

УДК 616-07

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОНТАННОЙ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ МНОГОМЕРНОГО ШКАЛИРОВАНИЯ

*К. А. Власенко, К. А. Мороз*

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

**Аннотация.** Электроэнцефалография (ЭЭГ) представляет собой исследование человеческого мозга посредством воздействия на его клетки электрическими импульсами. Метод очень важен в диагностике заболеваний жизненно важного органа человека. Авторы статьи полагают, что анализ ЭЭГ-данных, проведенный с помощью многомерного шкалирования, позволяет определять, здоров человек или болен, а также вести мониторинг состояния здоровья пациента на всех стадиях лечения. В связи с этим целью данного исследования стала проверка возможности применения методики многомерного шкалирования при анализе ЭЭГ в диагностике заболеваний мозга. Для подтверждения выдвинутой гипотезы было проведено снятие электроэнцефалограммы у пациентов при одновременном тестировании их на нарушение когнитивных функций, затем осуществлено многомерное шкалирование корреляционной матрицы в программе Statistica и визуально исследованы полученные результаты.

**Ключевые слова:** электроэнцефалография, электроэнцефалограмма, биоэлектрическая активность головного мозга, многомерное шкалирование, рассеянный склероз, транспонированная интегральная матрица, матрица различий, отведение.

## MULTIDIMENSIONAL SCALING OF SPONTANEOUS BIOELECTRIC ACTIVITY OF THE HUMAN BRAIN

*Kristina A. Vlasenko, Kaleriya A. Moroz*

Don State Technical University, (Rostov-on-Don, Russian Federation)

**Abstract.** Electroencephalography (EEG) is the study of the human brain through the action of electrical impulses on its cells. The method is very important in the diagnosis of diseases of a vital human organ. The authors of the article believe that the analysis of EEG data carried out using multidimensional scaling makes it possible to determine whether a person is healthy or sick, as well as to monitor the patient's health at all stages of treatment. In this regard, the purpose of this study was to test the possibility of using the technique of multidimensional scaling in the EEG analysis in the diagnosis of brain diseases. To confirm the hypothesis, the electroencephalogram was taken from patients while testing them for cognitive impairment, then multidimensional scaling of the correlation matrix was performed in the Statistica program and the results obtained were examined visually.

**Keywords:** electroencephalography, electroencephalogram, brain bioelectrical activity, multidimensional scaling, multiple sclerosis, transposed integral matrix, difference matrix, abduction.

**Введение.** Методом электроэнцефалографии определяется биоэлектрическая активность головного мозга, он является очень информативным и точным, так как дает полную клиническую картину заболевания: уровень и распространение воспалительных процессов, наличие патологических изменений в сосудах, присутствие ранних признаков эпилепсии, опухолевые процессы, степень нарушения мозгового функционирования вследствие патологий нервной системы, последствия инсульта или оперативного вмешательства [1].

ЭЭГ помогает следить за изменениями в мозге, как структурными, так и обратимыми. Это позволяет отслеживать деятельность жизненно важного органа во время терапии и корректировать лечение выявленных заболеваний.

В представленном в статье исследовании ЭЭГ-данных пациентов был использован метод многомерного шкалирования (МШ). Это метод анализа и визуализации данных с помощью расположения точек, соответствующих изучаемым (шкалируемым) объектам, в пространстве меньшей размерности, чем пространство признаков объектов [2]. В отличие от ранее разработанных методов анализа многомерных наблюдений, таких как факторный и кластерный анализы, модель многомерного шкалирования используется в статистической обработке данных намного реже [3]. Но все же данный метод имеет свои преимущества:

- отсутствует необходимость проверки исходных данных на нормальность распределения;
- имеется возможность проведения анализа при сравнительно малом объеме выборочной совокупности [3].

**Основная часть.** Исходными данными для выполнения данного исследования являются массивы записей, сделанных посредством анализатора активности головного мозга «Энцефалан 131-03». Они представляют собой значения спектров мощности ЭЭГ, снятые у различных пациентов в процессе лечения по всем стандартным отведениям. Записи проводились в момент поступления пациента в стационар, во время лечения и после окончания курса лечения. Кроме того, для сравнения была записана биоэлектрическая активность головного мозга здоровых людей. В статье представлены результаты исследования ЭЭГ, которые были обработаны в программе Statistica 12 методом многомерного шкалирования (рис. 1–8).

Для удобства проведения анализа данные пациентов условно обозначены следующим образом: One1-24, Trd1-24, Zd1-24, Szd1-24, где 1-24 — это определенная частота, Zd1-24 — данные здорового человека, One1-24 — данные пациента с рассеянным склерозом на начальной стадии, Trd1-24 — данные пациента на предострой стадии заболевания, Szd1-24 — данные пациента на острой стадии заболевания.

