

ИНТЕРФЕЙС МОЗГ-КОМПЬЮТЕР НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОДХОДА К ОБРАБОТКЕ ЭЭГ

© Станислав Игоревич Артемов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина),
197376, Россия, Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, дом 5

Контактная информация: Станислав Игоревич Артемов — аспирант, кафедра биотехнических систем, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина). E-mail: thethingzero@mail.ru

РЕЗЮМЕ. Целью является оценка возможности обнаружения реакции мозга на предъявление мотивационно значимых визуальных стимулов на основе информационного подхода к анализу сигнала ЭЭГ. На основе информационного подхода разработан метод структурно-лингвистического анализа сигналов. Выполнено определение качественного и количественного состава множества паттернов электрофизиологических сигналов мозга методом структурно-лингвистического анализа сигналов. Выполнен анализ динамики энтропии как информационного показателя качественного и количественного состава множества паттернов электрофизиологических сигналов мозга. Выявлена связь между восприятием стимулов и значениями энтропии множества паттернов электрофизиологических сигналов мозга при выделении паттернов методом структурно-лингвистического анализа сигналов. Результаты использования метода структурно-лингвистического анализа сигналов доказывают эффективность использования информационного подхода для анализа электрофизиологических сигналов мозга в интерфейсах мозг-компьютер.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрофизиология, электроэнцефалография, исследование восприятия, интерфейс, мозг-компьютер.

INTERFACE BRAIN-COMPUTER BASED ON INFORMATION APPROACH THE EEG PROCESSING

© Stanislav I. Artemov

Saint-Petersburg State Electrotechnical University, 197376, Russia, Saint-Petersburg, Professor Popov Street, 5

Contact information: Stanislav Artemov — Post-graduate Student, Chair of Biotechnical Systems, Saint-Petersburg State Electrotechnical University. E-mail: thethingzero@mail.ru

ABSTRACT: The objective is to assess the possibility of detection of the brain response to the presentation of motivationbut significant visual stimuli on the basis of the information approach to the analysis of EEG signal. On the basis of the information approach developed a method of structural-linguistic analysis of the signals. Made determine the qualitative and quantitative composition of the set of patterns of electrophysiological SIG-channels of the brain by the method of structural-linguistic analysis of the signals. The analysis of the dynamics of entropy as an information parameter of the qualitative and quantitative composition of the set of patterns of electrophysiological signals of the brain. The link between perception of stimuli and the values of entropy many patterns of electrophysiological brain signals in the allocation pattern by the method of the structural-linguistic analysis of the signals. The results of using the method of structural-linguistic analysis signals prove the effectiveness of using information approach for the analysis of the electrophysiology of brain signals in interface brain-computer.

KEY WORDS: electrophysiology, electroencephalography, study of perception, interface, brain-computer.



ВВЕДЕНИЕ

Интерфейсы мозг-компьютер являются актуальной темой исследований, как показано в источниках [2, с. 1; 3, с. 1; 6, с. 1; 7, с. 1; 8, с. 1]. Современные разработки в области интерфейсов мозг-компьютер основаны на статистических методах обработки исходного сигнала электроэнцефалограммы.

Решаемой проблемой является увеличение быстродействия интерфейсов мозг-компьютер за счет уменьшения количества предъявления стимулов, необходимого для обнаружения электрофизиологической реакции (ЭФР) мозга испытуемого.

РАБОЧАЯ ГИПОТЕЗА

В настоящем исследовании предполагается возможность обнаружения ЭФР на основе информационного подхода к анализу сигнала ЭЭГ и нелинейного метода анализа ЭЭГ — структурно-лингвистического анализа сигналов [1, с. 50].

ЦЕЛЬ

Целью является оценка возможности обнаружения реакции мозга на предъявление мотивационно значимых визуальных стимулов.

МЕТОДИКА

Разработана программа, позволяющая применять метод структурно-лингвистического анализа сигналов (СЛАС) [4, с. 1]. В качестве количественной меры информации качественного и количественного состава алфавита сигнала используется энтропия алфавита сигнала, выделяемого методом СЛАС.

Методика обработки включала следующие этапы:

1. Деление исходной записи данных сигнала на отрезки, соответствующие окну в 1 секунду и перекрытию в 0,8 секунды.

2. Обработка данных каналов ЭЭГ C4 и O2 каждого отрезка методом структурно-лингвистического анализа сигналов. При этом для каждого канала каждого отрезка производилось выделение множества паттернов — символов.
3. Определение значений энтропии для каждого полученного множества символов каждого из обрабатываемых каналов.
4. Обработка полученных значений энтропии фильтром низких частот.
5. Определение корреляции значений энтропии после фильтра низких частот пар каналов: C4 и O2.
6. Вычисление верхнего и нижнего порогов в скользящем окне. Пороги вычислены соответственно как сумма среднего и стандартного отклонения и как разность среднего и стандартного отклонения.

