электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 621.396.969

Выделение паттерна дыхания из биорадиолокационного сигнала мелкого лабораторного животного

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

Научный руководитель: Анищенко Л.Н., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Медико-технические информационные технологии»
anischenkol@bmstu.ru

Введение

В современной науке лабораторные животные играют огромную роль. Их используют при тестировании новых медикаментов и инструментальных методов лечения, а также в генетических исследованиях. Кроме того с привлечением мелких лабораторных животных проводят психологические исследования и тесты на токсичность и изучают влияние факторов внешней среды на состояние биологического объекта. При помощи генетически модифицированных животных изучают генез различных заболеваний, в том числе, связанных с влиянием накопления наночастиц в организме [1].

Во многих исследованиях требуется оценка параметров дыхания лабораторных животных, Контроль дыхания требуется в предоперационный период, во время введения наркоза и в течение хирургического вмешательства и послеоперационный период. Специфические проявления со стороны дыхательной системы, в совокупности с другими показателями, могут являться симптомами различных клинических заболеваний [2]. Например, у животных, генетически склонных к ожирению, будут нарушения дыхания во время сна.

В настоящее время разработаны и применяются на практике различные контактные (в том числе инвазивные) и бесконтактные методы оценки физиологически параметров животных. К ним относятся биотелеметрические системы с имплантируемыми датчиками, импедансная поясная плетизмография, мультифункциональные системы [3-4]. К недостаткам перечисленных систем следует отнести их пригодность строго для определенного вида животного, так как они выполнены с учетом морфометрических особенностей биообъекта. Также следует

отметить необходимость ограничения подвижности животного при применении данных методов. Достоинством бесконтактных методов регистрации по сравнению с контактными методами является отсутствие влияния на биологический объект во время проведения эксперимента.

К бесконтактным методам относится метод биорадиолокации [L. Anishchenko, M. Alekhin, S. Ivashov, and M. Ryzhii, “Application of step-frequency radars in medicine,” in Proc. SPIE Symp. on Defense and Security, Radar Sensor Technology XVIII Conf., Baltimore, 2014 , pp. 90771N-1…N–7.]. Он основан на модуляции радиолокационного сигнала, отраженного от поверхности тела биообъекта, вызванной перемещением поверхности грудной клетки в такт с дыханием и сердцебиением.

Методика проведения эксперимента

Предложенная методика измерения параметров дыхания может быть описана следующим образом:

- измерения необходимо проводить в изолированном от внешних электромагнитных полей пространстве, например в безэховой камере;
- животное помещают в диэлектрический куб;
- на расстоянии 30-100 см устанавливают антенны биорадиолокатора;
- над кубом закрепляют Web-камеру, сигнал, регистрируемый с камеры, используется при верификации результатов эксперимента;
- с момента начала записи необходимо избегать перемещений по комнате и громких звуков.

Схема предложенной методики проведения эксперимента представлена на рисунке 1.

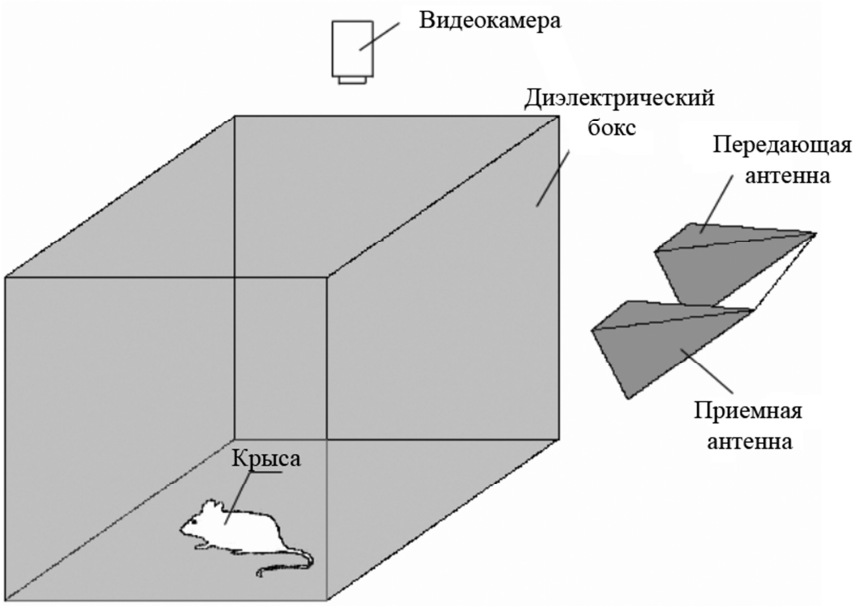

Рис. 1. Схема проведения эксперимента

С целью подтверждения возможности бесконтактного выделения паттерна дыхания по предложенной методике были проведены эксперименты в лаборатории дистанционного зондирования МГТУ им. Н.Э. Баумана [5].

