

УДК 004.9:[612.172.2+612.216]

*АЛГОРИТМЫ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ КОМПЛЕКСОМ  
РЕГУЛЯТОРНО-АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА*

**Т.В. ШКИРЯ<sup>1</sup>, С.В. УСАТИКОВ<sup>1,2</sup>**

*<sup>1</sup>Кубанский государственный технологический университет,  
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2,  
электронная почта: shkirya.tatiana@yandex.ru*

*<sup>2</sup>Кубанский государственный университет,  
350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149,  
электронная почта: sv@usatikov.com*

Рассмотрено ПО системы поддержки принятия решений (СППР) для целей оптимизации времени при оценке программно-аппаратным комплексом регуляторно-адаптивных возможностей (РАВ) организма человека. На основе нейросетевого прогнозирования разработаны алгоритмы блока прогноза системы параметров сердечно-дыхательного синхронизма (СДС), необходимых для задания частоты стимулятора при пробах с заданной частотой дыхания. Нейросетевая регрессия позволяет получить прогноз диапазона СДС с относительной точностью  $\delta \leq 20-30\%$ , при доверительной вероятности  $p=80-90\%$ , на основе наименее трудоёмких по измерениям и фиксации параметров СДС. Предложенные алгоритмы реализованы на С# в СППР системы измерения РАВ.

**Ключевые слова:** медицинские системы поддержки принятия решений, статистическое прогнозирование, сердечно-дыхательный синхронизм

Всё большее распространение получают системный анализ и современные информационные технологии в медицинских системах поддержки принятия решений (СППР). Применение методов прогнозирования позволяет оптимизировать ПО для автоматизированного определения параметров сердечно-дыхательного синхронизма (СДС) путём сокращения числа проб с заданной частотой дыхания [1-4]. Программно-аппаратный комплекс состоит из прибора «ВНС-Микро» и ПО для автоматизированного определения параметров СДС. Результаты статистического анализа системы параметров СДС, характеризующие регуляторно-адаптивные возможности (РАВ) организма человека, могут быть использованы как элементы экспресс-методик [2-4]. В данной работе предложены алгоритмы блока прогнозирования системы параметров СДС, необходимых для задания частоты стимулятора при пробах. Нейросетевая регрессия позволяет получить прогноз диапазона СДС с

относительной точностью  $\delta \leq 20-30\%$ , при доверительной вероятности  $p=80-90\%$ , на основе наименее трудоёмких по измерениям и фиксации параметров СДС.

Исследована система количественной оценки РАВ, включающая: Макс.гр. и Мин.гр., единицей измерения которых являются кардио-респираторные циклы в минуту (крц/мин); длительность развития синхронизации на минимальной границе диапазона (Дл.Р.мин.гр.) в кардиоциклах (кц); исходная частота сердечных сокращений (Исх.ЧСС), сокр./мин; исходная частота дыхания (Исх.ЧД), дых./мин.

В качестве основы прогноза Мин.гр. учитывались: Исх.ЧСС, Исх.ЧД, возраст, рост, вес, пол и день менструального цикла (ДМЦ) для женщин. Наилучшую точность показала нейросетевая (НС) регрессия - многослойный персептрон MLP: величина  $P=\text{Мин.гр.}-\text{Исх.ЧСС}$  может прогнозироваться с относительной точностью  $\delta \leq 50\%$ , при доверительной вероятности  $p=50\%$ . В [4] качестве основы прогноза Макс.гр. учитывались: Мин.гр., Дл.Р.мин.гр., Исх.ЧСС, Исх.ЧД; возраст, рост, вес, пол, ДМЦ для женщин. Наилучшую точность показала НС- регрессия MLP: величина ДС может прогнозироваться по указанным факторам-аргументам с  $\delta \leq 20-30\%$ , при  $p=80-90\%$ .

Располагая НС-регрессионными прогнозами Мин.гр. и Макс.гр., по указанным факторам-аргументам, можно предложить следующий алгоритм СППР для сокращения времени оценки программно-аппаратным комплексом РАВ организма человека. Для задания частоты стимулятора при определении Мин.гр. производится НС-прогнозирование величины  $P=\text{Мин.гр.}-\text{Исх.ЧСС}$ . Первая проба производится с частотой стимулятора  $\text{Мин.гр.}=P+\text{Исх.ЧСС}$ . Дальнейшие пробы направлены на уточнение величины Мин.гр. Если при прогнозируемой частоте возникает СДС, то происходит переход к поиску Макс.гр. Если при прогнозируемой частоте стимулятора для первой пробы нет СДС, то дальнейшие пробы производятся с увеличением частоты на 3 дыхательных движения в минуту, пока в пробе не возникнет СДС, после чего происходит переход к поиску Макс.гр. После фиксирования Мин.гр. и

Дл.Р.мин.гр., производится НС-прогнозирование Макс.гр. через величину  $ДС=Макс.гр.-Мин.гр.+1$ . Если при прогнозируемой частоте стимулятора для следующей пробы развивается СДС, то дальнейшие пробы производятся с увеличением частоты на 3 дыхательных движения в минуту до пробы, при которой СДС не развивается. В противоположном случае – с уменьшением, пока в пробе не возникнет СДС.

