

ВАШЕ ВНИМАНИЕ ЖМЕТ НА КНОПКИ! СМОЖЕТЕ ЛИ ВЫ СТАТЬ ВНИМАТЕЛЬНЕЕ?

С. Л. Шишкин*, И. П. Ганин, А. Я. Каплан

*Лаборатория нейрофизиологии и нейрокомпьютерных интерфейсов
биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова (<http://brain.bio.msu.ru/>);
кафедра радиационной физики, биофизики и экологии НИЯУ МИФИ*

** Электронная почта: sergshishkin@mail.ru*

Одна из наиболее эффективных разновидностей неинвазивных интерфейсов мозг-компьютер (ИМК) — «на волне Р300» (далее ИМК-Р300) — позволяет управлять компьютером с помощью внимания к нужным «кнопкам» — стимулам, предъявляемым в известных позициях. Успех или неудача управления компьютером с помощью ИМК-Р300 создают обратную связь (ОС), которая, как мы полагаем, могла бы помочь в попытках улучшить управление вниманием. Нами была разработана трениговая методика, обеспечивающая более тесную, чем в стандартных ИМК, связь внимания с действием, осуществляемым компьютером, и здесь мы представляем результаты ее предварительного тестирования.

В ИМК-Р300 [1] пользователь вводит команду, мысленно отмечая зрительные стимулы, предъявляемые в определенной позиции, и стараясь не обращать внимание на стимулы в других позициях. Стимулы обычно представляют собой кратковременное увеличение яркости небольшого объекта — например, ячейки таблицы с буквой, картинкой и т. п. Приблизительно через 300 мс после стимулов, которые мысленно отмечает пользователь, в его электроэнцефалограмме (ЭЭГ) наблюдается высокоамплитудная позитивная волна (Р300); некоторые другие компоненты реакции мозга могут также иметь повышенную амплитуду. По этим признакам классификатор распознает «кнопку», которую хочет «нажать» пользователь, и в результате компьютер выполняет соответствующую команду или (при наборе текста) вводит соответствующую букву.

Зрительное внимание пользователя может быть произвольно обращено на irrelevantные стимулы, и в этом случае интерфейс может выдать неправильную команду [2, 3]. Этот недостаток ИМК-Р300 можно попытаться превратить в полезное качество: поскольку ошибки сообщают о снижении внимания, пользователь, стремясь их избежать, возможно, сможет научиться лучшему управлению своим вниманием. При этом ИМК-Р300 будет использоваться как инструмент биологической ОС, что ранее уже предлагалось для ИМК вообще [4, 5]. При использовании ИМК не требуются моторные ответы, и в то же время его пользователь может быть включен в насыщенную деятельность. Это ставит методику тренировки внимания на основе ИМК-Р300 в особое положение относительно традиционных методик, где либо используется оценка уровня внимания по характеристикам моторных реакций, либо тренирующийся является пассивным наблюдателем.

Обычный режим ИМК-Р300 с усреднением реакций на многократно повторяемые стимулы может быть недостаточно эффективен для тренировки: из-за усреднения

пользователь не получает информации о многих случаях отклонения своего внимания. За время повторов одного и того же стимула внутреннее состояние пользователя может изменяться в разных направлениях, и он не будет знать, какие вариации способствовали возникновению ошибки. Но ИМК-Р300 может работать и при низком числе проб, и даже без усреднения, т.е. в однопробном (single-trial) режиме [6], в т.ч. и в случае перекрытия ответов на близкие во времени стимулы, поскольку для классификации стимулов как целевые или нецелевые по реакциям на них не требуется точная оценка характеристик Р300 и других компонентов. При использовании неусредненного сигнала можно ожидать рост числа «информативных» ошибок — связанных с недостаточным контролем внимания, но ОС будет и больше зашумляться техническими ошибками детекции ответа на целевой стимул.

Оценить, насколько информативной окажется в итоге ОС, можно лишь в эксперименте — например, по субъективным отчетам испытуемых о том, насколько часто ошибки при работе с ИМК связаны со снижением внимания или другими конкретными причинами, или как часто их источник остается неясен. Можно также предположить, что при достаточно информативной ОС пользователь ИМК будет учиться управлять своим вниманием и сможет достигать более высокой точности, чем при низкоинформативной ОС.

