

Построение алгоритмов распознавания событий сна на основе исследования гистограмм

А.О. Буряк, Е.С. Захаров
ООО НПКФ «Медиком-МТД», г. Таганрог

В настоящее время большое количество исследователей и врачей уделяют повышенное внимание качеству сна и состоянию человека в этот период его жизни. Известно, что в процессе сна проявляются многие хронические и патологические заболевания, плохо, и зачастую вовсе неподдающиеся диагностике во время бодрствования. От качества сна зависит общее состояние и работоспособность человека. Важность сна для здорового образа жизни - общепризнанный факт.

Наличие технологий и оборудования позволяет произвести запись показателей пациента, однако столь важное действие - как постановка диагноза по-прежнему остается обязанностью высококвалифицированного специалиста – врача.

Для постановки диагноза врачу необходимо выявить участки записи, на которых были зафиксированы присущие тому или иному заболеванию, характерные амплитудные или частотные показатели и отметить данный участок, как событие сна. Данная задача является весьма не тривиальной, сложность, прежде всего, состоит в том, что сомнологические исследования по своей природе являются довольно продолжительными и могут длиться 8 и более часов.

Речь в этой статье пойдет о методе распознавания событий сна, отличительной чертой которых является характерное выраженное амплитудное изменение, в частности применение метода, будет рассмотрено на таких событиях как:

- «Движение тела». Распознавание данного события является базовым, так как наличие данного события характеризуется амплитудными скачками практически по всем отведениям, соответственно поиск других событий в пределах события «Движение тела» является вопросом спорным. Пример события сна «Движения тела» представлен на рисунке 1А.
- «Движение конечностей». Движение конечностей так же характеризуется амплитудным всплеском, регистрируется при помощи электромиографических датчиков и датчиков двигательной активности установленных на ноги. Пример события сна «Движения тела» представлен на рисунке 1Б.
- «Храп». Событие сна «Храп» регистрируется при помощи датчика храпа, поиск данного события всегда будет производиться по одному каналу. Пример события сна «Движения тела» представлен на рисунке 1В.

Данные типы событий были выбраны не случайно, критерием для выбора послужило количество каналов, используемое для определения событий, в этом плане данные три события охватывают все возможные случаи. Поиск события «Движение тела» производится по всем доступным каналам, «Движение конечностей» по 2 – 4 каналам, «Храп» по одному каналу. Зависимость работы от количества каналов будет пояснена ниже в ходе описания алгоритма.

В основе работы алгоритма как, уже говорилось ранее, лежит анализ амплитудных гистограмм. В целом работу алгоритма можно разбить на три этапа:

- Этап построения и анализа гистограмм.
- Этап вертикального анализа.
- Этап обработки полученных результатов.

Этап построения гистограмм

Построение гистограмм происходит для всех доступных каналов, необходимость в этом обосновывается тем, что полученные данные могут быть использованы повторно для поиска событий со схожими показателями.

Шаг 1. На первом шаге необходимо получить абсолютные значения всех отсчетов.

Шаг 2. Инициализация максимального амплитудного значения на k-ом канале (Max_k).

Шаг 3. Построение гистограмм. Считанное с исследования значение X_{k+i} сравнивается с максимальным значением отведения Max_k , в случае если оно больше, то происходит замена $X_{k+i} = Max_k$. Далее в буфере значение с индексом $K+X_{k+i}$ инкрементируется. Данная процедура повторяется для всех отсчетов, каждого канала исследования.

Шаг 4. Получение процентных значений. На данном этапе каждому значению, каждой из гистограмм ставится в соответствие значение равное, значению гистограммы, деленному на общую длительность исследования. Для каждой гистограммы получаем среднее процентное значение ($GIPM_k$).

Этап вертикального анализа

На данном этапе производится повторное считывание исследования и анализ с использованием подготовленных данных. В основе анализа лежит рассмотрение исследования не на протяжении определенного промежутка времени, а анализ отдельно взятого отсчета на каждом из каналов исследования. Рассмотрим алгоритм работы данного этапа по шагам:

Шаг 1. Считывание данных. В зависимости от того, для определения какого события сна используется данный метод, происходит считывание необходимых каналов.

Шаг 2. Далее происходит анализ отдельно взятого отсчета X_{k+i} . Данное значение сравнивается с максимальным значением по каналу Max_k в случае если $X_{k+i} > Max_k$, то происходит замена $X_{k+i} = Max_k$. В соответствии с X_{k+i} ставится значение рассчитанной ранее гистограммы и выражается в отношении к общей длине исследования $GIPX_{k+i}$. Данное значение сравнивается с $GIPM_k$ и в случае если $GIPX_{k+i} < GIPM_k$, данный отсчет на данном канале помечается. Данная процедура повторяется для всех считанных каналов.

Шаг 3. На данном шаге производится анализ помеченных каналов, в случае если количество каналов на которых был отмечен отчет, более заданного значения то отчет помечается как содержащий событие сна. Шаг 2 и 3, на данном этапе повторяются до окончания анализа всего исследования.

Этап обработки полученных результатов

На данном этапе все помеченные отсчеты будут повторно проанализированы. Анализ состоит из двух частей: объединение стоящих рядом отсчетов и удаление слишком коротких. Выбор максимального расстояния между отсчетами, которые должны быть объединены, производится, исходя из физиологических особенностей исследуемого события сна. Минимальная и максимальная длительности так же определяется физиологией события.

