



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-4-96-103>

*Оригинальная статья / Original paper*

УДК 159.9.072+159.9.078+612.821

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА СПОСОБНОСТИ К ВЫРАБОТКЕ НАВЫКА РЕЛАКСАЦИИ У МАШИНИСТОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД

Н.В. ЩЕРБИНА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)*

*Поступила в редакцию 21 марта 2022*

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2022

**Аннотация.** Исследована эффективность проведения БОС-тренингов на выработку навыка релаксации с использованием аппаратно-программного комплекса NeuroDog. Проведен дискриминантный анализ (метод многомерного статистического анализа), который позволил оценить качество и точность группирования машинистов и помощников машинистов локомотивных бригад в группы с разной степенью успешной выработки навыка релаксации. Выделены наиболее информативные признаки деления машинистов на группы. Проверка точности представленных групп была проведена с помощью линейных квалификационных функций, информативность признаков оценивалась по  $F$ -критерию Фишера. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез  $p < 0,05$ . В ходе дискриминантного анализа рассчитан ряд характеристик, необходимых для интерпретации групп и их различий: линейные классификационные функции, канонические дискриминантные функции, факторная нагрузка канонических дискриминантных функций. Показаны информативные дифференциально-диагностические признаки для проведения диагностики машинистов локомотивных бригад на выработку навыка релаксации. Приведены формулы линейных квалификационных функций. Точность диагностики в среднем составила 84,91 %.

**Ключевые слова:** биологическая обратная связь, электродермальная активность кожи, саморегуляция, выработка навыка релаксации, функциональное состояние, дискриминантный анализ, моделирование.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарности.** Автор статьи благодарит всех участников эксперимента.

**Для цитирования.** Щербина Н.В. Дифференциальная диагностика способности к выработке навыка релаксации у машинистов локомотивных бригад. Доклады БГУИР. 2022; 20(4): 96-103.

## DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF THE ABILITY TO DEVELOP THE SKILL OF RELAXATION IN THE DRIVERS OF LOCOMOTIVE CREWS

NATALIA V. SHCHERBINA

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)*

*Submitted 21 March 2022*

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2022

**Abstract.** The effectiveness of biofeedback trainings to develop relaxation skills was investigated using the NeuroDog hardware and software complex. Discriminant analysis (a method of multivariate statistical analysis) was carried out, which made it possible to assess the quality and accuracy of the grouping of drivers and assistant drivers of locomotive crews into groups with varying degrees of successful development of the relaxation skill. Highlighted the most informative signs of dividing drivers into groups. The accuracy of the presented groups was checked using linear qualification functions, the informativeness of the features was assessed by Fisher's F-criterion. The critical level of significance when testing statistical hypotheses is  $p < 0.05$ . In the course of discriminant analysis, a number of characteristics necessary for the interpretation of groups and their differences were calculated, such as: linear classification functions, canonical discriminant functions, and factor load of canonical discriminant functions. Informative differential diagnostic signs for diagnostics of locomotive crew drivers for the development of relaxation skills were shown. Formulas of linear qualifying functions are given. The diagnostic accuracy was 84.91 % on average.

**Keywords:** biofeedback, skin electrodermal activity, self-regulation, relaxation skill development, functional state, discriminant analysis, modeling.

**Conflict of interests.** The author declares no conflict of interests.

**Gratitude.** The author of the article thanks all participants of the experiment.

**For citation.** Shcherbina N.V. Differential Diagnosis of the Ability to Develop the Skill of Relaxation in the Drivers of Locomotive Crews. Doklady BGUIR. 2022; 20(4): 96-103.

## Введение

Представленная статья посвящена изучению эффективности выработки навыка релаксации одним из наиболее перспективных методов – методом биологической обратной связи (БОС) [1, 2]. БОС является одним из наиболее эффективных способов обучения управлению функциональным состоянием человека [3–5].

Цель работы – выявление наиболее важных дифференциально-диагностических критериев из психофизиологических и личностных показателей для диагностики успешной выработки навыка релаксации у машинистов и помощников машинистов (далее – машинистов) локомотивных бригад.

В работе [6] показано, что способность испытуемых к успешной выработке навыка релаксации зависит от совокупности психофизиологических и личностных показателей машинистов и помощников машинистов локомотивных бригад. С целью выявления наиболее значимых психофизиологических и личностных показателей машинистов локомотивных бригад применили дискриминантный анализ [7] для оценки уровня успешной выработки навыка релаксации. Для моделирования психофизиологических и личностных характеристик личности исследовали машинистов локомотивных бригад. Модель «уровня успешной выработки навыка релаксации» построена на основании выборки из 106 наблюдений.