По результатам визуального анализа полученных графиков МШ испытуемых на различных частотах можно утверждать, что при проведении его для всех частот конкретную информацию получить невозможно (рис. 1).

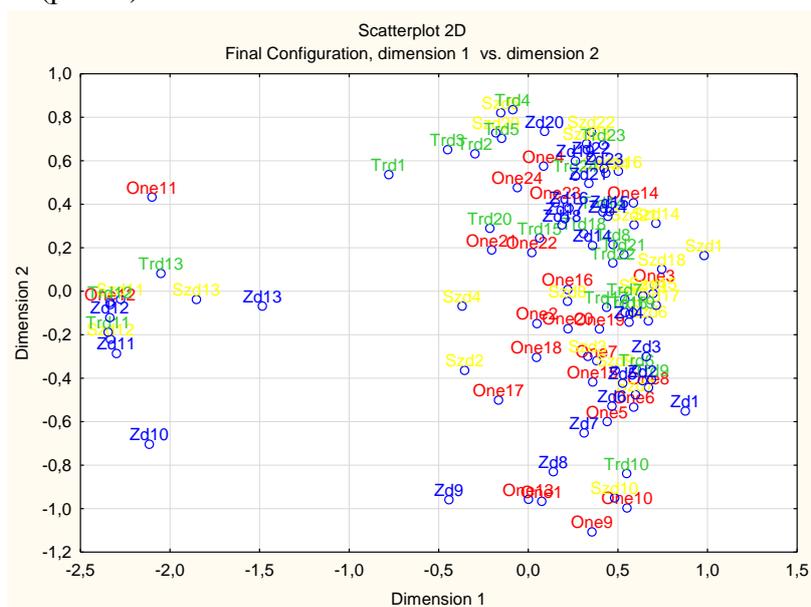


Рис. 1. Многомерное шкалирование для всех частот, где One1-24, Trd1-24, Zd1-24, Szd1-24 – значения спектров мощности ЭЭГ у пациентов (составлен авторами)

Далее проведено построение графика для частот 1–3 Гц (рис. 2).

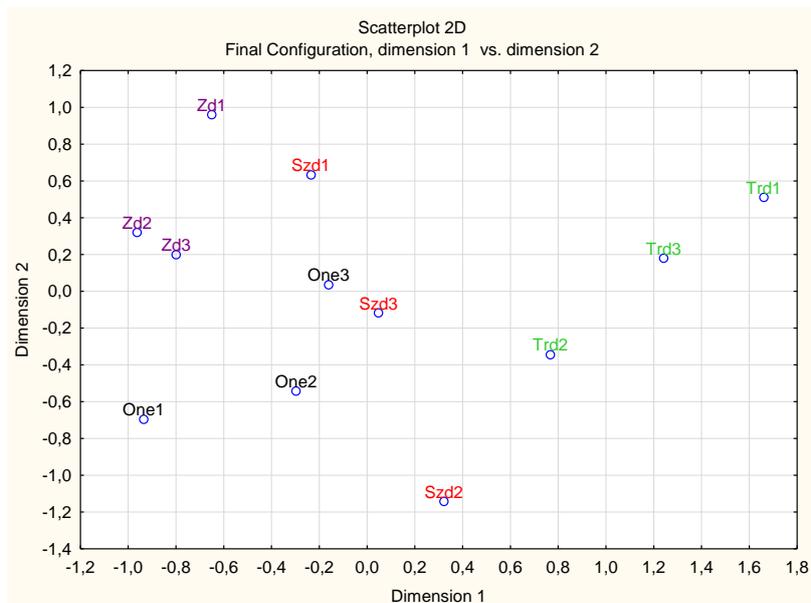


Рис. 2. Многомерное шкалирование для частот 1–3 Гц, где One1-3, Trd1-3, Zd1-3 – значения спектров мощности ЭЭГ у пациентов (составлен авторами)

На рис. 2 видно, что данные здорового пациента, первого и третьего измерения группируются, во втором измерении наблюдается разброс данных.