Обнаружение ЭФР производилось по превышению значениями корреляции временных рядов энтропии отведений ЭЭГ верхнего порога.

Для качественной оценки результатов выполнено выделение вызванных потенциалов накоплением интервалов сигнала, синхронизированных с предъявлением стимулов. Результаты накопления сигнала ЭЭГ для мотивационно значимых и мотивационно незначимых стимулов показаны на рисунках (рис. 1, 2).

Результаты использования метода СЛАС и информационного подхода показаны далее (рис. 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам синхронного с предъявлением стимулов накопления сигнала ЭЭГ выделить статистически значимые отличия сигнала при предъявлении мотивационно значимых стимулов от сигнала при предъявлении мотивационно незначимых стимулов не удалось.

Выполнена оценка чувствительности (0,5) и селективности (0,92) метода обнаружения ЭФР на основе СЛАС при однократном предъявлении стимула.



Рис. 1. Результаты накопления сигнала ЭЭГ по 1 предъявлению стимулов



Рис. 2. Результаты накопления сигнала ЭЭГ по 4 предъявлениям стимулов

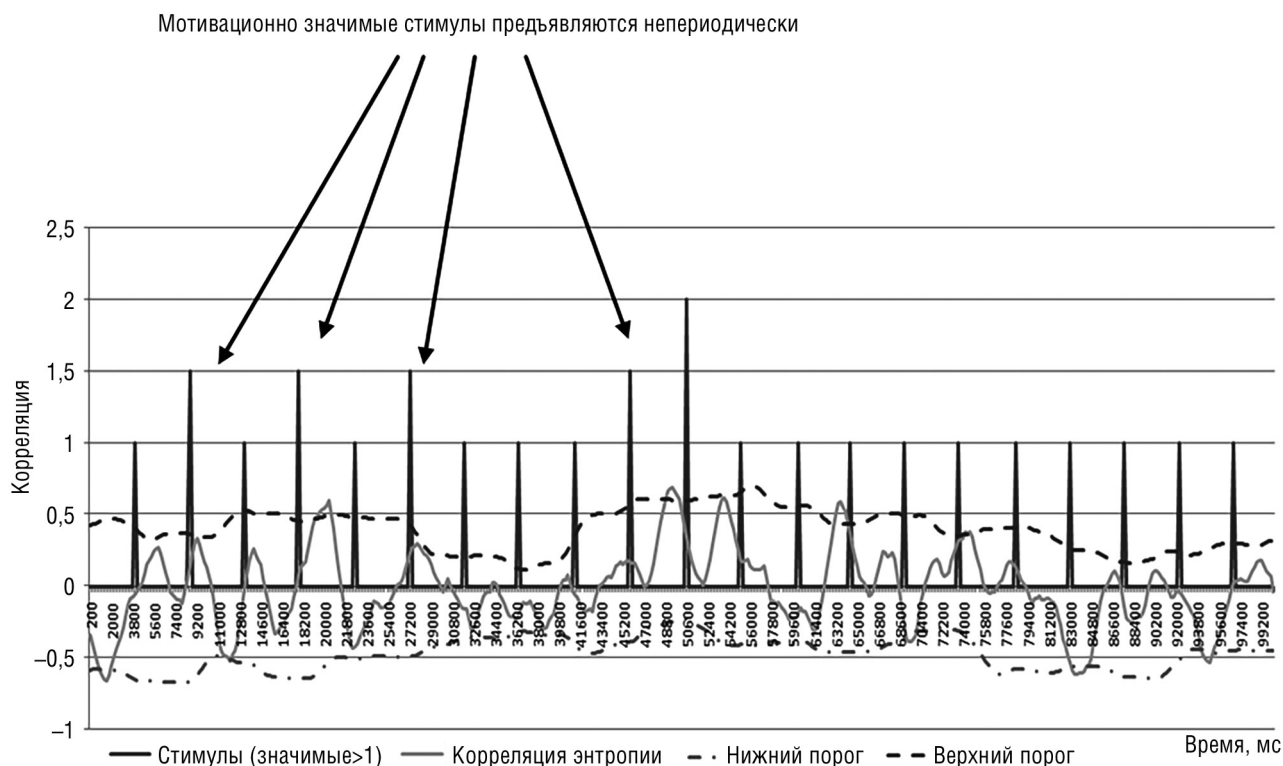


Рис. 3. Результаты обнаружения мотивационно значимых стимулов на основе метода СЛАС

ВЫВОДЫ

На основании динамики корреляции временных рядов энтропии отведений ЭЭГ можно сделать вывод о том, что при восприятии мотивационно значимых визуальных стимулов динамика энтропии различных областей мозга становятся более сходными, чем при восприятии мотивационно незначимых стимулов. Это может быть объяснено активацией соответствующей доминанты [5, с. 10]. Селективность 0,92 и чувствительность 0,5 достаточны для использования метода в интерфейсах мозг-компьютер с принятием решений при малом количестве предъявлений стимулов.

