

## АСИНХРОННЫЙ ИНТЕРФЕЙС УПРАВЛЕНИЯ БИОМЕХАНИКОЙ СИЛОЙ МЫСЛИ

Колешко В. М. , Воробей Е. А.

*Белорусский национальный технический университет, Минск*

*In this paper are stated algorithms of thought processes recording for the decoding of brain functional states in the brain-computer interfaces (BCI), given state-of-the-art ideas and technology of asynchronous processes for the detection of brain waves.*

Важным направлением в биоинформатике является разработка интеллектуальных систем для анализа биоэлектрических сигналов организма человека и управления различными объектами на основе синхронной активности нейронов [1-4]. При этом речь прежде всего идет о развитии нейрокомпьютерных систем управления, способных декодировать обработанные мозговые сигналы. Однако для повышения точности распознавания функциональных состояний мозга требуется наличие значительного количества исходных данных для последующего обучения интеллектуальной системы. Кроме того современные нейрокомпьютерные системы работают в большинстве случаев только в синхронном режиме функционирования, когда умная система самостоятельно определяет действия пользователя, от которого требуется в каждом случае выполнять определенную задачу с фиксацией внимания спустя установленное время на другой мозговой команде. При этом использование синхронных методов распознавания мозговых команд выявляет множество проблем, которые касаются главным образом требований по подготовке испытуемого к выполнению и прекращению функциональной мозговой команды, а также существенной продолжительности времени от четырех до десяти секунд для декодирования мысленных образов. Применение непрерывных алгоритмов для обнаружения функциональных особенностей мозговой активности позволяет лишь с некоторой вероятностью высказать предположение о наличии соответствующего мыслительного образа и не может рассматриваться как разработанная интеллектуальная нейрокомпьютерная система управления.

В отличие от традиционных синхронных и непрерывных моделей построения нейрокомпьютерных систем управления, которые являются пригодными в случаях неоднократного использования как, например, при мысленном печатании с выбором букв на клавиатуре, асинхронные алгоритмы распознавания мысленных команд способны обнаружить начало возникновения формирования функциональной мозговой активности. Поэтому в настоящее время широкое распространение находит применение асинхронных нейрокомпьютерных систем, которые могут определять автоматически намерение пользователя для начала и завершения выполнения определенной мозговой команды и представляют собой реальную картину работы мозгового интерфейса (рис. 1).

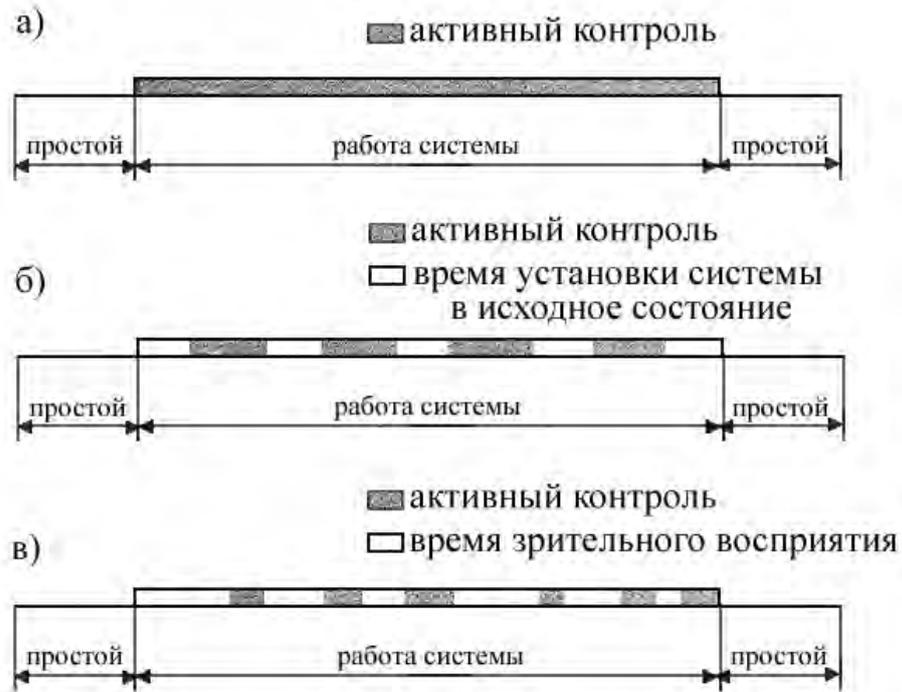


Рис.1. Последовательность событий для непрерывного (а), синхронного (б) и асинхронного нейрокомпьютерного управления

Применение биспектральных методов извлечения мозговых образов, а также различных нейросетевых алгоритмов обработки данных как, например, радиально-базисные, вероятностные нейронные сети или нейрокомпьютерные алгоритмы группового учета аргументов, позволяют сформировать классификатор для асинхронного декодирования мозговых команд [5,6]. К тому же становится возможным проводить анализ продолжительных изменений электроэнцефалографической осцилляционной активности, а также происходит процесс взаимного обучения, когда интеллектуальная система обучается на основе предъявленных мозговых образов, а человек пытается улучшить функционирование этой системы. При этом значительно увеличивается пропускная способность канала связи, существенно снижается время отклика системы в реальном времени на соответствующее функциональное состояние мозга, а также достигается минимум ошибки распознавания мысленных команд. Поэтому современные нейрокомпьютерные системы постепенно приобщают для расшифровки мозгового кода мыслительных процессов асинхронные методы снятия информации, которые в отличие от синхронных и непрерывных процессов обладают рядом преимуществ, приведенных в таблице 1. Использование неинвазивных технологий регистрации биоэлектрического сигнала посредством магнитоэнцефалограммы (МЭГ) или функциональной магниторезонансной томографии (ФМРТ), которые имеют высокое пространственное и временное разрешение, позволяет достигнуть высокоточных результатов анализа.

