

УДК 621.396.969

## **Создание многоканального комплекса для дистанционного определения психоэмоционального состояния человека**

*Ушкова Е.В., студент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
кафедра «Медико-технические информационные технологии»*

*Научный руководитель: Парашин В.Б., д.т.н., профессор  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный консультант: Анищенко Л.Н., к.т.н., доцент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[pvi@bmstu.ru](mailto:pvi@bmstu.ru)  
[rslab@rslab.ru](mailto:rslab@rslab.ru)*

### **Введение**

В настоящее время все более широким исследованиям подвергается психоэмоциональное состояние человека. К числу произвольных вегетативных реакции, возникающих в связи с эмоциональными переживаниями, относятся изменение работы сердечнососудистой системы (частота сердечных сокращений, частота пульса, кровяного давления, расширение и сужение просвета сосудов, гормонального и химического состава крови), респираторной системы (частоты и глубины дыхания, его ритма), температуры тела, работы потовых, слюнных и других желез внешней секреции, работы желез внутренней секреции (гипофиза, щитовидной, поджелудочной и других желез), изменение уровня тонического напряжения мышц, электрического сопротивления кожи, температуры кожи и т.д.

Однако все разработанные на сегодняшний день методы, предназначенные для определения психоэмоционального состояния человека, обладают рядом недостатков, среди которых можно выделить: контактный съём информации о физиологических параметрах субъекта, высокая стоимость соответствующего изделия, необходимость разработки чрезвычайно сложных алгоритмов распознавания эмоциональных характеристик, а также крайне узкие возможности применения.

Таким образом, создание многоканального комплекса для дистанционного определения психоэмоционального состояния человека, объединяющего в себе несколько методик и обладающего свойством эмерджентности, представляет собой особую актуальную задачу медицинского приборостроения.

<http://sntbul.bmstu.ru/doc/593011.html>

## Проведение экспериментов

При проведении экспериментов нами были использованы:

- многочастотный радиолокационный стенд BioRASCAN4, разработанный в Лаборатории Дистанционного Зондирования МГТУ им. Н.Э. Баумана;
- термограф ИРТИС-2000 МЕ;
- веб-камера LOGITECH HD Webcam C905;

Эксперименты проводились с участием 12 практически здоровых испытуемых в возрасте от 20 до 22 лет, мужского и женского пола (студенты МГТУ им. Н.Э. Баумана).

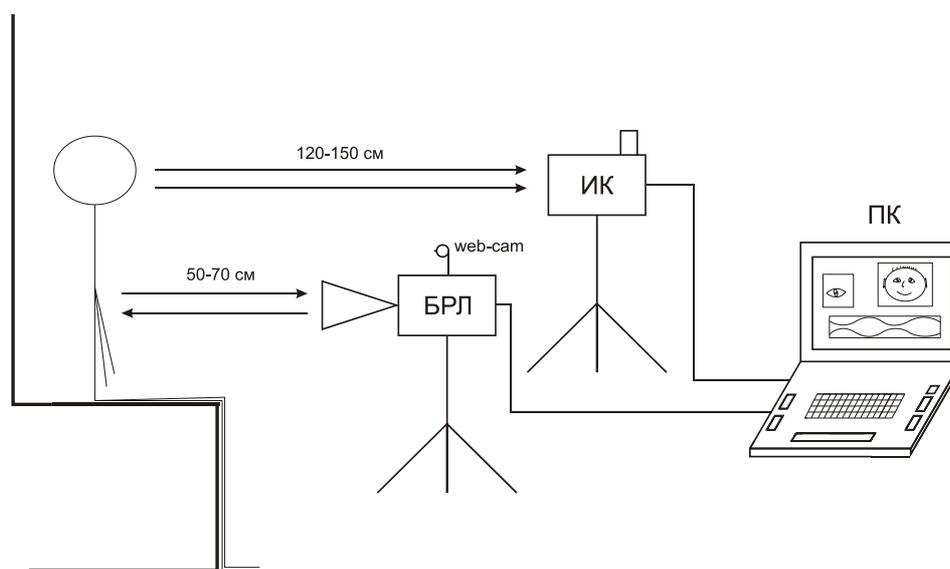


Рис. 1. Схема проведения эксперимента

Схема проведения экспериментов по оценки психоэмоционального состояния человека при помощи бесконтактного многофункционального комплекса представлена на рисунке 1.