В качестве биорадиолокатора использовался разработанный в лаборатории биорадиолокатор «БиоРАСКАН-14», имеющий следующие технические характеристики:

- Количество зондирующих частот: 16;
- Частотный диапазон, ГГц (длина волны, см): 13.8..14.2 (≈2);
- Излучаемая мощность, мВт: <3;
- Коэффициент усиления, дБ: 20;
- Регистрируемый частотный диапазон, Гц: 0.03..10;
- Динамический диапазон, дБ: 60;
- Частота дискретизации, Гц: 100;
- Размеры антенн, мм Д/Ш/В: 120/50/50.

В ходе эксперимента были использованы 2 крысы женского пола в возрасте 4 месяцев. Зондирующая частота составляла 13,8 ГГц. Запись проводили от 30 минут до 3 часов. На рисунке 2 представлена фотография эксперимента, в ходе которого животное располагалось в диэлектрическом контейнере.

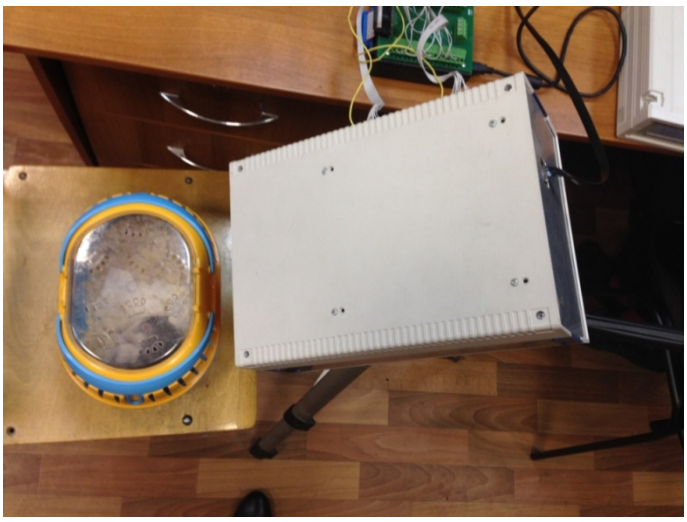

Рис. 2. Проведение эксперимента

Обработка данных

Приведем описание алгоритма на примере сигнала, записанного в ходе эксперимента (рис. 3). В данном сигнале присутствуют два артефакта движения, низкочастотный дрейф средней линии и шумы, как следует из спектра сигнала (рис. 4).