## Особенности нейрокомпьютерных интерфейсов

Характеристики	Режим функционирования нейрокомпьютерного интерфейса						
	непрерывный			синхронный		асинхронный	
число распознаваемых мозговых команд	2			3	2	2	
полоса пропускания, Гц	> 6	> 8	25-28	> 8	< 8	> 6	8-13
время отклика, с	4,3	2	5	8	4,5	2,1	2
пропускная способность канала связи, бит/проба	0,76	0,42	0,67	1,41	0,19	0,6	0,42
пропускная способность канала связи, бит/минута	10,6	12,5	8,1	10,7	2,5	17,1	12,5
точность распознавания мыслей, %	96	86	94	98	75	92	86

Асинхронные методы регистрации мозговой активности могут найти широкое применение в управлении машинами в реальном времени. На сегодняшний день уже возможно распознавание через визуальное представление событий окружающего мира мозговых образов движения, лиц людей и естественных процессов, происходящих в природе с точностью более девяноста процентов на наборе равном ста двадцати представленным образам (рис. 2).

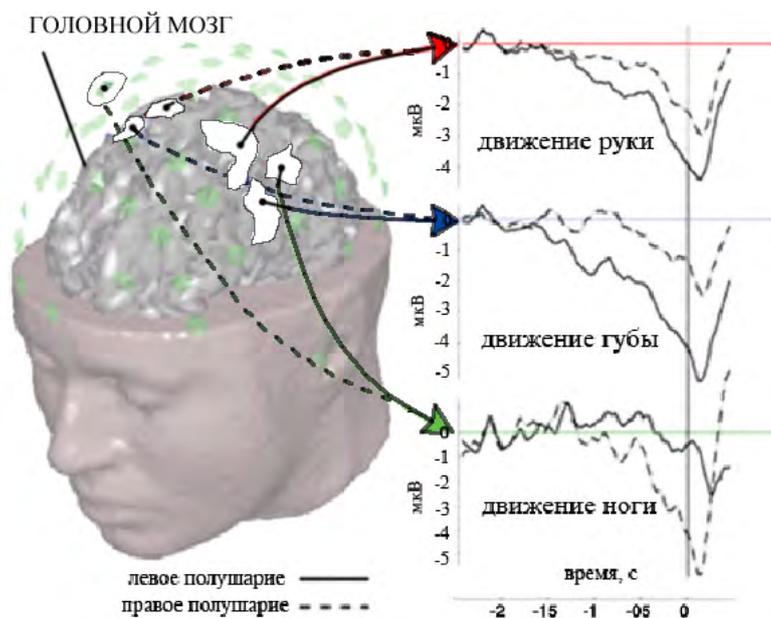


Рис. 2. Распознавание функциональных состояний мыслительных процессов

Следует отметить, что асинхронные системы можно существенно усовершенствовать и сделать очень гибкими, если углубленно изучать механизмы проявления функциональности работы мозга для исключения предварительного обучения интеллектуальной системы. На рисунке 3 представлен асинхронный

процесс декодирования мозговых состояний мыслительных процессов управления рукой с фиксацией участков изменения осцилляторной активности, соответствующих пиковым значениям полезной составляющей обработанного

