

РЕГРЕССИОННЫЙ И НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-ДЫХАТЕЛЬНОГО СИНХРОНИЗМА В СОЗДАНИИ ЭКСПРЕСС-МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГУЛЯТОРНО-АДАПТИВНОГО СТАТУСА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Шкиря Т.В., соискатель кандидата технических наук

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»
Минобрнауки России, кафедра общей математики

Метод сердечно-дыхательного синхронизма (СДС) дает возможность объективной количественной оценки регуляторно-адаптивного статуса (РАС) организма при различных функциональных состояниях и в динамике заболеваний у человека [1]. Применение методов прогнозирования и статистической классификации позволяет оптимизировать программное обеспечение (ПО) для автоматизированного определения параметров СДС путём сокращения числа проб с заданной частотой дыхания [2-4]. Рассмотренные в докладе экспресс-методики, встроенные в ПО системы измерения СДС, основаны на указанных методах и способствуют минимизации времени определения РАС организма человека, что позволяет усовершенствовать существующий пошаговый принцип определения значений параметров СДС. Таким образом, объективная оценка РАС организма человека становится более доступной для широкого использования.

1. Нейросетевая регрессия и классификация как элементы экспресс-методик.

Результаты [2-4] статистического анализа системы параметров СДС могут быть использованы как элементы экспресс-методик. Исследована система количественной оценки РАС, включающая: максимальная граница диапазона синхронизации (Макс.гр.), минимальная граница (Мин.гр.), единицей измерения которых являются кардиореспираторные 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 в минуту (Исх.ЧД), дых./мин. Наиболее значимыми показателями СДС, характеризующими РАС организма человека, являются диапазон синхронизации $ДС = Макс.гр. - Мин.гр. + 1$ и Дл.Р.мин.гр. Измерение параметров СДС позволяет оценить РАС с помощью индекса регуляторно-адаптивного статуса (ИРАС): $ИРАС = (ДС / Дл.Р.мин.гр.) \times 100$.

В качестве основы прогноза Мин.гр. учитывались: возраст, рост, вес, пол и день менструального цикла (для женщин); Исх.ЧСС, индекс Кердо. Рассмотрены линейные и квадратичные регрессионные модели, а также нейросетевые методы - многослойный перцептрон (MLP) и сеть типа радиальной базисной функции (RBF). Наилучшую точность показала MLP-регрессия, которую можно применить для поддержки принятия решения в алгоритме экспресс-методики: величина $P = Мин.гр. - Исх.ЧСС$ прогнозируется с относительной погрешностью $\delta \leq 50\%$, при доверительной вероятности $p = 50\%$; а величина Дл.Р.мин.гр. - с $\delta \leq 20\%$, при $p = 80\%$.

В качестве основы прогноза Макс.гр. учитывались: Мин.гр., Дл.Р.мин.гр., Исх.ЧСС; возраст, рост, вес, пол, день менструального цикла (для женщин), величины диастолического (ДАД) и систолического (САД) артериального давления. Рассмотрены линейные и квадратичные регрессионные модели, а также MLP и RBF. Наилучшую точность показала MLP-регрессия, которую можно применить для поддержки принятия решения в алгоритме экспресс-методики: величина ДС может прогнозироваться по указанным факторам-аргументам с $\delta \leq 20-30\%$ при $p = 80-90\%$.

Шкала оценки регуляторно-адаптивного статуса по ИРАС: регуляторно-адаптивные возможности организма высокие (5 уровень) при $ИРАС \geq 100$; хорошие (4 уровень) при $50 \leq ИРАС < 100$; удовлетворительные (3 уровень) при $25 \leq ИРАС < 50$;

низкие (2 уровень) при $10 \leq \text{ИРАС} < 25$; неудовлетворительные (1 уровень) при $\text{ИРАС} < 10$. Для статистического прогноза уровня регуляторно-адаптивного статуса (РАС) (от «высокий» до «низкий») рассмотрены линейный дискриминантный анализ, а также MLP и RBF. Наилучшую точность показала MLP-классификация, которую можно применить для поддержки принятия решения в алгоритме экспресс-методики: возможно завершение обследования в 1 (с вероятностью 70%), 2 (с вероятностью 90%), или 3 (контрольный) этапа (пробы), в зависимости от наблюдаемого уровня РАС у обследуемого.

2. Экспресс-методика измерения регуляторно-адаптивного статуса.

Возможна следующая оптимизация существующего пошагового принципа определения значений параметров СДС. На первом этапе с помощью НС-прогноза определяется Мин.гр. через величину Р, которая становится известной с $\delta \leq 50\%$ при $p=50\%$. Если при прогнозируемой частоте стимулятора для следующей пробы развивается СДС, то дальнейшие пробы производятся с уменьшением частоты на 3 дыхательных движения в минуту до пробы, при которой СДС не развивается (тогда величина Мин.гр. определится по предыдущей пробе). В противоположном случае – с увеличением, пока в пробе не возникнет СДС, (тогда величина Мин.гр. определится по последней пробе).

После фиксирования Мин.гр. и Дл.Р.мин.гр., производится НС-прогнозирование Макс.гр. через величину ДС, которая становится известной с $\delta \leq 20-30\%$ при $p=80-90\%$. 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 (тогда величина Макс.гр. определится по предыдущей пробе).

3. Экспресс-методика измерения уровня регуляторно-адаптивного статуса.

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 $\delta \leq 50\%$ при $p=50\%$. Дальнейшие шаги алгоритма совпадают с [2].

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.медц.вестник, 2014, №6, С.65-70
3. Шкиря Т.В. Статистический анализ системы количественной оценки регуляторно-адаптивного статуса организма человека // Междисципл. иссл. в области математического моделирования и информатики. – Матер.III научно-практич. internet-конф., Ульяновск: Изд.SIMJET, 2014. – С.385-391
4. Усатиков С.В., Шкиря Т.В. Нейросетевая классификация и дискриминантный анализ уровня регуляторно-адаптивных возможностей организма человека // Научные труды КубГТУ, №1, 2014, С.1-13 <http://ntk.kubstu.ru/file/20>