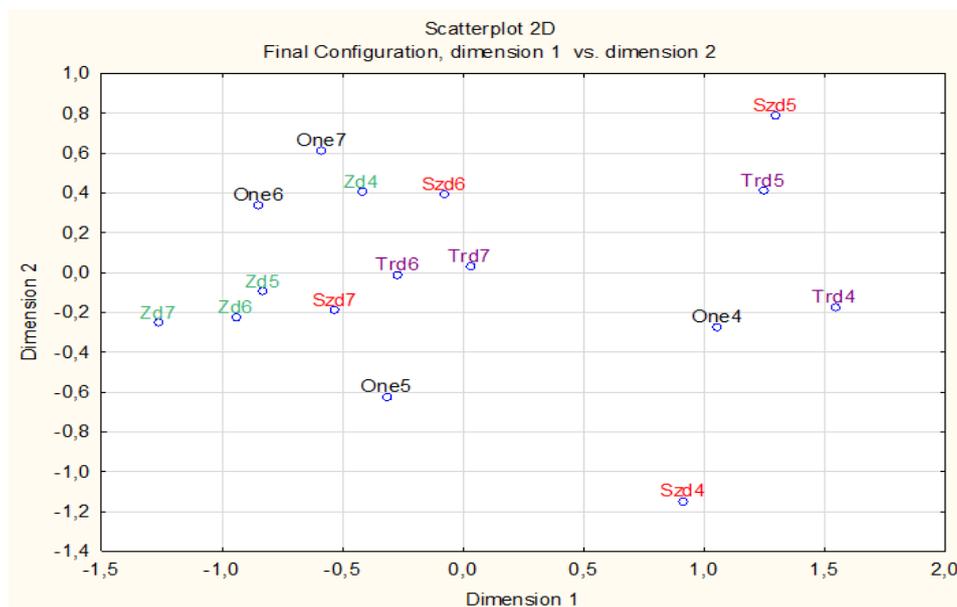


Рис. 3. Многомерное шкалирование для частот 4–7 Гц, где One4-7, Trd4-7, Zd4-7, Szd4-7 – значения спектров мощности ЭЭГ у пациентов (составлен авторами)

На рис. 3 данные здорового человека группируются, а остальные измерения разбросаны и не являются информативными.

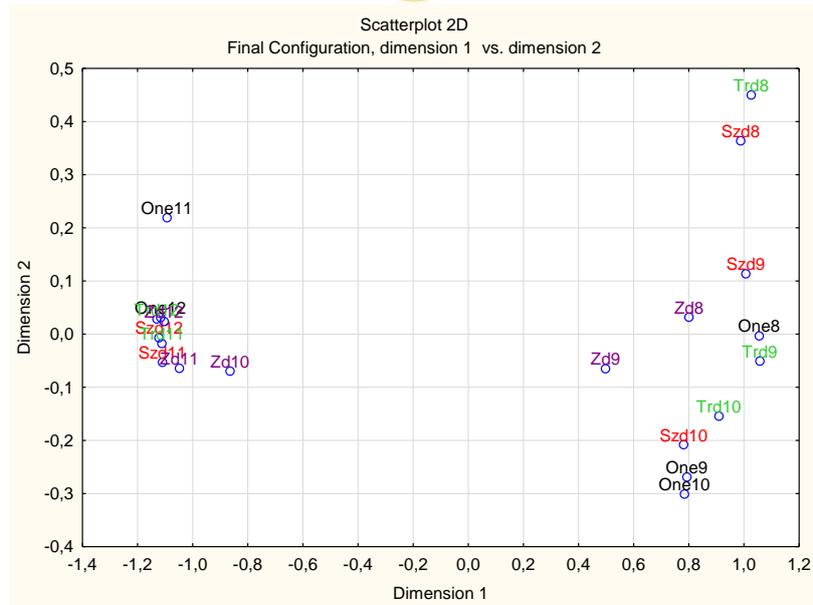


Рис. 4. Многомерное шкалирование для частот 8–12 Гц, где One8-12, Trd8-12, Zd8-12 – значения спектров мощности ЭЭГ у пациентов (составлен авторами)

На рис. 4 можно наблюдать сильный разброс всех данных, следовательно, выбранная частота не является информативной.