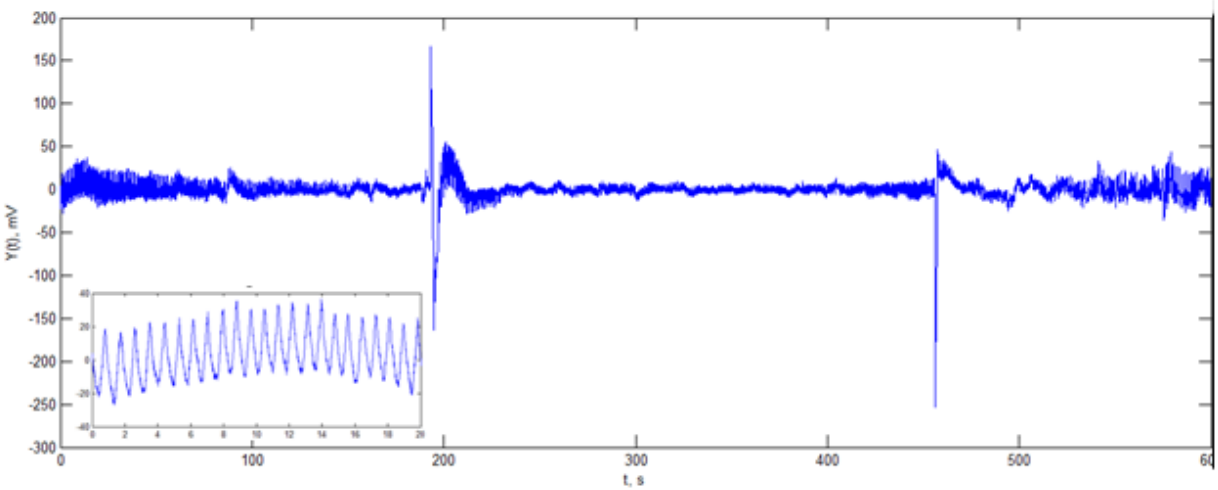

Рис. 3. Исходный биорадиолокационный сигнал

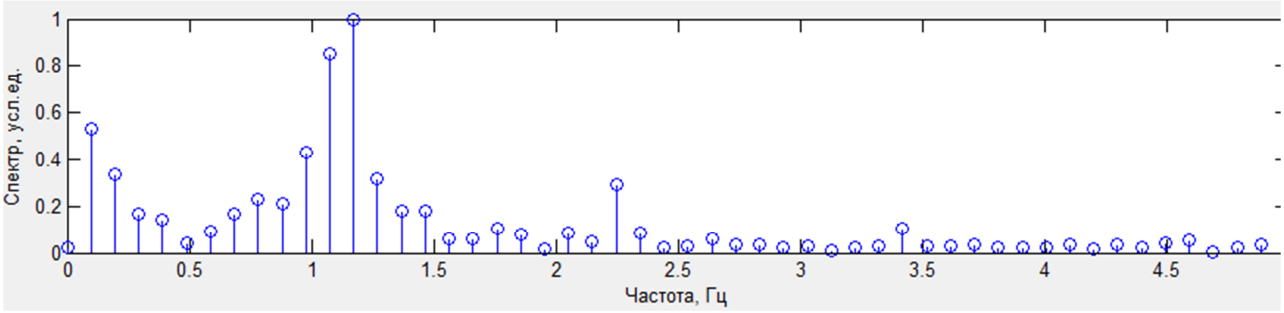

Рис. 4. Спектр исходного биорадиолокационного сигнала

Процедура обработки биорадиолокационного сигнала может быть описана следующим образом:

1) Проводим фильтрацию сигнала при помощи цифрового инверсного фильтра Чебышева 10 порядка с полосой пропускания 0,3-5,0 Гц для устранения низкочастотного дрейфа и высокочастотных помех.

2) Удаляем артефакты движения.

Для этого составляем для сигнала матрицу X матрицу Теплица размерами MxK, где M- число отсчетов в окне рассмотрения.

Рассчитываем энергию каждого столбца матрицы X: $E[k]=\frac{1}{M}*\sum_{m=1}^{M} X_{mk}{}^{2}$

На рисунке 5 приведена гистограмма энергии сигнала для M=50. Видно, что энергия в окнах с артефактами в тысячи раз больше энергии, соответствующей пребыванию животного в состоянии покоя.

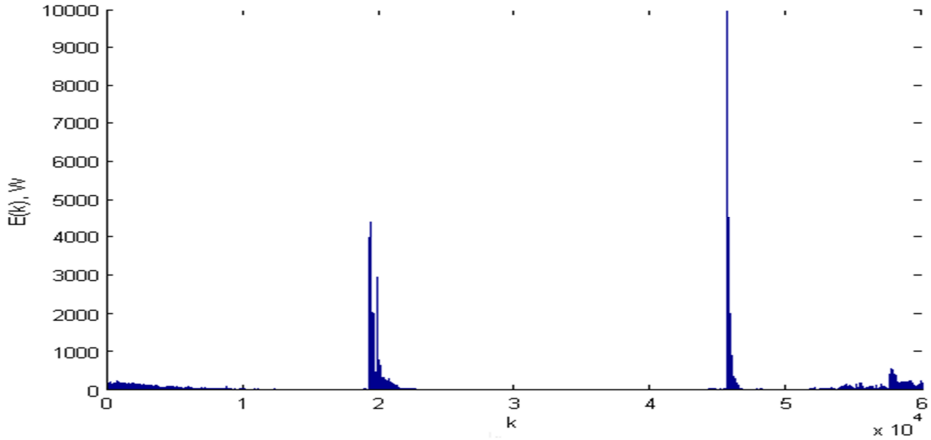

Рис. 5. Гистограмма энергии сигнала

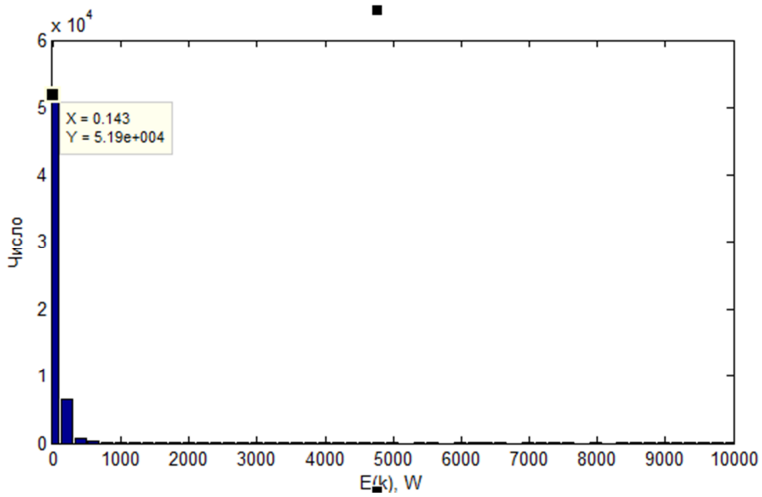

Рис. 6. Гистограмма распределения энергии сигнала

Выбираем пороговое значение τ, оно соответствует максимуму гистограммы распределения энергии (рисунок 6).