Один из резервов дальнейшего сокращения числа проб - экспресс-методика [2] измерения уровня РАС (от «высокий» до «низкий»). Можно предложить следующий алгоритм СППР измерения уровня РАС. В методике сокращённого пошагового определения уровня РАС, предложенной в [2], предлагается внести изменения на этапе фиксирования Мин.гр. и Дл.Р.мин.гр.: на первом этапе с помощью НС-прогноза определяется Мин.гр. через величину Р, которая становится известной с относительной точностью до 50% при доверительной вероятности 50%. Дальнейшие шаги совпадают с [2].

Указанные алгоритмы, программно реализованные на языке С#, позволяют автоматизировано определять РАВ организма человека при различных функциональных состояниях и в динамике заболеваний, и сокращают время исследования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сердечно-дыхательный синхронизм в оценке регуляторно-адаптивных возможностей организма / Под ред. В.М. Покровского. – Краснодар: Изд.Кубань-Книга, 2010. – 244 с.

2. Полищук Л.В., Усатиков С.В., Шкиря Т.В., Покровский В.М. Статистическое прогнозирование в создании экспресс-методики определения уровня регуляторно-адаптивного статуса организма человека // Куб.науч.медиц.вестник, 2014, №6, С.65-70.

3. Шкиря Т.В. Статистический анализ системы количественной оценки регуляторно-адаптивного статуса организма человека // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики. – Матер. III научно-практич. интернет-конф., Ульяновск: Изд. SIMJET, 2014. – С.385-391

4. Покровский В.М., Усатиков С.В., Шкиря Т.В., Полищук Л.В. Статистическое прогнозирование максимальной границы диапазона кардиореспираторной синхронизации // Куб.науч.мед.вестник, 2015, №3, с.83-87.

#### REFERENCES

1. Serdechno-dykhatelnyy sinkhronizm v otsenke regulyatorno-adaptivnykh vozmozhnostey organizma / Pod red. V.M. Pokrovskogo. – Krasnodar: Izd.Kuban-Kniga, 2010. – 244 s.

2. Polishchuk L.V., Usatikov S.V., Shkirya T.V., Pokrovskiy V.M. Statisticheskoe prognozirovaniye v sozdaniy ekspress-metodiki opredeleniya urovnya regulyatorno-adaptivnogo statusa organizma cheloveka // Kub.nauch.medit.vestnik, 2014, №6, S.65-70.

3. Shkirya T.V. Statisticheskyy analiz sistemy kolichestvennoy otsenki regulyatorno-adaptivnogo statusa organizma cheloveka // Mezhdistsipl. issl. v oblasti matematicheskogo modelirovaniya i informatiki. – Mater.III nauchno-praktich. internet-konf., Ulyanovsk: Izd.SIMJET, 2014. – С.385-391

4. Pokrovskiy V.M., Usatikov S.V., Shkirya T.V., Polishchuk L.V. Statisticheskoe prognozirovaniye maksimalnoy granitsy diapazona kardiorespiratornoy sinkhronizatsii // Kub.nauch.medit.vestnik, 2015, №3, s.83-87.

#### *THE ALGORITHMS OF DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THE ASSESSMENT OF REGULATORY AND ADAPTIVE CAPABILITIES OF THE HUMAN BODY BY THE SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX*

**T.V. SHKIRYA<sup>1</sup>, S.V. USATIKOV<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072,  
e-mail: shkirya.tatiana@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Kuban State University,  
149, Stavropolskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350040,  
e-mail: sv@usatikov.com*

Decision Support System (DSS) software has been considered to optimize time for assessment regulatory and adaptive capabilities (RAC) of the human body by software and hardware complex. Algorithms of unit for the forecast of the values of cardiorespiratory

synchronism (CRS) parameters has been developed on the basis of neural network forecasting, which are necessary to set the frequency stimulator when samples with a predetermined frequency of breathing. Neural Regression provides the forecast of CRS range with relative accuracy  $\delta \leq 20-30\%$  and confidence level  $p = 80-90\%$ , which is based on the least time-consuming for measurement and recording parameters of the CRS. The proposed algorithms are implemented in C# in the DSS of RAC measurement system.

**Key words:** medical decision support systems, statistical forecasting, cardiorespiratory synchronism.