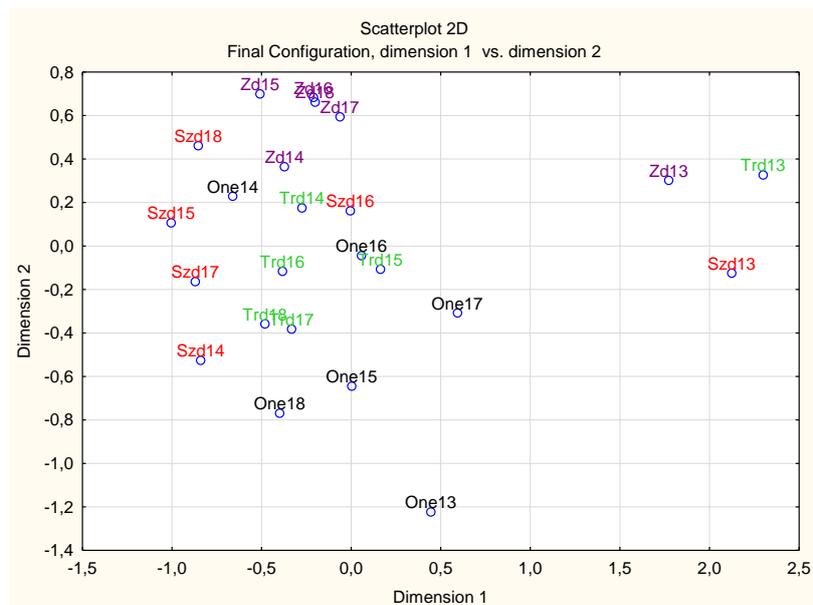


Рис. 5. Многомерное шкалирование для частот 13–18 Гц, где One13-18, Trd13-18, Zd13-18 – значения спектров мощности ЭЭГ у пациентов (составлен авторами)

На рис. 5 можно увидеть, что группируются практически все данные с выбросом частоты 13 Гц.

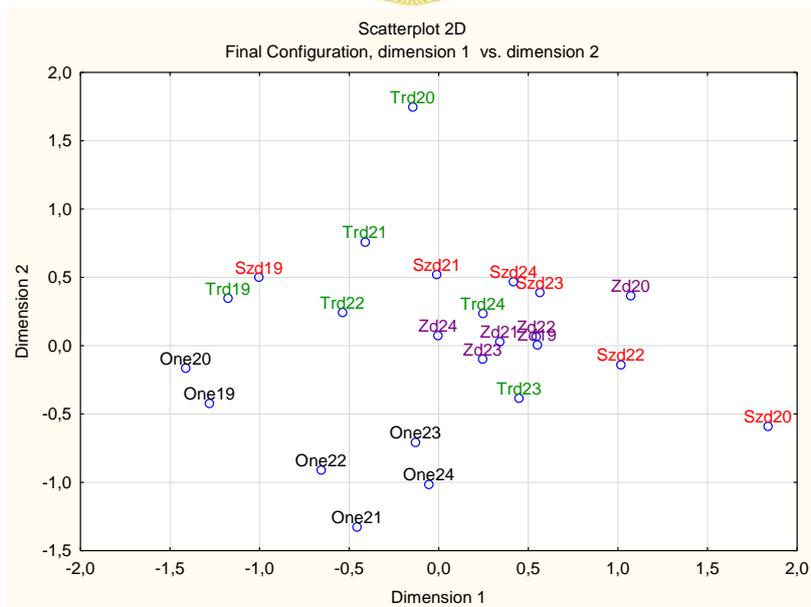


Рис. 6. Многомерное шкалирование для частот 19–24 Гц, где One19-24, Trd19-24, Zd19-24 – значения спектров мощности ЭЭГ у пациентов (составлен авторами)

На рис. 6 прослеживается тенденция образования групп по своему признаку, однако есть выбросы на частоте 20 Гц. Следовательно, высокочастотный интервал лучше характеризует состояние пациента, нежели интервалы средней и низкой частоты.

Далее, после составления матрицы корреляции, выполнено многомерное шкалирование данных для транспонированной интегральной матрицы по отведениям. Для наглядности и удобства использованы условные обозначения отведений: лобные — F, височные — T, затылочные — O, теменные — P, центральные — C (рис. 7).

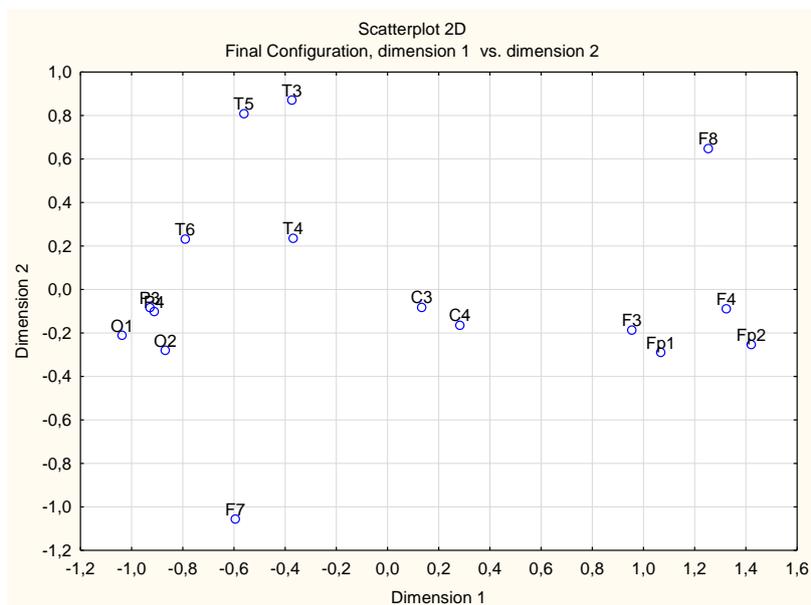


Рис. 7. Многомерное шкалирование для транспонированной интегральной матрицы по отведениям (составлен авторами)

