

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ДВИЖЕНИЙ ОПЕРАТОРОВ ПО СИГНАЛАМ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛЛОГРАММ¹

В.Ю. Мусатов*, **, М.Ф. Степанов*, И.В. Егоров*, С.В. Пчелинцева*

**Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
Россия, Саратов, vmusatov@mail.ru*

Аннотация. Представлены результаты исследования зависимости от пола операторов качества классификации по сигналам электроэнцефаллограмм с использованием разных типов искусственных нейронных сетей воображаемых и реальных движений рук, ног и влияния типа фильтрации сигналов на сравнительные характеристики классификации.

Ключевые слова: мозговая активность, гендерные различия, искусственные нейронные сети, интерфейс мозг-компьютер, электроэнцефалограммы, анализ сигналов ЭЭГ.

ON THE POSSIBILITY OF DETECTING GENDER DIFFERENCES DURING RECOGNITION OF MOVEMENTS OF OPERATORS BY ELECTROENCEPHALLOGRAM SIGNALS

V.Yu. Musatov*, M.F. Stepanov*, I.V. Egorov*, S.V. Pchelinceva*

**Yuri Gagarin Saratov state technical university of Saratov,
Russia, Saratov, vmusatov@mail.ru*

Abstract. The results of the study of the dependence on the gender of operators on the quality of classification by electroencephalogram signals using different types of artificial neural networks of imaginary and real arm and leg movements and the effect of filtering the type of signals on the comparative characteristics of the classification are presented.

Keywords: brain activity, gender differences, artificial neural networks, brain-computer interface, electroencephalogram, EEG signal analysis.

Проблема пола – одна из сложных и дискуссионных в жизни и науке. Половые отличия проявляются во многих аспектах: генетических, гормональных, морфологических, поведенческих и психологических. Значительную роль при этом играет дифференциация мозга, как субстрата высших интегративных функций индивидуума [1-2]. Во многих отечественных и зарубежных исследованиях мозговой деятельности [3-4] отмечается, что один стимул может вызвать у мужчин и женщин разные физиологические реакции. Достижения нейротехнологий позволяют проводить прижизненные исследования структур [5] и функций [6] мозга у здоровых испытуемых. Эти исследования показали, что гендерные различия в полушарной организации когнитивных функций связаны не только с особенностями обусловленной полом социализации, однако имеют анатомо-морфологическую и нейрофизиологическую основу [5, 7].

Важным инструментом исследования мозговой деятельности является электроэнцефалография (ЭЭГ). На основе исследования ЭЭГ головного мозга у женщин по сравнению с мужчинами констатируется более высокая частота альфа-ритма и большая выраженность бета-активности [8], что расценивается как свидетельство более высокого уровня активации ЦНС женщин.

Вышеизложенное показывает, что электрические сигналы головного мозга мужчин и женщин, измеренные с использованием ЭЭГ, показывают определенные различия.

¹ Работа поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации (соглашение 14.577.21.0282, уникальный идентификационный номер проекта RFMEFI57717X0282 Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» РФ).

Однако обнаружить и выделить эту разницу визуально достаточно трудно из-за сложности сигнала и большого количества используемых каналов ЭЭГ. Для интерпретации сигналов ЭЭГ в последние десятилетия разработаны усовершенствованные методы распознавания образов, а определение различий сигналов ЭЭГ возможно с помощью методов искусственного интеллекта и машинного обучения. Исходя из современного состояния исследований и возможностей нашей научной группы, актуальной является задача проведения исследования зависимости от пола операторов качества классификации по сигналам ЭЭГ с помощью разных типов искусственных нейронных сетей (ИНС) воображаемых и реальных движений рук и ног и влияния типа фильтрации сигналов на сравнительные характеристики классификации.

Использовались данные ЭЭГ, полученные экспериментально. В эксперименте принимали участие двенадцать здоровых добровольцев (6 мужчин и 6 женщин) в возрасте от 20 до 43 лет. С помощью электроэнцефалографа «Энцефалан-ЭЭГР-19/26» (г. Таганрог, Россия) с испытуемых в течение экспериментов снимались и записывались с частотой дискретизации 250 Гц многоканальные ЭЭГ с 31 электрода, которые размещались по стандартной международной схеме 10-10 (рис. 1).