В зависимости от индивидуальных особенностей испытуемого эксперимент подразделялся на различное количество этапов.

На первом этапе проводился радиолокационный мониторинг сигналов дыхания и сердцебиения, веб- и термомониторинг лица в спокойном состоянии в течение промежутка времени от 3 до 5 минут.

На втором этапе эксперимента проводился радиолокационный, веб- и термомониторинг во время выполнения испытуемым умственной нагрузки, например, в виде устного счета в течение 2 - 3 минут или иной адекватной нагрузки.

На третьем этапе эксперимента проводился бесконтактный комплексный мониторинг при имитации стрессовой ситуации. Испытуемому предлагалось сидеть в

спокойном состоянии в течение 5 минут. На второй минуте эксперимента испытуемый подвергался стрессовому воздействию. В это время изменения параметров сердцебиения, дыхания и температуры в устье глаз фиксировалось многоканальным комплексом. После этого проводился повторный мониторинг регистрируемых сигналов в спокойном состоянии.

В результате проводимых экспериментов были получены термограммы лиц испытуемых и радиолокационные сигналы дыхания и сердцебиения, которые в дальнейшем были подвергнуты тщательной обработке и анализу.

### **Обработка экспериментальных данных**

Полученный радиолокационный сигнал представляет собой сумму двух сигналов – дыхания и сердцебиения. В приложениях, связанных с медицинской диагностикой и психометрическими исследованиями возникает задача разделения реализаций процессов сердцебиения и дыхания. Трудность задачи связана с большим отличием амплитуд данных процессов. В литературе описаны алгоритмы разделения реализаций дыхания и сердцебиения при помощи частотных фильтров [1], а также режекторной цифровой фильтрации [2, 3]. Другим возможным методом решения данной задачи является применение алгоритма эмпирической модовой декомпозиции (ЭМД) для выделения нестационарного тренда дыхания с последующим вычитанием его из суммарного процесса для выделения процесса сердцебиения [4]. Как показано в работе [5] алгоритмы эмпирической модовой декомпозиции и режекторной фильтрации осуществляют достоверное выделение сигналов дыхания и пульса для доверительной вероятности  $p=0,95$ , при этом последний требует в 2 раза меньше времени на обработку экспериментальных данных, чем алгоритм эмпирической модовой декомпозиции.

Однако все вышеперечисленные алгоритмы крайне нестабильно осуществляют разделение реализаций дыхания и сердцебиения в случае, когда частоты дыхания и сердцебиения отличаются менее чем на 0,6 Гц или частота сердцебиения ниже 1,0 Гц (например, в случае спортивной брадикардии). В этом случае используемые в настоящий момент методы не позволяют выделить сигнал сердцебиения из биорадиолокационного сигнала с точностью 95 % и более.

Для решения данной задачи было предложено использовать анализ независимых компонент (Independent Component Analysis или ICA). ICA является математическим инструментом анализа данных, позволяющим интерпретировать данные, как комбинацию статистически независимых источников. Метод ICA подразумевает наличие априорной информации об источниках сигнала, которые оцениваются с точностью до некоторых

неопределенностей – перестановки и задержки исходных сигналов. Хотя эти неопределенности и кажутся на первый взгляд довольно серьезными, в большинстве случаев они не являются препятствием для применения метода, поскольку полезная информация об исходных сигналах содержится во временной и частотной областях, а не в их амплитуде и порядке.

Используя программное обеспечение ICALAB [6], было проведено разделение радиолокационного сигнала на две составляющие (сигнал дыхания и сигнал сердцебиения). В качестве независимых переменных выступали два радиолокационных сигнала, полученные от двух независимых источников (двух биорадиолокаторов).

