

Российская академия наук
ТРОИЦКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР



**VI Троицкая конференция
«МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА И
ИННОВАЦИИ В МЕДИЦИНЕ»
(ТКМФ-6)**

**СБОРНИК ТРУДОВ
КОНФЕРЕНЦИИ**



2-6 июня 2014 г.
г. Троицк, г. Москва

СОЗДАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Е.В.Ушкова, Л.Н.Анищенко

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э.Баумана,
кафедра «Медико-технические информационные технологии»,
2я Бауманская ул., 5, 105005, Москва, Россия
katherinaushkova@gmail.com

Описана методика дистанционного определения психоэмоционального состояния человека при помощи многоканального комплекса, состоящего из биорадиолокационного, инфракрасного и видеоканалов. Регистрируемый биорадиолокационный сигнал представляет собой сумму двух компонент, соответствующих дыханию и сердцебиению. Приводятся результаты математического моделирования разделения биорадиолокационного сигнала на составляющие дыхания и сердцебиения при помощи метода независимых компонент (Independent Component Analysis).

В настоящее время большое внимание уделяется научным исследованиям, посвященным методам оценки психоэмоционального состояния человека. К числу произвольных вегетативных реакции, возникающих в связи с эмоциональными переживаниями, относятся изменения в работе сердечнососудистой и респираторной систем, потовых, слюнных и других желез внешней и внешней секреции, также могут наблюдаться изменения температуры тела, уровня тонического напряжения мышц, электрического сопротивления кожи и т.д. [1,2]. Существует большой выбор контактных устройств для оценки психоэмоционального состояния (полиграфов). Однако испытуемый, зная о проведении полиграфического исследования и имея минимальные навыки, может повлиять на достоверность получаемых результатов. В связи с этим возможность создания дистанционных методов анализа психоэмоционального состояния человека является актуальной задачей. Приборы такого типа могут использоваться при скрытной проверке, при этом испытуемый не будет пытаться «обмануть» устройство, так как не будет знать о проведении проверки.

Предлагаемый к разработке многоканальный комплекс включает в себя, в качестве основного канала, биорадиолокационный (БРЛ) [3], а также видео- и инфракрасный (ИК) каналы, что позволяет дистанционно и бесконтактно определять параметры работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также оценивать динамику температуры открытых участков тела испытуемого. Совместная оценка синхронизированных данных по каждому из каналов позволяет получить качественно новую информацию об объекте, по сравнению с использованием каждого из информационных каналов в отдельности, и, как следствие, повысить достоверность оценки психоэмоционального состояния испытуемого.

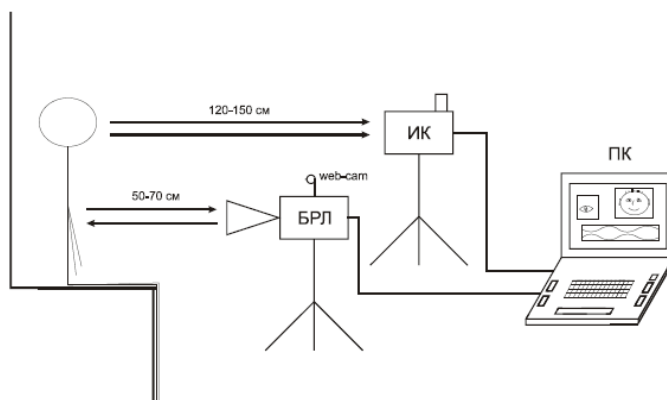


Рис. 1. Схема проведения эксперимента

Предложена методика проведения эксперимента с использованием бесконтактного многоканального комплекса. Схематично она представлена на рис. 1. В

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

Как известно, фаза отраженного от поверхности биологического объекта биорадиолокационного сигнала несет в себе информацию о перемещении поверхности тела испытуемого, на данном эффекте и основан метод биорадиолокации [3]. В случае, приведенном на рис. 1, данная информация 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. Другой немаловажной задачей является выделение из биорадиолокационного сигнала параметров кардиореспираторной системы, соответствующих нескольким испытуемым, так как в поле действия комплекса могут находиться несколько людей.

Для решения данной задачи было предложено использовать метод независимых компонент (Independent Component Analysis или ICA) [4]. 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.