Каждый испытуемый принимал участие в одном эксперименте, длящемся приблизительно 30 минут, в течение которого он выполнял воображаемые движения левой и правой ногами (поднятие ноги в бедре), реальные движения левой и правой ногами, а также воображаемые и реальные движения левой и правой руками. Эксперимент состоял из 10 сессий каждого вида движений. Выполнению каждого задания в сессиях предшествовал звуковой сигнал, после которого испытуемый должен выполнить задание в течение 4 с. Между сессиями – небольшие перерывы (~2 мин), в течение которых играла спокойная музыка. Эксперименты проходили в первой половине дня в специально оборудованной лаборатории, в которой минимизировалось влияние внешних раздражителей.

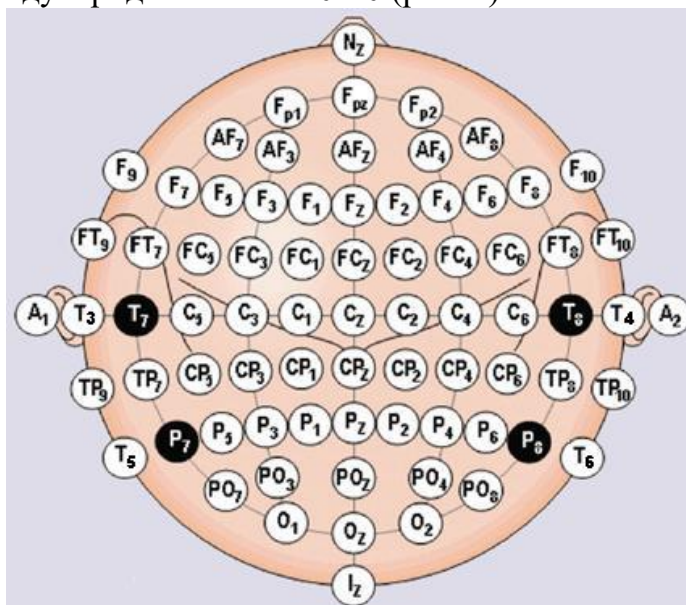


Рис. 1. Схема размещения электродов 10-10 с обозначенными электродами

Дальнейший анализ проводился на персональном компьютере применительно к снятым сигналам многоканальных ЭЭГ на основании аппарата ИНС в пакете Matlab, при этом использовались все 31 канала. Классификация паттернов на ЭЭГ осуществлялась с использованием ИНС наиболее распространенных и часто используемых типов [9]: линейная сеть (ЛС), многослойный перцептрон (МП), радиальная базисная функция (РБФ).

Проводилась серия вычислительных экспериментов на ПК по классификации реальных и воображаемых движений по сигналам ЭЭГ, соответствующим данным движениям. Для этого непрерывно записанные в течение одного эксперимента реализации с выбранных каналов ЭЭГ (для одного испытуемого) «нарезались» на отрезки (фрагменты) заданной длительности $T_f = 3$ с, в каждом из которых содержалось одно событие движения. Классификация проводилась с помощью ИНС

прямого распространения сигнала, обучаемых с учителем по алгоритмам с обратным распространением ошибки. В процессе классификации сравнивалось качество распознавания ИНС различных архитектур и типов: ЛС, МП и РБФ. Кроме того, исследовалось влияние фильтрации сигналов ЭЭГ с помощью фильтра нижних частот (ФНЧ) с частотой среза $f_c = 15$ Гц и $f_c = 4$ Гц.

Важную роль в обучении и использовании нейронных сетей имеет выбор данных. Для обучения и тестирования использовались массивы данных, содержащие по 6000 точек (24 с записанных данных). Массивы состояли из подготовленных 3-секундных фрагментов сигналов ЭЭГ, соответствующих одному виду движения. Половина данных массива, выбранная случайным образом, использовалась для обучения ИНС; оставшаяся половина – для контрольной и тестовой выборок (в соотношении 50 % на 50 %).

