

УДК 004.512.4

НЕИНВАЗИВНЫЕ НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ



А.А. Навроцкий
Заведующий кафедрой ИТАС БГУИР,
кандидат физико-математических
наук



Е.В. Кривальцевич
Аспирант кафедры
информационных технологий
автоматизированных систем
БГУИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: navrotsky@bsuir.by, elena.krivaltsevich@gmail.com

А.А. Навроцкий

Окончил Белорусский государственный университет. Заведующий кафедрой информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, кандидат физико-математических наук, доцент.

Е.В. Кривальцевич

Окончила Белорусский государственный университет. Аспирант БГУИР.

Аннотация. Рассматриваются нейрокомпьютерные системы, основанные на регистрации мозговой активности

Ключевые слова: нейроинтерфейс, нейрокомпьютерная система, ЭЭГ.

Первая публикация о наличии токов в центральной нервной системе была сделана Эмилем Хайнрихом дю Буа-Реймондом в 1849 году. [1] В.Я. Данилевский получил данные о наличии спонтанной и вызванной электрической активности в мозге собаки в 1875 году. В 1912 году П.Ю. Кауфман выявил связь электрических потенциалов мозга с «внутренней деятельностью мозга» и их зависимость от изменения метаболизма мозга, воздействия внешних раздражителей, наркоза и эпилептического припадка. Ганс Бергер в 1928 году впервые осуществил регистрацию электрических потенциалов головного мозга у человека, используя скальповые игольчатые электроды.

Многочисленные исследования показывают, что электрические потенциалы отдельных нейронов головного мозга связаны тесной и достаточно точной количественной зависимостью с информационными процессами. Электрическая активность отдельных нервных клеток отражает их функциональную активность по переработке и передаче информации. Таким образом, ЭЭГ отражает функциональную активность мозга.

ЭЭГ представляет собой сложный колебательный электрический процесс, который может быть зарегистрирован различными методами [2]. Наиболее популярные методы регистрации электрических потенциалов – неинвазивные, к примеру, расположение электродов на поверхности скальпа, магнитоэнцефалограмма, инфракрасная спектроскопия [3].

Современные реабилитационные методы включают в себя использование нейрокомпьютерных систем (систем мозг-компьютер, нейроинтерфесов) на основе ЭЭГ [4]. Реабилитация может быть направлена на восстановление или замещение двигательной

активности, равно как и на восстановление или замещение речевой активности. Тем не менее, люди без нарушений данной функции могут использовать нейрокомпьютерные системы в образовательных, развлекательных, коммуникативных целях.

Нейрокомпьютерные системы на основе ЭЭГ обычно включают в себя электроэнцефалограф, электроды для передачи регистрируемых импульсов, электронно-вычислительное устройство, предназначенное для анализа регистрируемой мозговой активности. Данные системы чаще всего предназначены для людей с нарушением моторной функции.

Система «НейроЧат», созданная российскими исследователями, использует также и модуль визуальной стимульной среды [5] для обеспечения коммуникации. Управление в данной системе осуществляется при помощи фокусировки взгляда на одном из элементов управления в модуле визуальной стимульной среды (Рис. 1).



Рисунок 1. – Визуальная стимульная среда системы «НейроЧат»

При фокусировке взгляда на элементе управления, стимулируемой с определенной частотой, в ЭЭГ пользователя возникают колебания соответствующей частоты. Электронно-вычислительное устройство анализирует регистрируемую мозговую активность (по данным электроэнцефалограммы) в соотношении со временем создания и характером создаваемых зрительных стимулов, и осуществляет выбор ассоциированной с элементом управления команды на основе совпадения частот управляющего элемента, и частот специфических пиков ЭЭГ.

Исследователи Курчатовского института разработали способ управления устройством с помощью глазных жестов в ответ на стимулы [6].

Также известна нейрокомпьютерная система для взаимодействия с окружающей средой, созданная американскими исследователями, основанная на использовании основных элементов нейрокомпьютерных систем и камеры, которая позволяет сделать снимок окружающего пространства с объектом, в отношении которого зафиксирован интерес пользователя. Далее электронно-вычислительное устройство делит снимок на сетку, границы которой совпадают с границами объектов в пределах изображения (Рис. 2).

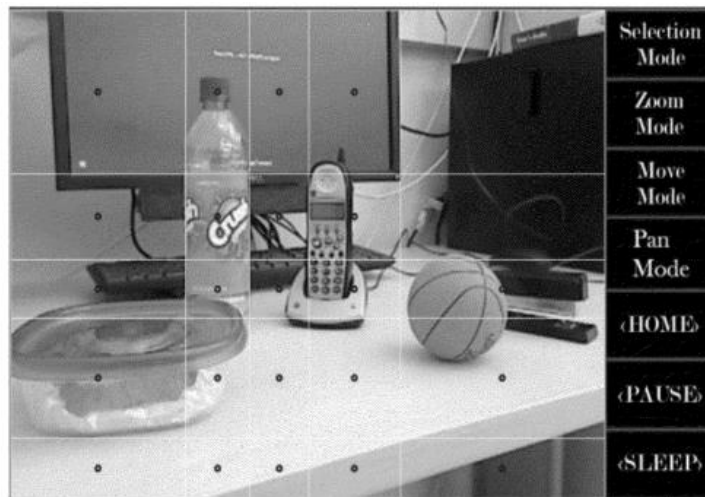


Рисунок 2. – Пример разделения изображения сеткой электронно-вычислительным устройством нейροкомпьютерной системы

Пользователь может выбрать определенную ячейку и отправить робота выполнить определенную задачу [7].