В нашем исследовании приняли участие две группы здоровых испытуемых по 6 человек в каждой: первая из них участвовала в экспериментах с однопробным режимом предъявления стимулов, вторая — с трехпробным (далее — «1» и «3»). Такие режимы впервые сочетались с участием испытуемых в нескольких (четырех) сессиях в разные дни.

Использовался разработанный авторами вариант ИМК-Р300 с игровыми элементами. ЭЭГ регистрировалась в Cz, Pz, PO7, PO8, O1 и O2. В каждой сессии испытуемым предлагалось 10 блоков заданий, в каждом из блоков испытуемый последовательно «выбирал» до 9 картинок. После того, как испытуемый находил нужную картинку («цель» в данном подблоке) и фиксировал на ней взгляд, он нажимал кнопку мыши, и через 3 секунды начиналась стимуляция — подсветки в случайном порядке каждой из 9 картинок длительностью 125 мс, без пауз между ними. Во время нее испытуемые группы «1» должны были мысленно отметить единственную подсветку цели, а испытуемые группы «3» мысленно отсчитывали три ее подсветки. Подсветки остальных 8 картинок игнорировались. Испытуемым говорили, что во время стимуляции важно быть внимательным. Через секунду после окончания подсветок испытуемому показывалось, на какую картинку, если судить по результату классификации мозговых ответов, он больше всего обращал внимание. Если это была цель, засчитывался ее правильный «выбор» и целью становилась другая картинка, в противном случае засчитывалась ошибка и в следующем подблоке цель оставалась прежней. Блок завершался после успешного «выбора» 9 картинок или после набора 10 ошибок. Точность определялась как отношение числа случаев «выбора» целей к числу попыток в первой половине каждой сессии (вторая половина не использовалась в анализе в связи с некоторыми особенностями организации эксперимента).

Испытуемые отвечали на вопросы об их опыте взаимодействия с ИМК и оценивали субъективные показатели с помощью визуальных аналоговых шкал (так, для оценки интереса к задаче они ставили крестик на шкале длиной 100 мм с крайними значениями «не интересно» и «чрезвычайно интересно»; измерялось его положение в мм от левого края).

У всех испытуемых уровень точности (рис. 1А) был во всех сессиях существенно выше случайного (0,11), а интерес сохранялся на высоком уровне (рис. 1Б). Роста точности с 1-й по 4-ю сессию не было в обеих группах (MANOVA для фактора «номер сессии»: $\lambda = 0,96$, $F(3,8) = 0,11$, $p = 0,95$; его взаимодействие с фактором «группа»: $\lambda = 0,80$, $F(3,8) = 0,69$, $p = 0,59$). Влияние посторонних мыслей на текущие результаты работы в режиме «1» не отметили 4 испытуемых, в режиме «3» — лишь 1. Субъективная предсказуемость ошибок в режиме «1» была ниже, чем в «3» ($M \pm SD$ для оценок по 100-бальной шкале, усредненных по 3 и 4 сессиям, соответственно 48 ± 30 и 66 ± 25). В режиме «1» ни один из испытуемых не

воспринимал целевую подсветку как субъективно более яркую и четкую, тогда как в режиме «3» это отмечали трое испытуемых. Хотя эти различия между режимами не были статистически значимыми, они указывают на низкую вероятность наличия преимуществ у режима «1» в сравнении с режимом «3» по информативности ОС в условиях нашего эксперимента.

Полученные предварительные результаты говорят о том, что разработанная нами методика, в особенности трехпробный режим, может применяться не только в исследованиях возможностей человека управлять своим вниманием, но и в многодневных экспериментах по оценке тренировочных возможностей ИМК-Р300 (возможно, не проявившихся в нашем исследовании из-за недостаточного числа сессий) без существенного снижения точности и интереса. Однопробный режим не оказался более эффективным, чем трехпробный, и, скорее всего, обеспечивал менее информативную ОС. Это могло быть связано как с недостаточным отношением сигнал/шум из-за отсутствия усреднения, так и с чрезмерной интенсивностью дистракторов и разнообразием стимулов в нашей задаче. Чтобы выяснить, можно ли компенсировать эти недостатки улучшением вычислительных алгоритмов и модификацией зрительной среды, нужны дополнительные исследования.