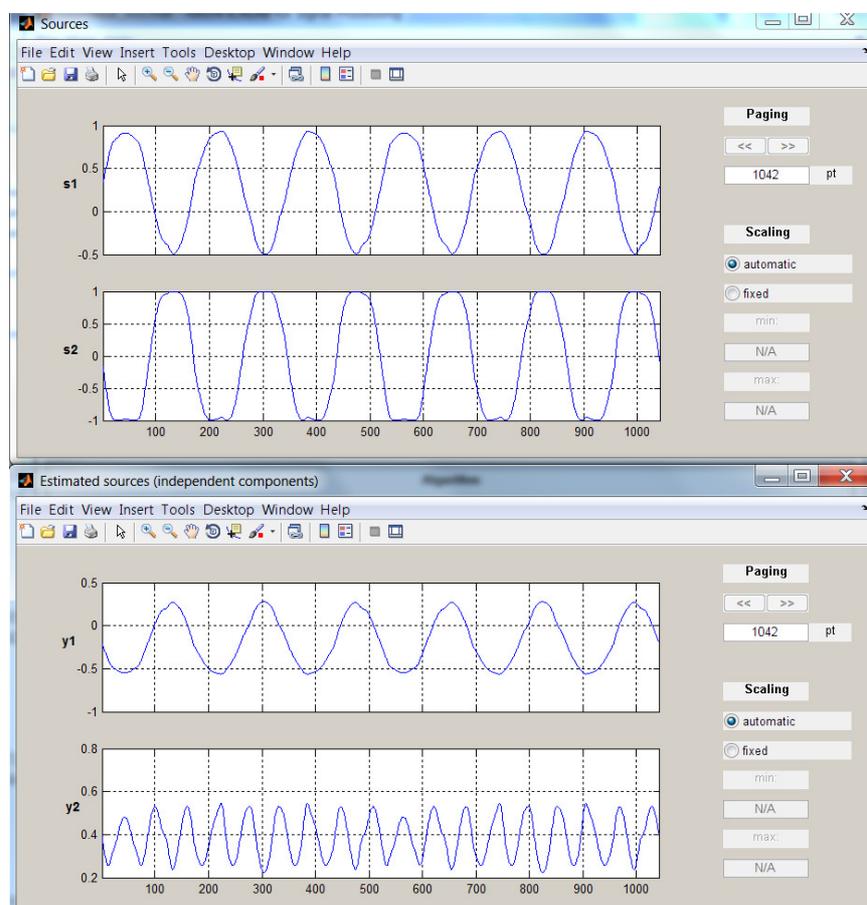


Рис. 2. Окно программы ICALAB при разделении радиолокационного сигнала с помощью анализа независимых компонент

На рисунке 2 представлены два окна программы ICALAB. В верхнем окне Sources представлены сигналы первого и второго биорадиолокатора. В нижнем окне Estimated sources представлены разделенные сигналы дыхания и сердцебиения. Частота дыхания составила 0,3 Гц, частота сердцебиения 1,0 Гц.

Также удалось провести разделение реализаций дыхания и сердцебиения для случая, когда частоты дыхания и сердцебиения отличаются менее чем на 0,6 Гц и частота сердцебиения ниже 1,0 Гц (например, в случае спортивной брадикардии).

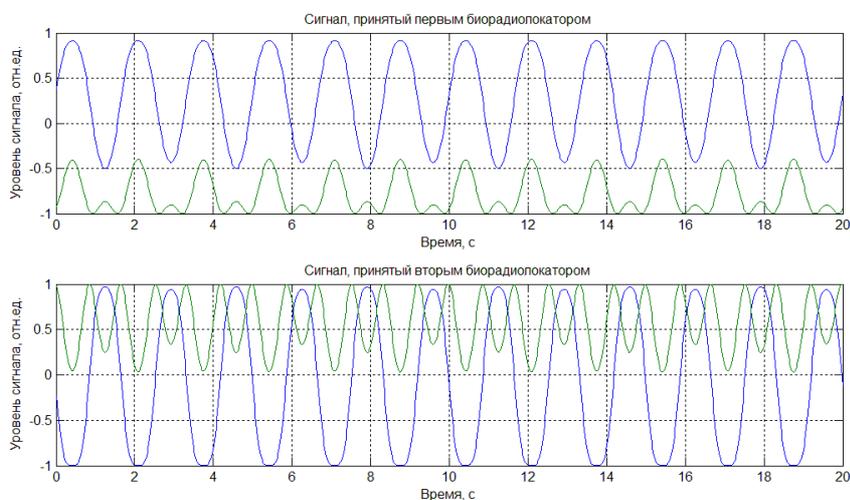


Рис. 3. Радиолокационный сигнал, полученный первым и вторым биорадиолокатором, для случая спортивной брадикардии. Частота дыхания 0,6 Гц, частота сердцебиения 0,3 Гц