Японские исследователи компании Hitachi разработали нейροкомпьютерную систему для взаимодействия с окружающей средой на основе инфракрасной спектроскопии (Рис.3).

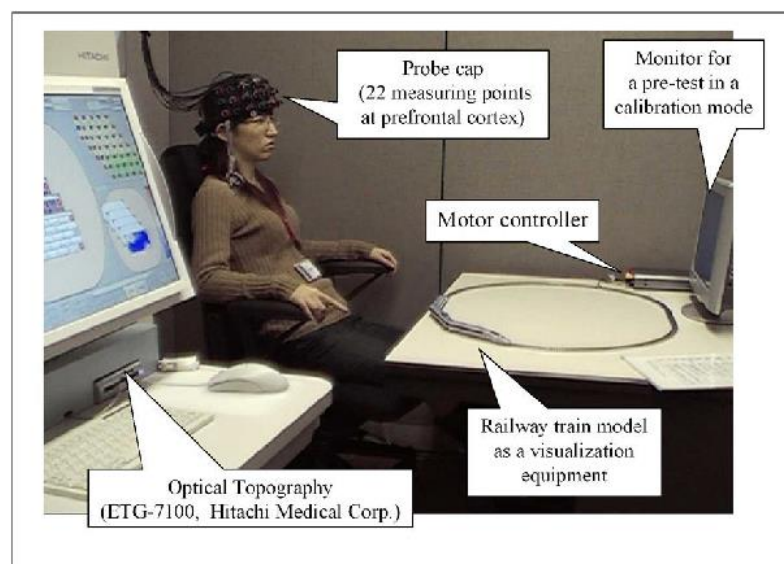


Рисунок 3. – Нейροкомпьютерная система на основе инфракрасной спектроскопии

Данная система основана на регистрации изменений концентрации гемоглобина в крови, протекающей в префронтальной коре [8].

Некоторые исследователи прорабатывают вопрос возможности и эффективности использования ЭЭГ и инфракрасной спектроскопии [9]. Иные – возможности использования ЭЭГ и функциональной магнитно-резонансной томографии [10].

Каждая из систем обладает своими преимуществами и недостатками, и, безусловно, интерес к области нейροкомпьютерных систем растёт. Использование современных достижений в области электротехники и машинного обучения позволяет адаптировать и развивать технологию для различных задач.

Список литературы

- [1.] Du Bois Reymond E Untersuchungen über thierische Elektrizität. Vol 2:425–30. Berlin, 1849.
- [2.] Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии). Руководство для врачей /Л.Р.Зенков. – 9 изд. М.: МЕДпрессинформ, 2018.
- [3.] Near-Infrared Optical Technologies in Brain-Computer Interface Systems [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.intechopen.com/books/new-frontiers-in-brain-computer-interfaces/near-infrared-optical-technologies-in-brain-computer-interface-systems>
- [4.] Программа XI Международного конгресса «Нейрореабилитация 2019» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://fnkcr.ru/prm-journal/wp-content/uploads/2019/10/prog.pdf>
- [5.] Патент «Нейрокомпьютерная система для выбора команд на основе регистрации мозговой активности» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/262/2627075.html>
- [6.] Патент «Способ управления устройством с помощью глазных жестов в ответ на стимулы» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2522848>
- [7.] Патент «Vision based brain-computer interface systems for performing activities of daily living» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/US9389685B1/en>
- [8.] Development of an Optical Brain-machine Interface [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/5844211_Development_of_an_Optical_Brain-machine_Interface
- [9.] Simultaneous acquisition of EEG and NIRS during cognitive tasks for an open access dataset [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/sdata20183>
- [10.] Stimulus-response mappings shape inhibition processes: a combined EEG-fMRI study of contextual stopping. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24763435>

NON-INVASIVE NEURAL-COMPUTER SYSTEMS

A. NAVROTSKY

*Head of the Department of Information Technologies
in Automated Systems in BSUIR, Candidate of Physics
and Mathematics, Associate Professor*

E. KRIVALTSEVICH

*Postgraduate student of Information
Technologies in Automated Systems
in BSUIR*

*Belarusian State University of informatics and radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: navrotsky@bsuir.by, elena.krivaltsevich@gmail.com*

Abstract. Neurocomputer systems based on recording brain activity are considered.

Keywords: neurointerface, neural-computer systems, EEG.