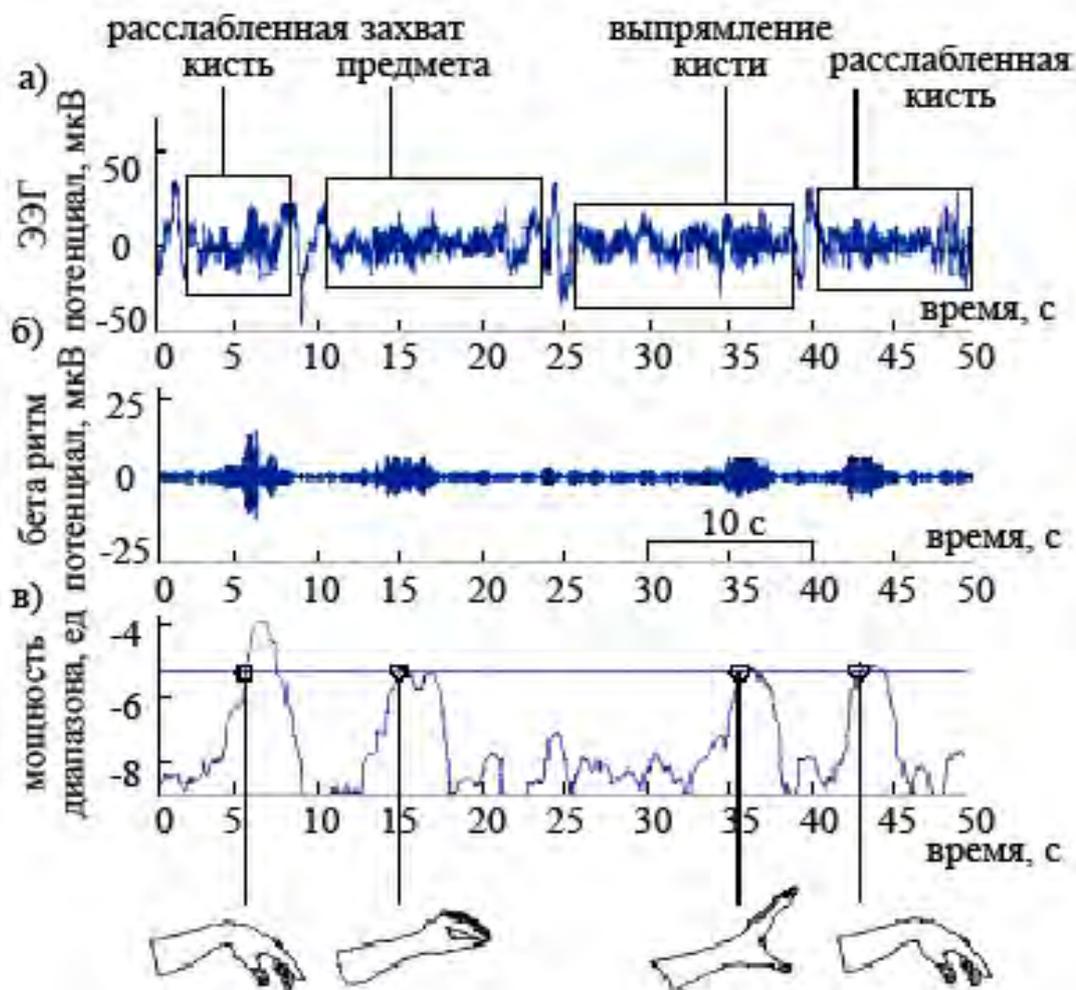


Рис. 3. Реализация асинхронного нейрокомпьютерного интерфейса для управления кистью руки; а — регистрируемый энцефалографический сигнал; б — выделенный бета диапазон 15-19 Гц; в — мощность бета спектра

исходного сигнала. Подобный нейрокомпьютерный интерфейс управления объектами может быть использован как для нажатий клавиш на клавиатуре, а так и для управления механизмами и машинами.

Однако недостатком асинхронных алгоритмов распознавания мыслей человека является требования постоянного сосредоточивания внимания человека на выполнении определенной мозговой команды, что может привести к адаптации визуальной концентрации в новый мозговой код мыслительных процессов.

Можно ожидать, что технология регистрации, декодирования и передачи мыслительных образов будет играть все более возрастающую и решающую роль в исследованиях мозга, в управлении техническим приборами, машинами, аппаратами, а также в лечении болезней и для анализа протекающих биохимических процессов в головном мозге. Вследствие этого асинхронная технология обнаружения мыслительных процессов интеллектуальными средствами обработки и ее оптимизационные методы анализа станут не только важным средством нейрокоммуникации, но и новым полезным инструментом в

различных научных направлениях для познания тайн мозга человека. Однако следует отметить, что на сегодняшний день остро стоит вопрос о создании умных систем для асинхронной регистрации мозговых функциональных состояний головного мозга и достаточно достоверных методов математических приемов декодирования мозговых волн, что является нашей дальнейшей задачей в изучении интеллекта.

### Литература

1. Koleshko, V. M. Acoustic-electronic phenomenon of a brain and principles of designing of machines and mechanisms // Col "The congress on theoretical and applied mechanics". — Minsk, 1996. — P. 47 – 49.
2. Koleshko, V. M. Acoustic-electronic phenomenon and electric activity of a brain of the person // International seminar "Transfer processes in biomedical problems". — Minsk, 1995. — P. 17 – 19.
3. Колешко В.М., Апанасевич А.В. Моделирование мозговых волн и управление объектами // Proceedings of the International Conference "Advanced Information and Telemedicine Technologies for Health". — November 8-10, 2005, Minsk, Belarus, Academy of Science of Belarus, 2005. — P. 228 – 232.
4. Колешко В.М., Снигирев С.А. Модель системы управления объектом на основе биоэлектрических сигналов человека // Материалы научно-практической конференции "Научная мысль информационного века".— Киев, 2007, т.Н.— с. 35-38.
5. Колешко В.М., Воробей Е.А., Снигирев С.А. Управление объектами мозговыми волнами // Машиностроение. — Мн., 2008. — Вып. 24.
6. Колешко В.М. Воробей Е.А. Биспектральный метод декодирования мозговых волн для управления объектами // Машиностроение. — Мн., 2008. — Вып. 24.