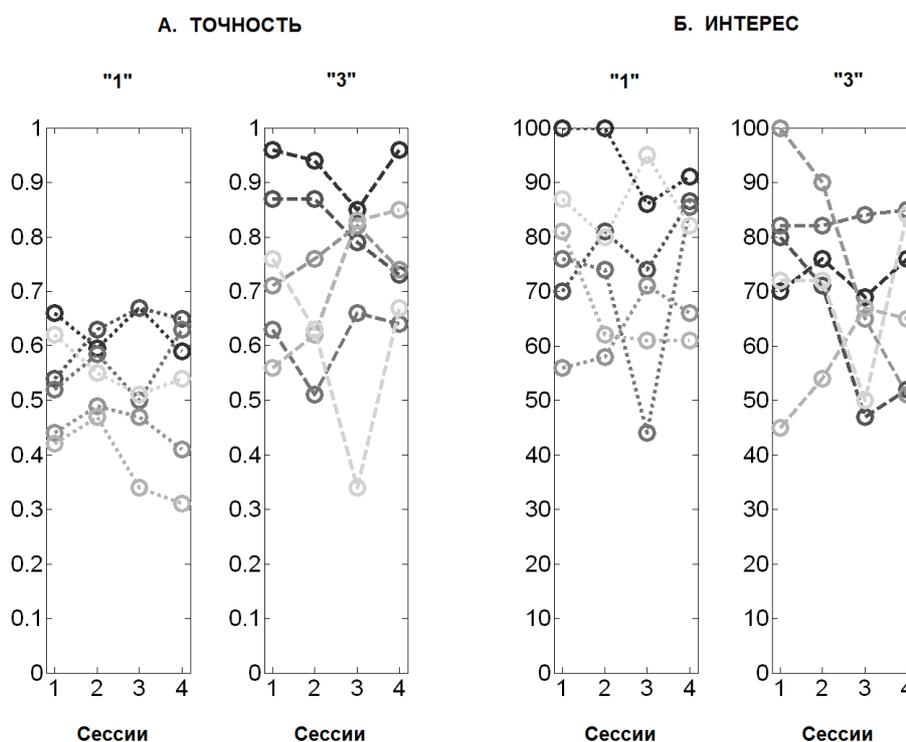


Рис. 1. Динамика точности работы ИМК (А; случайный уровень 0,11) и интереса (Б) по 4 сессиям с режимами ИМК: "1" - однопробный, "3" - трехпробный. Линиями соединены данные одних и тех же испытуемых.

Список литературы

[1] L. A. Farwell, E. Donchin. Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.*, 70:510-523, 1988.
 [2] R. Fazel-Rezai. Human error in P300 Speller paradigm for brain-computer interface. *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, 2516-2519, 2007.

- [3] S. L. Shishkin, I. A. Basyul, A. Ya. Kaplan. Distractors in BCI: can harmful commands be activated automatically? *Psychophysiology*, 46:S121, 2009.
- [4] A. Y. Kaplan, J. J. Lim, K. S. Jin, B. W. Park, J. G. Byeon, S. U. Tarasova. Unconscious operant conditioning in the paradigm of brain-computer interface based on color perception. *Int. J. Neurosci.* 115:781-802, 2005.
- [5] A. Kaplan, P. Kildani, L. Minikes, R. Bandler. Combining neurofeedback and brain computer interface: New paradigm in psychophysiology. *Int. J. Psychophysiol.*, 69:166, 2008.
- [6] A. Finke, A. Lenhardt, H. Ritter. The MindGame: a P300-based brain-computer interface game. *Neural Networks*, 22:1329-1333, 2009.

Работа частично поддержана ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (госконтракт П1087) и ФСР МП НТС (программы «У.М.Н.И.К..», проект 10228, тема 3, и «Старт», госконтракт 7606р/10342).