Для апробирования метода в программном модуле ПСГ, цифрового электроэнцефалографа-регистратора «Энцефалан-ЭЭГР-19/26», серийно выпускаемого ООО НПКФ «Медиком МТД» и предназначенного для проведения широкого спектра нейрофизиологических исследований был реализован данный метод. В ходе апробирования был выполнен поиск событий сна:

- «Движение тела». Поиск производился по всем доступным каналам, для каждого отсчета производился анализ, описанный в «Этап вертикального анализа», на третьем шаге было выбрано значение 90% как проходное, т.е. отчет помечался только при наличии на 90% каналах отметки о слишком редко повторяющемся значении. Для объединения был выбран интервал 1 секунда. События длительностью менее 5 секунд не учитывались. Результатом работы метода является прямоугольный маркер, представленный на рисунке 1А.
- «Движение конечностей». Для поиска данного события пользователю предлагается диалог с возможностью выбора каналов, по которым будет производиться поиск. Вертикальный анализ при поиске данного события может как учитываться, так и нет, в зависимости от выбранных пользователем каналов. Для объединения был

выбран интервал 0,5 секунды. События длиной более 10 секунд не учитываются [4]. Результатом работы метода является прямоугольный маркер, представленный на рисунке 1Б.

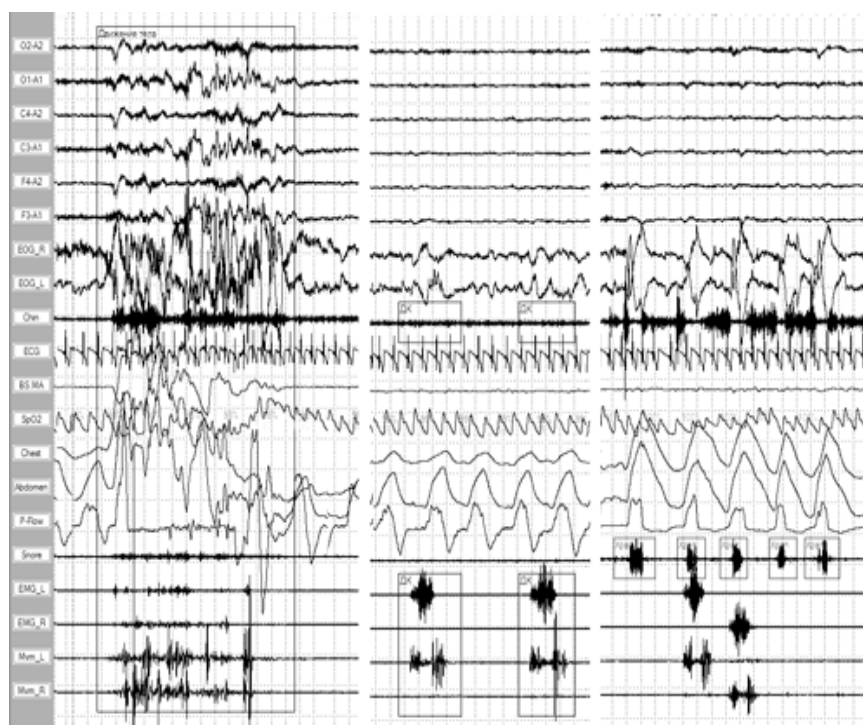


Рисунок 1—Результаты работы поиска событий сна, А - «Движение тела», Б - «Движение конечностей», В - «Храп», с лева на право.

- «Храп». Поиск данного события сна производится строго по каналу «Храп», соответственно, поскольку поиск производится по одному каналу, Шаг 3 на этапе вертикального анализа, будет опущен. Для объединения был выбран интервал 0,1 секунды. События длиной более 2 секунд не учитываются. Результатом работы метода является прямоугольный маркер, представленный на рисунке 1В.

Как уже говорилось ранее, для поиска этих событий используется один набор данных, что заметно снижает время поиска. Так же в алгоритме реализован анализ пересечения событий. Все события, пересекающиеся с событием сна «Движение тела» удаляются.

Литература

1. Скоморохов А.А., Захаров Е.С. Полисомнографические исследования и задача автоматизированного построения гипнограммы // Известия ТРТУ. Темат. Выпуск: Медицинские информационные системы. – 2006. - №11. – С. 135 – 138. – ISBN5-8327-0271-9.
2. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1996. – 368 с. ISBN 5-230-24735-5.
3. Agarwal R., Gotman J. Computer-assisted sleep staging // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2001. - № 12. – P.1412-1423. – ISSN 0018-9294.
4. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. – 2007 American Academy of Sleep Medicine, 1 Westbrook Corporate Center, Suite 920, Westchester, IL 60154, U.S.A
5. Sudhansu Chokroverty MD FRCPFACP, Sleep Disorders Medicine: Basic Science, Technical Considerations, and Clinical Aspects – 2009, 781 pages, ISBN-13: 978-0750699549
6. Oxford University Press, USA; 1 edition (April 24, 2008) , Sleep medicine essentials, ISBN-13: 978-0195306590, 720 - pages

