DOI: 10.17117/na.2015.12.02.437

<http://ucom.ru/doc/na.2015.12.02.437.pdf>

Поступила (Received): 25.12.2015

Антипов О.И.**Анализ ЭЭГ-сигнала на предмет выявления засыпания
методом ближайших ложных соседей****Antipov O.I.****Analysis of the EEG signal in order to identify the
sleep by the false nearest neighbors method**

Целью данной работы является выбор и адаптивное конкретное фрактального метода детерминированного хаоса к задаче выявления засыпания путем обработки электроэнцефалограммы (ЭЭГ). В работе использовалась собственная модификация и алгоритм применения метода ближайших ложных соседей. Разработана программа, позволяющая выявить момент засыпания. Подобное решение позволило создать принципиально новый подход к обеспечению безопасности движения – определению момента засыпания путем анализа ЭЭГ водителя

Ключевые слова: метод ближайших ложных соседей, ЭЭГ, засыпание

The aim of this work is to select and adapt a particular deterministic chaos fractal method to identify the problem by treating the sleep electroencephalogram (EEG). In this paper we use the property modification and the algorithm of the method of false nearest neighbors. A program that allows you to identify the moment of falling asleep. Such a decision has created a fundamentally new approach to traffic safety – the definition of the moment of falling asleep by analyzing EEG driver

Key words: nearest false neighbors method, EEG, falling asleep

Антипов Олег Игоревич

Доктор физико-математических наук, профессор
Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики
г. Самара, ул. Льва Толстого, 23

Antipov Oleg Igorevich

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor
Volga state university of telecommunications and
informatics
Samara, L. Tolstoy st., 23

В данной работе решалась задача быстрого выявления момента перехода человека, с которого снимается ЭЭГ в состояние засыпания. Для этого к анализу снимаемой с засыпающего добровольца ЭЭГ автором было применено множество фрактальных методов, уже применяемых им ранее в других его работах, где уже использовались: метод основанный на расчете показателя Хёрста [12], метод Грассбергера-Прокаччия [11], метод ближайших ложных соседей [5, 11], метод расчета аппроксимационной энтропии [7, 10] и др. методы фрактального анализа [2, 9] и их применение [6, 13, 14]. Однако, не углубляясь в детали можно констатировать, что наименьшее количество ложных срабатываний дал метод ложных ближайших соседей.

В работе представлены некоторые результаты применения собственного алгоритма метода ближайших ложных соседей к автоматизированному выявлению перехода сон/бодрствование по компьютерным ЭЭГ. Данный метод является наиболее сложным с точки зрения применения к распознаванию стадий сна. Именно поэтому он в чистом виде не нашел применения у зарубежных специалистов [15-19]. При попытке напрямую использовать вычисление метода к обсчету участков ЭЭГ были получены совершенно невразумительные результаты. Ответ был найден в работах у Анищенко, где он исследовал численный эксперимент [1]. Он утверждал, что усредненная спектрограмма мощности для сигнала, разделенного на участки наиболее приближена на разных участках друг к другу. Поскольку, автором предполагалась связь между количеством ближайших ложных соседей, показателем Хёрста и степенным показателем, то применив данные результаты можно говорить об усреднении спектрограммы. Автор делает предположение, что количество ближайших ложных соседей при переходе из двумерного в трехмерное пространство – интегральная спектральная характеристика, наподобие показателя Хёрста [12]. Это предположение позволило разработать свой алгоритм применения метода к задаче выявления засыпания путем анализа ЭЭГ.

Нахождение границы бодрствования/сон находилась путем решения обратной задачи: автору была передана ЭЭГ добровольца, которого будили в фиксированные моменты времени, когда он засыпал. На основании разработанной методики была создана программа в среде Borland C++ Builder которая обсчитывала любой их выбранных каналов ЭЭГ на всей длине. При этом варьировалась длина обсчитываемого ряда, величина временного лага, через который производилась выборка обсчитываемого ряда и можно менять предполагаемую границу сон/бодрствование. При этом, параллельно ЭЭГ отображалась получаемая с помощью предложенного метода безразмерная величина в виде гистограммы относительно предполагаемой границы разделения сон/бодрствование (все что ниже границы соответствует сну, все, что выше – бодрствованию). На рис. 1 представлен результат работы программы с указанием одного из множества моментов перехода границы из сна в виде зеленого вертикального маркера. По представленной в соответствующий момент времени гистограмме фрактальной величины можно видеть, что граница бодрствования/сон подобрана правильно, поскольку между моментом просыпания и маркером проходило не более 4х секунд. Полученная программа была зарегистрирована в гос. реестре с авторством принимавших в ее разработке и апробации коллег [8].

Наиболее оптимальной длиной разово рассчитываемого ряда, как показали результаты многочисленных математических экспериментов с подобными ЭЭГ, была выбрана длина в 800 отсчетов. При частоте выборки сигналов в 200 Гц, длительность участка для расчета составляет, т.о. 4 секунды. Это будет максимальным временем задержки реакции метода на изменения функционального состояния головного мозга. Увеличение частоты выборки сигналов к уменьшению этого времени задержки не приведет, поскольку информативность частотного диапазона ЭЭГ-сигнала лежит в пределах частоты максимум в 70Гц.

Рис. 1. Представление перехода из состояния сна в состояние бодрствования добровольца в момент времени 23:58:56 в программе разработанной по предлагаемому методу

Поэтому, частота выборки ЭЭГ-сигнала 200 раз в секунду является наиболее оптимальной, так как она соответствует верхней границе частотного диапазона ЭЭГ-сигнала в 100Гц. Это достаточный запас по информативности, и увеличение частоты выборки приведет исключительно к зашумленности ЭЭГ-сигнала [3].