REFERENCES

1. Artemov S.I., Diuk V.A., Popova E.A. Search of sustainable patterns in human EEG in response to the presentation of his short subliminal visual stimuli. *Biosfera*. [Biosphere], 2003, no. 1, pp. 50–54 (In Russian).
2. Ganin I.P., Shishkin S.L., Kochetova A.G. Interface — the brain — the computer «In the wake of p300»: study the effect of number of stimuli in their order of presentation. Available at: http://brain.bio.msu.ru/papers/Ganin_Shishkin_Kochetova_Kaplan_2012_FizChel_P300_BCI_Effect_of_Stimulus_Position_in_a%20Stimulus_Train.pdf (accessed: 25 October 2014).



3. Kaplan A.Ia., Kochetova A.G., Shishkin S.L. Experimental and theoretical basis and practical implementation of technology «interface — the brain — the computer». Available at: <http://brain.bio.msu.ru/papers/> (accessed: 22 September 2013).
4. Artemov S.I. Certificate of state registration of computer programs number 2016613568, 2016. (In Russian).
5. Ukhomskii A.A. Selected works. Leningrad, "Nauka" Publ. 1978. (In Russian).
6. Ciniburk Jindřich Suitability of Huang Hilbert Transformation for ERP detection 1. 3. October 2008, Izola, Slovenia. Available at: <http://dsc.ijs.si/files/papers/S104%20Ciniburk.pdf> (accessed: 25 October 2014).
7. Gerson A., Parra L., Sajda P. Single-trial analysis of EEG for Enabling Cognitive User Interfaces. Available at: <http://bme.ccny.cuny.edu/faculty/lparra/publish/NEChapter2006.pdf> (accessed: 31 January 2015).
8. Huang Y., Erdogmus D., Hild K. Mathan Santosh Mixed Effects Models for Single-Trial ERP Detection in Noninvasive Brain Computer Interface Design E-Book Preprint Bentham Science Publishers October 20, 2009. Available at: <http://www.ohsu.edu/xd/research/centers-institutes/institute-on-development-and-disability/reknew/research/upload/Mixed-Effects-Models-for-Single-Trial-ERP-Detection.pdf> (accessed: 25 October 2014).
9. вание эффекта номера стимулов в последовательности их предъявления. URL: http://brain.bio.msu.ru/papers/Ganin_Shishkin_Kochetova_Kaplan_2012_FizChel_P300_BCI_Effect_of_Stimulus_Position_in_a%20Stimulus_Train.pdf (дата обращения: 25.10.2014).
3. Каплан А.Я., Кочетова А.Г., Шишкин С.Л., Басюл И.А., Ганин И.П., Васильев А.Н., Либуркина С.П. Экспериментально-теоретические основания и практические реализации технологии «интерфейс — мозг — компьютер». URL: <http://brain.bio.msu.ru/papers/> (дата обращения: 22.09.2013).
4. Артёмов С.И. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2016613568 («Программа высокопроизводительного структурно-лингвистического анализа сигналов»). М.: РОСПАТЕНТ ФГУ ФИПС, 2016.
5. Ухтомский А.А. Избранные труды. Л.: «Наука», 1978.
6. Ciniburk Jindřich Suitability of Huang Hilbert Transformation for ERP detection 1. 3. October 2008, Izola, Slovenia. URL: <http://dsc.ijs.si/files/papers/S104%20Ciniburk.pdf> (дата обращения: 25.10.2014).
7. Gerson A., Parra L., Sajda P. Single-trial analysis of EEG for Enabling Cognitive User Interfaces. URL: <http://bme.ccny.cuny.edu/faculty/lparra/publish/NEChapter2006.pdf> (дата обращения: 31.01.2015).
8. Huang Y., Erdogmus D., Hild K. et al. Mathan Santosh Mixed Effects Models for Single-Trial ERP Detection in Noninvasive Brain Computer Interface Design E-Book Preprint Bentham Science Publishers October 20, 2009. URL: <http://www.ohsu.edu/xd/research/centers-institutes/institute-on-development-and-disability/reknew/research/upload/Mixed-Effects-Models-for-Single-Trial-ERP-Detection.pdf> (дата обращения: 25.10.2014).

ЛИТЕРАТУРА

1. Артёмов С.И., Дюк В.А., Попова Е.А., Сенкевич Ю.И. Поиск устойчивых паттернов в электроэнцефалограмме человека в ответ на предъявление ему коротких подпороговых визуальных стимулов. Биотехносфера. 2013. № 1. С. 50–54.
2. Ганин И.П., Шишкин С.Л., Кочетова А.Г., Каплан А.Я. Интерфейс — мозг — компьютер «На волне р300»: исследо-