Формируем выходную матрицу, записывая нули в столбцы, энергия которых больше порогового значения. На графике рисунка 7 можем сравнить исходный и обработанный сигналы.

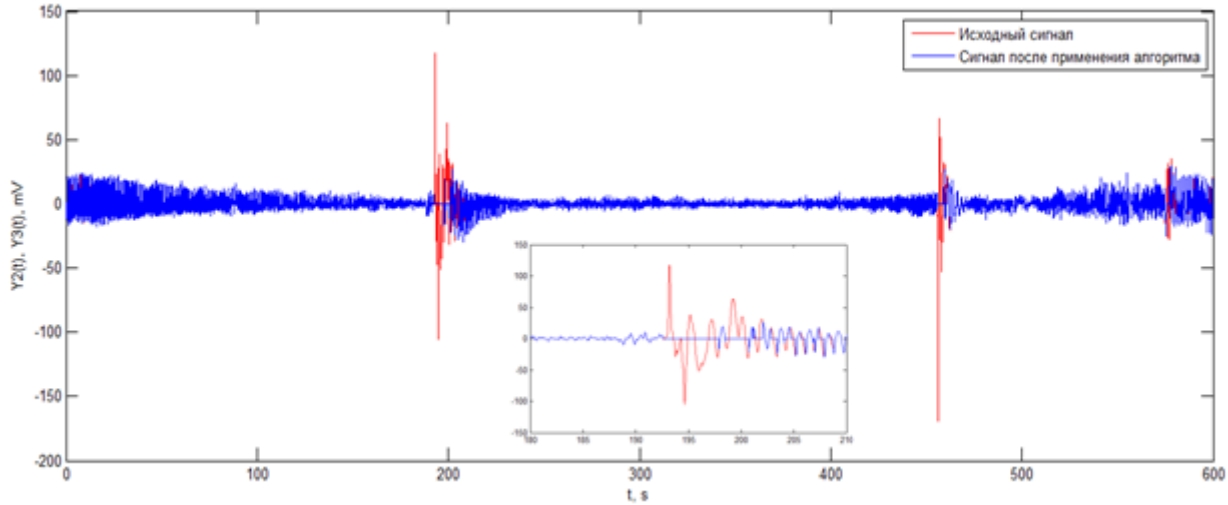

Рис. 7. Биорадиолокационный сигнал до и после обработки

3) Для оценки частоты дыхания определяем положение максимумов сигнала.

Рассчитываем межпиковые интервалы, находим их среднее значение. Обратная величина будет являться оценкой частоты дыхания. Рассчитанную частоту дыхательных движений проверяем, сопоставляя с записью видео-камеру.

Заключение

Проведенные эксперименты по предложенной методике и результаты дальнейшей обработки экспериментальных данных показывают возможность бесконтактной оценки частоты дыхания мелкого лабораторного животного при помощи метода биорадиолокации.

Список литературы

1. Большаков О.П., Незнанов Н.Г., Бабаханян Р.В. Дидактические и этические аспекты проведения исследований на биомоделях и на лабораторных животных // Качественная клиническая практика. 2002. № 1. С. 58-61.

2. Асташкин Е.И., Ачкасов Е.Е., Афонин К.В. и др. Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских исследованиях / под ред. Н.Н. Каркищенко, С.В. Грачева. М.: Профиль–2С. 2010. 358 с.
3. Чечендаев А. В., Бодунов Н. В., Игнатьева С. А., Медведев О. С., Пыптев С. А., Сухомлин В. А., Ступаченко А. В., Шашурин Д. А. Опыт разработки имплантируемой биотелеметрической системы мониторинга лабораторных животных. Режим доступа: http://ipmce.ru/about/articles/opyt-biotelematiki/ (дата обращения: 04.05.2015).
4. Lim, R., Zavou, M. J., Milton, P. L., Chan, S. T., Tan, J. L., Dickinson, H., et al. Measuring Respiratory Function in Mice Using Unrestrained Whole-body Plethysmography // J. Vis. Exp. (90). E51755. DOI: 10.3791/51755 (2014).
5. Анищенко Л.Н., Демендеев А.А., Ивашов С.И. Использование радиолокации для бесконтактной оценки паттернов дыхания и двигательной активности человека во сне. Медицинская техника. 2013. № 1. С.6-9.