. Выбор данной функции обусловлен наибольшими качественными показателями по скорости обучения по сравнению с другими обучающими функциями. Несмотря на то, что `trainlm` является достаточно требова-

тельной к оперативной памяти, на современных вычислительных машинах данная особенность не является критической.

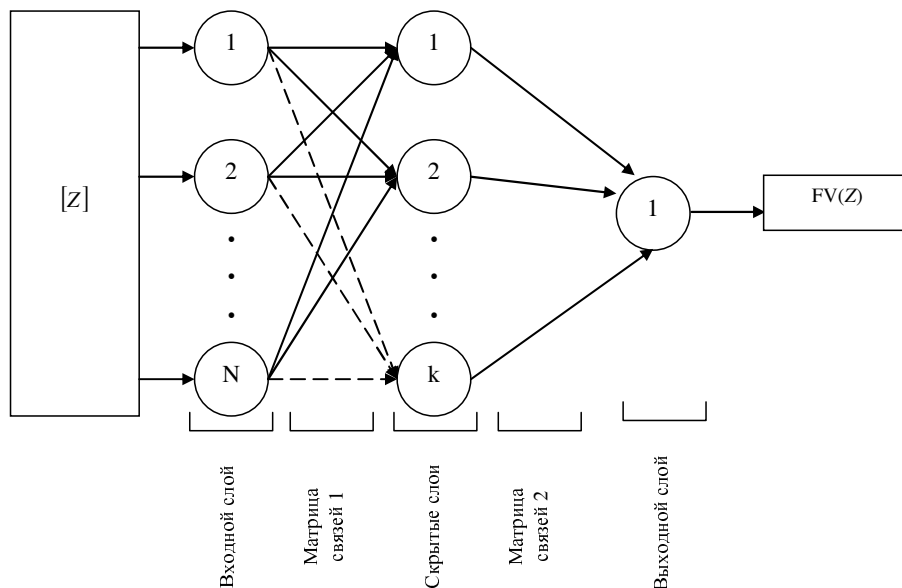


Рис. 2. Структура нейронной сети, используемой для идентификации биоматериала

Для контроля ошибки обучения используется функция mse , позволяющая адекватно оценить ошибки при любых диапазонах входных значений переменной.

К управляемым параметрам конфигурации нейронной сети относятся количество слоёв и число нейронов во внутренних слоях, а также количество циклов обучения. Так как среда настройки нейронной сети ориентирована на классификацию, а не на аппроксимацию, то вводится ранжирование риска инфекционного заболевания.

Выходы нейронных сетей интерпретируются как уверенности в инфицировании данным вирусом, определенные по факторам импеданса крови и импеданса биоткани. Эти выходы интерпретируются как нечеткие числа и поступают на вход агрегатора, в котором вычисляется окончательная уверенность в вирусном заболевании.

Структурная схема устройства, позволяющего выполнить вышеописанную процедуру, приведена на рис. 3.

Устройство состоит из двух частей: носимого блока, который является НПМ (выполнен на контроллере PIC 18) и программного обеспечения, которое обеспечивается персональным компьютером. В базе данных компьютера имеется множество моделей нейронных сетей и агрегаторов, настроенных на определенное вирусное заболевание. На выходе агрегатора выдается число (в диапазоне $0 \dots 1$), которое характеризует уверенность в тестируемом инфекционном заболевании. Окончательное решение принимается специалистом после изучения анамнеза и, при необходимости, проведения лабораторных исследований.

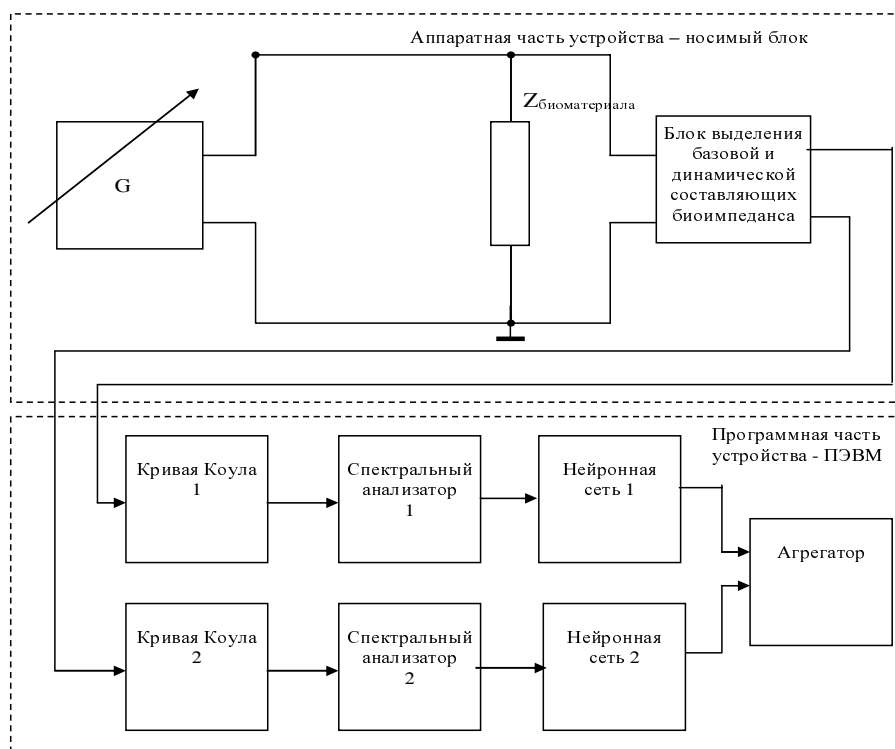


Рис. 3. Структурная схема устройства для многочастотного биоимпедансного мониторинга

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Grimnes S., Martinsen O. G 2005 Cole electrical impedance Model-a critique and an alternative IEEE Transactions on Biomedical Engineering 52 132-5.
2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации. С. Осовский / Пер. с польского И.Д. Рудинского. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 344 с.

Алексенко Виктор Александрович

Кассим Кабус Дерхим Али

Курский государственный технический университет.

E-mail: SFilist@gmail.com.

305040, г. Курск, ул. Челюскинцев, 19, к. Б.

Тел.: 84712587098.

Филист Сергей Алексеевич

305000, г. Курск, ул. Марата, 24а, кв. 7.

Aleksenko Victor Aleksandrovich

Kaboos Derhim Ali Kassim

Kursk State Technical University.

E-mail: SFilist@gmail.com.

19, Cheljusintsev street, the case B, Kursk, 305040, Russia.

Phone: +74712587098.

Filist Sergey Alekseevich

24A/7, Marata street, Kursk, 305040, Russia.