Временной лаг, в данном случае, это количество отсчетов, через которое будет производиться последующая выборка ЭЭГ-сигнала. Как показали эксперименты, минимальная величина временного лага, составляет 10 отсчетов, что соответствует, 0.05 секундной задержке реального времени. Дальнейшее уменьшение величины лага понизит скорость расчетов до такой величины, что станет невозможным расчет в режиме реального времени.

В результате, предложена модификация метода ближайших ложных соседей для автоматизированного разделения границы сон/бодрствование путем математической обработки компьютерных ЭЭГ. Предложенный метод нашел активное применение в работах с участием автора, где были разработаны способ и устройство для выявления сна водителя [4] и соответствующая программа [8].

Список используемых источников:

1. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. М.: Наука, 1990. 312 с.
2. Антипов О.И., Захаров А.В., Антипова Т.А., Мачихин В.А. Применение кросскорреляционной функции к локализации источника ЭЭГ-паттерна // Клиническая и профилактическая медицина: опыт и новые открытия. Киров, 2014. С. 175-177.
3. Антипов О.И., Захаров А.В., Неганов В.А. Особенности применения фрактальных мер детерминированного хаоса к автоматизированному распознаванию стадий сна при полисомнографии // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2012. Т. 15. № 3. С. 101-109.
4. Антипов О.И., Захаров А.В., Неганов В.А., Повереннова И.Е. Способ контроля за состоянием бодрствования водителя транспортного средства или диспетчера и устройство для предупреждения его засыпания. Патент на изобр-е № 2499692 от 27.11.2013. Бюл. №33.
5. Антипов О.И., Захаров А.В., Неганов В.А. Сравнение скорости и точности фрактальных методов детерминированного хаоса применительно к распознаванию стадий сна // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. 2013. № 2-1. С. 9-14.
6. Антипов О.И., Захаров А.В., Неганов В.А. Устройство для выявления стадий сна при полисомнографии. Патент № 122271 от 27 ноября 2012г.
7. Антипов О.И., Захаров А.В., Повереннова И.Е., Неганов В.А., Ерофеев А.Е. Возможности различных методов автоматического распознавания стадий сна // Саратовский научно-медицинский журнал. 2012. Т. 8. №2. приложение (нервные болезни) С. 374-379.

8. Антипов О.И., Захаров А.В., Повереннова И.Е. Программа анализа ЭЭГ-сигнала с помощью фрактальных методов детерминированного хаоса на предмет разделения бодрствования и сна.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013615071, 27 мая 2013г.
10. Антипов О.И., Захаров В.А., Пятин В.Ф., Антипова Т.А. Повышение эффективности обнаружения иррадиационных воздействий от сетчатки глаза путем обработки электроэнцефалограммы методами нелинейной динамики // Клиническая и профилактическая медицина: опыт и новые открытия. Киров: МЦНИП, 2013. С. 177-180.
11. Антипов О.И., Захаров А.В., Пятин В.Ф. Сравнение возможностей фрактальных методов обработки ЭЭГ для обнаружения изменения в активности головного мозга человека при разной внешней освещенности // Инфокоммуникационные технологии. 2014. №2 (12). С. 57-63.
12. Антипов О.И., Ивахник В.В., Неганова Е.В., Неганов В.А. Фрактальный анализ динамики цен на драгоценные металлы // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2011. Т. 14. № 2. С. 110-116.
13. Антипов О.И., Нагорная М.Ю. Фрактальный анализ электрогастро-энтерографического сигнала // Биомедицинская радиоэлектроника. 2010. №10. С. 40-44.
14. Антипов О.И., Неганов В.А. Влияние учета активных потерь на детерминированный хаос в импульсном стабилизаторе напряжения инвертирующего типа // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2007. Т. 10. № 4. С. 48-55.
15. Захаров А.В., Власов Я.В., Повереннова И.Е., Хивинцева Е.В., Антипов О.И. Особенности постуральных нарушений у больных рассеянным склерозом // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2014. Т. 114. № 2-2. С. 55-58.
16. Kobayashi T., Madokoro S., Ota T., Ihara H., Umezawa Y., Murayama J., Kosaka H., Misaki K., Nakagawa H. Analysis of the human sleep electroencephalogram by the correlation dimension // Psychiatry Clin Neurosci. 2000 Jun. 54(3). P. 278-279.
17. Naoto Burioka, Masanori Miyata, Germaine Cornélissen, Franz Halberg, Takao Takeshima, Daniel T. Kaplan, Hisashi Suyama, Masanori Endo, Yoshihiro Maegaki, Takashi Nomura, Yutaka Tomita, Kenji Nakashima and Eiji Shimizu. Approximate Entropy in the Electroencephalogram During Wake and Sleep // Journal of Clinical EEG & Neuroscience. January 2005. 36(1). P. 21-24.
18. Acharya U.R., Faust O., Kannathal N., Chua T., Laxminarayan S. Non-linear analysis of EEG signals at various sleep stages // Computer Methods and Programs in Biomedicine. 2005 Oct. 80(1). P. 37-45.
19. Röschke J., Aldenhoff J. The dimensionality of human's electroencephalogram during sleep // Biol Cybern. 1991. 64(4). P. 307-313.
20. Srinath Vukkadala, Vijayalakshmi. S, and Vijayapriya. S, Automated Detection Of Epileptic EEG Using Approximate Entropy In Elman Networks // International Journal of Recent Trends in Engineering. Vol. 1. No. 1. May 2009. P. 307-312.

© 2015, Антипов О.И.

Анализ ЭЭГ-сигнала на предмет выявления засыпания методом ближайших ложных соседей

© 2015, Antipov O.I.

Analysis of the EEG signal in order to identify the sleep by the false nearest neighbors method