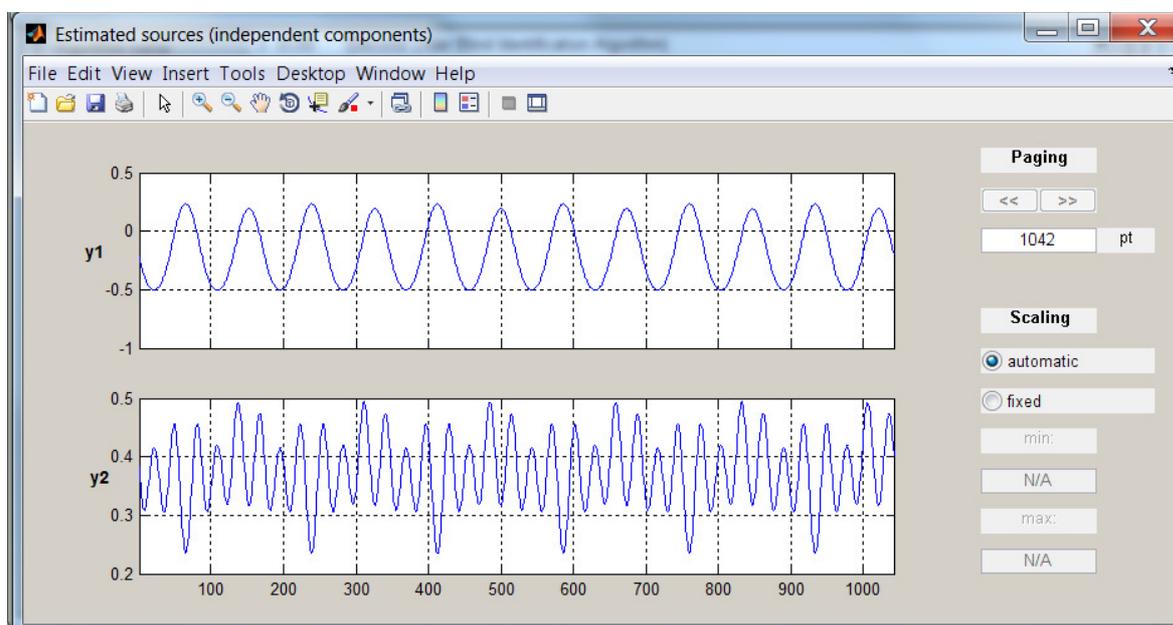


Рис. 4. Окно программы ICA LAB: выполненное разделение радиолокационного сигнала для случая спортивной брадикардии с помощью анализа независимых КОМПОНЕНТ

## Заключение

На основании вышеизложенного может быть сделан вывод о возможности использования для дистанционного определения психоэмоционального состояния человека «Анализа независимых компонент», позволяющего разделять составляющие дыхания и сердцебиения биорадиолокационного сигнала (даже при очень близких значениях частоты дыхания и частоты сердцебиения).

В дальнейшем исследования будут посвящены разработке программного обеспечения для дистанционного определения психоэмоционального состояния, а также формированию базы экспериментальных данных, полученных с помощью разрабатываемого многоканального комплекса.

## Список литературы

1. Дистанционный контроль параметров кардиореспираторной системы человека с помощью радиолокационных средств / А.С. Бугаев [и др.] М.: Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2004. — Вып. 10. — С. 24-31.
2. Биорадиолокация / А.С. Бугаев [и др.] М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 396 с.
3. Anishchenko L.N., Parashin V.B. Design and Application of the Method for Biolocation Data Processing // Proc. of 4th Russian-Bavarian Conference on Biomedical Engineering. Zelenograd, Moscow, Russia, 2008. P. 289-294.
4. Анищенко Л.Н. Технические и теоретические основы биорадиолокационного выделения сигналов дыхания и сердцебиения// Медицинская физика и инновации в медицине: докл. 3-я Троицкая конференция. Троицк, Россия, 2008. С.151-153.
5. Анищенко Л.Н. Применение алгоритма эмпирической модовой декомпозиции в обработке данных биорадиолокации // М.: Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2008. — Вып. 10. — С. 33 – 36.
6. Blind Signal Processing: Multi-way Analysis of Multi-channel and Multidimensional Data: site of Laboratory for Advanced Brain Signal Processing. – 2009 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bsp.brain.riken.go.jp/ICALAB/> (дата обращения: 13.04.2013г).