Результаты сравнения качества классификации мужчин и женщин для разных видов движений приведены в табл. 1-4.

Таблица 1. Результаты исследования воображаемых движений ног

	Без фильтра		15 Гц		4 Гц	
	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен
ЛС	63%	67%	65%	69%	66%	74%
МП	66%	78%	71%	79%	82%	89%
РБФ	76%	78%	82%	84%	96%	96%

Таблица 2. Результаты исследования воображаемых движений рук

	Без фильтра		15 Гц		4 Гц	
	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен
ЛС	64%	67%	65%	71%	74%	79%
МП	69%	73%	76%	81%	90%	96%
РБФ	79%	79%	80%	84%	93%	97%

Таблица 3. Результаты исследования реальных движений ног

	Без фильтра		15 Гц		4 Гц	
	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен
ЛС	65%	66%	67%	69%	70%	73%
МП	65%	65%	77%	81%	82%	91%
РБФ	81%	83%	88%	87%	92%	96%

Таблица 4. Результаты исследования реальных движений рук

	Без фильтра		15 Гц		4 Гц	
	Муж	Жен	Муж	Жен	Муж	Жен
ЛС	67%	68%	68%	70%	71%	77%
МП	73%	81%	80%	82%	89%	90%
РБФ	84%	86%	89%	88%	95%	97%

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. ИНС позволяют выявить гендерные различия в классификации движений операторов по сигналам ЭЭГ: в большинстве рассмотренных случаев качество классификации выше у операторов-женщин.

2. Наилучшее соотношение качества распознавания и выявления гендерных различий для большинства видов движений показывают ИНС типа МП.

3. ЛС показывают заметные гендерные различия, но плохое качество классификации, а РБФ – наоборот, хорошее качество классификации, но малые гендерные различия.

4. Применение фильтрации данных в большинстве рассмотренных случаев улучшает качество классификации для всех типов ИНС, а для ЛС и МП также и гендерные различия.

Благодарности. Авторы выражают благодарность за плодотворное сотрудничество в подготовке данной работы профессору, д.т.н. А.Е. Храмову, д.т.н. А.Е. Рунновой и профессору, д.т.н. С.А. Куркину.

Библиографический список

1. Сви́дерская Н. Е. Влияние свойств нервной системы и темперамента на пространственную организацию ЭЭГ // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 1996. т. 46 вып. 5. с. 849 - 858.
2. Luders E. Relationships Between Sulcal Asymmetries and Corpus Callosum Size: Gender and Handedness Effects //Cerebral Cortex. 2003. Vol. 13. № 10. pp. 1084-1093.
3. Бехтерева Н. П. Исследование мозговой организации творчества. Сообщение II. Данные позитронно эмиссионной томографии // Физиология человека. 2000. т. 26. №5. с. 12-18.
4. Аму́нц В. В. К вопросу об асимметрии структурной организации мозга у мужчин и женщин // Функциональная межполушарная асимметрия: Хрестоматия. М.: Научный мир. 2004. с. 214 - 218.
5. Буклина С. Б. Мозолистое тело, межполушарное взаимодействие и функции правого полушария мозга // Межполушарное взаимодействие: хрестоматия под ред. А. В. Семенович, М. С. Ковязиной. - М.: Генезис. 2009. с. 333 - 347.
6. Булаева К. Б. Фенотипическая и генотипическая дифференциация популяции человека по комплексу полиморфных и количественных признаков // Генетика. 1989. т. 25. №1. с. 140-149.
7. Александров Ю. И. Научная школа «Системная психофизиология» // Психологический журнал. 2004. Т. 25. №6. с. 93-100.
8. Жирмунская Е.А. В поисках объяснения феноменов ЭЭГ. - М: Медицина. 1996. 117 с.
9. Haykin, S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. New York: Macmillan Publishing. 1994.