Для оценки применимости метода ICA для решения обозначенных выше задач нами была промоделирована следующая ситуация. Имеются два испытуемых. Для каждого из них перемещение грудной клетки при дыхании и сердцебиении описывается уравнением:

$$\Delta r(t) = \Delta_b \sin(2\pi f_b t + \varphi_b) + \Delta_h \sin^{2q}(2\pi f_h t + \varphi_h), \quad (1)$$

где f_b, f_h – частоты дыхания и сердцебиения испытуемого,

Δ_b, Δ_h – амплитуды перемещения грудной клетки при дыхании и сердцебиении,

φ_b, φ_h – фазы сигналов дыхания и сердцебиения,

q – целочисленная константа.

Параметры модели для первого и второго испытуемый имели следующие значения (индексом указан номер испытуемого): $f_{1,h} = 1,0$ Гц, $f_{1,b} = 0,2$ Гц, $f_{2,h} = 1,15$ Гц, $f_{2,b} = 0,25$ Гц.

Так как в данном случае имеем четыре компоненты, которые необходимо разделить (паттерны дыхания и сердцебиения для двух испытуемых), то, в силу особенностей метода ICA, в качестве входных данных требуются сигналы, зарегистрированные при помощи четырех биорадиолокаторов.

Математическая модель принимаемого 1-ым биорадиолокатором сигнала приведена ниже:

$$U_1 = \exp\left(-j \frac{2\pi f_p}{c} r_1(t)\right), \quad (2)$$

где f_p - частота зондирования радиолокатора; c - скорость распространения волны

излучения; $r_1(t) = \sum_{i=1}^n r_{01i} + \Delta r_{1i}(t)$ - расстояние от радиолокатора до биообъекта, состоящее из постоянной составляющей и переменной, обусловленной перемещением грудной клетки биообъекта; n - количество биообъектов.

Для остальных трех биорадиолокаторов принимаемый сигнал записывается аналогичным образом.

Используя программное обеспечение ICALAB [4], было проведено разделение радиолокационного сигнала на интересующие нас компоненты.

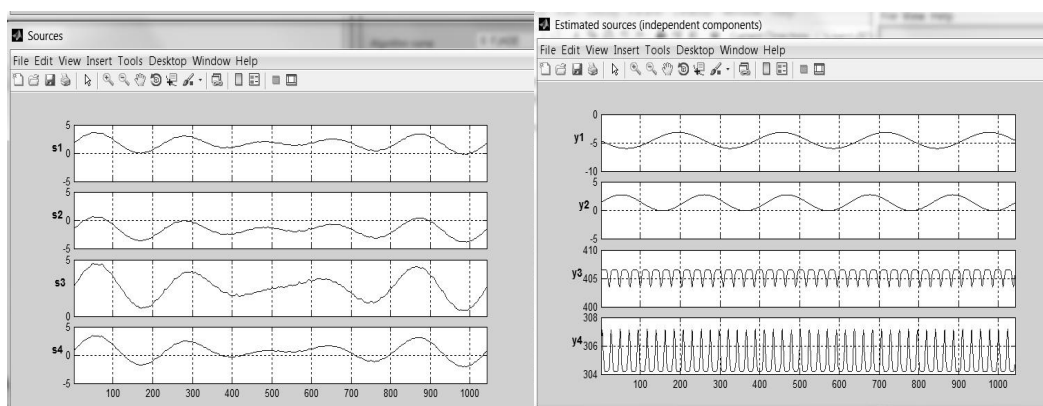


Рис. 2. Окно программы ICALAB при разделении радиолокационного сигнала с помощью анализа независимых компонент

На рисунке 2 представлены два окна программы ICALAB. В левом окне Sources представлены сигналы четырех биорадиолокаторов. В правом окне Estimated sources представлены разделенные сигналы дыхания и сердцебиения.

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).

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).

1. Шмидт Р., Тевс Т., Физиология человека. В 3-х т. Т.1. М.: Мир, 1985. - 272 с.
2. Дж. Хэссет, Введение в психофизиологию/ пер. С англ.; под ред. Е.И.Соколовой. – М.: Мир, 1981 . - 248 с.
3. Бугаев А.С., Ивашов С.И., Иммореев И.Я. и др. Коллективная монография «Биорадиолокация». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 398с.
4. 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/>

A MULTI-CHANNEL COMPLEX FOR REMOTE IDENTIFICATION OF A HUMAN PSYCHO-EMOTIONAL STATE

E.Ushkova, L. Anishchenko
Bauman Moscow State Technical University, 2nd Baumanskaya str., 5, 105005 Moscow, Russia
katherinaushkova@gmail.com

Methodology of carrying out experiments with non-contact multi-channel complex was proposed. It is based on bioradiolocation's method. The resulting radar signal is the sum of two signals - breathing and heartbeat. The results of mathematical modeling of separation of breathing and heartbeat components from the bioradar signal using independent component analysis are presented.