На рис. 7 четко видны разделения между отведениями: все лобные отведения справа, центральные и теменные — в центре, затылочные — слева. Это подчеркивает правильность проведенного анализа, потому что именно так должны распределяться данные по рассеянному склерозу.

На основе транспонированной интегральной матрицы составлена матрица различий и проведено многомерное шкалирование (рис. 8).

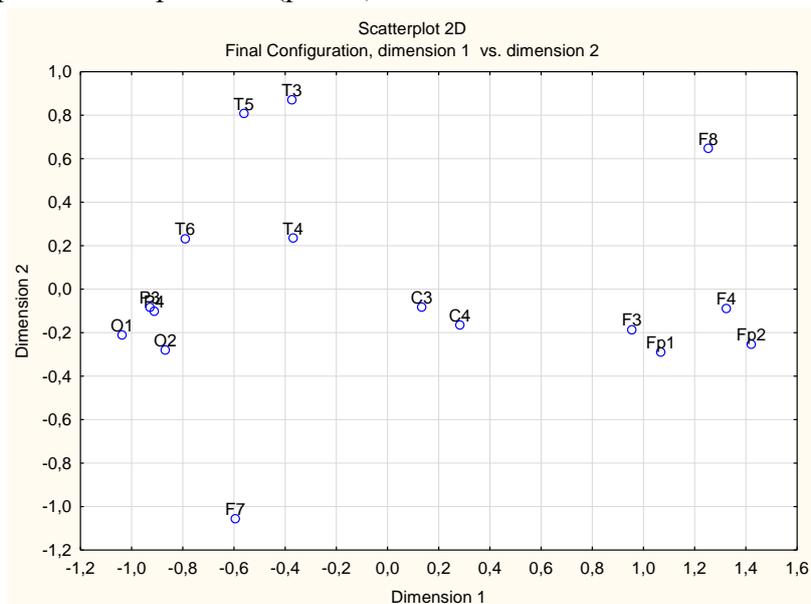


Рис. 8. Многомерное шкалирование для матрицы различий по отведениям: лобные – F, височные – Т, затылочные – О, теменные Р, центральные – С (составлен авторами)

На рис. 8 прослеживается нечеткое разделение данных на группы по отведениям: затылочные и теменные группируются слева, височные и центральные — в центре и слева, лобные отведения группируются справа. Эти группировки так же подчеркивают правильность проведения анализа.

**Заключение (выводы).** По полученным результатам МШ подтверждена возможность разделения данных по двум группам пациентов: больные и здоровые, а также на основе разделения данных по группам отведений проанализирована возможность разделения состояния пациентов в различные периоды проводимого лечения, что позволяет делать выводы о его эффективности в ходе терапии. Таким образом, анализ и сравнение распределения полученных данных дают возможность получать информацию о состоянии здоровья пациента на определенный момент лечения.

#### Библиографический список

1. Герасимова, Е. В. Физиология нервной системы : учебно-методическое пособие / Е. В. Герасимова, Р. Н. Хазипов, Г. Ф. Ситдикова. — Казань : КГУ, 2012. — 52 с.
2. Толстова, Ю. Н. Основы многомерного шкалирования / Ю. Н. Толстова. — Москва : КДУ, 2006. — 160 с.
3. Волкова, П. А. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах / П. А. Волкова, А. Б. Шипунов. — Москва : Форум, 2012. — 96 с.

*Об авторах:*

**Мороз Калерия Александровна**, заведующая кафедрой «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор, [leramoroz@mail.ru](mailto:leramoroz@mail.ru)

**Власенко Кристина Александровна**, магистрант кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [vlasenkok00@mail.ru](mailto:vlasenkok00@mail.ru)



*About the Authors:*

**Moroz, Kaleriya A.**, head of the Instrument Engineering and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Dr. Sci. (Eng.), professor, [leramoroz@mail.ru](mailto:leramoroz@mail.ru)

**Vlasenko, Kristina A.**, Master's degree student of the Instrument Engineering and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), [vlasenkok00@mail.ru](mailto:vlasenkok00@mail.ru)