В ходе дискриминантного анализа рассчитан ряд характеристик, необходимых для интерпретации групп и их различий, – линейные классификационные функции, канонические дискриминантные функции, факторная нагрузка канонических дискриминантных функций. Дискриминантный анализ дал возможность построить графики положения групп в признаковом пространстве.

## Методика проведения эксперимента

В исследовании приняли участие 106 машинистов локомотивных бригад Моторвагонного депо г. Минска в возрасте от 18 до 65 лет, мужчины, средний возраст по выборке составил  $32 \pm 11,4$  года. Стаж работы участников эксперимента – в диапазоне от 1 до 36 полных лет [1].

Для выработки навыка релаксации были проведены сеансы БОС-тренинга с использованием аппаратно-программного комплекса NeuroDog [1]. Комплекс предназначен для обучения пользователя навыкам релаксации путем визуализации его текущего уровня

бодрствования на экране монитора; текущий уровень бодрствования пользователя оценивается путем измерения параметров электродермальной активности кожи с помощью специального датчика (браслет, перстень). Количество БОС-сеансов – 10. Продолжительность каждого сеанса составляла 15–20 мин. По результатам БОС-тренинга испытуемые были распределены на три группы [1]: 1 – успешная (47 чел.); 2 – менее успешная (39 чел.); 3 – неуспешная (20 чел.). Оценка профессионально важных качеств испытуемых проводилась с использованием УПДК-МК [1].

### Результаты и их обсуждение

Для анализа групп, сформированных во время исследования [1], использовался один из методов многомерного статистического анализа – дискриминантный анализ. Расчеты выполнены в электронном пакете Statistica 10.0.

Дискриминантный анализ позволил оценить качество группирования представленных на анализ групп, выделить наиболее информативные признаки деления машинистов локомотивных бригад на группы, точность группирования. Критерии распределения машинистов в группы автором рассмотрены ранее в статье [1].

Группирующей переменной в дискриминантном анализе явилась группа. В качестве независимых переменных выбраны 56 переменных, обозначающих разнообразные психофизиологические и личностные показатели машинистов локомотивных бригад.

Одним из важных показателей адекватности модели дискриминации испытуемых на исследуемые группы является качество (корректность) классификации участников исследования, проведенной на основании предсказаний, сделанных с помощью полученных дискриминантных функций. Результаты классификации машинистов локомотивных бригад на три группы с помощью установленной дискриминантной модели показывают, что дискриминантные функции корректно классифицируют 85,11 % испытуемых из группы 1, 89,74 % испытуемых из группы 2 и 75,00 % испытуемых из группы 3. При проверке линейными классификационными функциями были неверно разнесены пять испытуемых в группе 1, шесть испытуемых во группе 2 и пять испытуемых в группе 3. В целом имеющиеся функции правильно предсказывают принадлежность к своей группе для 84,91 % всех участников исследования (табл. 1).

**Таблица 1.** Матрица классификации групп  
**Table 1.** Group classification matrix

Группа Group	Процент Percent	G_1:1 $p = ,44340$	G_2:2 $p = ,36792$	G_3:3 $p = ,18868$
G 1:1	85,10638	40	4	3
G 2:2	89,74359	2	35	2
G 3:3	75,00000	3	2	15
Всего / Total	84,90566	45	41	20

В результате дискриминантного анализа, проведенного пошаговым методом с включением переменных, была получена модель, позволяющая наилучшим образом предсказывать, к какой группе стоит отнести машиниста локомотивной бригады. Ее адекватность как различительную мощность характеризует лямбда Уилкса, равная 0,17. Проведенный с ее помощью тест показывает наличие статистически значимых различий ( $F(72, 136) = 2,69$ ;  $p = 0,000$ ) средних арифметических значений каждой из построенных дискриминантных функций между тремя сравниваемыми группами.

Учитывая, что значения лямбда Уилкса принадлежат интервалу [0,1] (значения, лежащие около 0, свидетельствуют о хорошей дискриминации, а значения, лежащие около 1, свидетельствуют о плохой дискриминации), полученное для заданной модели значение 0,17 означает, что эта модель хорошо справляется с дискриминированием исследуемых совокупностей испытуемых.

В пошаговом анализе дискриминантной функцией в модель включены 36 из 56 отобранных переменных, среди которых были отобраны информативные переменные с уровнями значимости от 0,04 до 0,0006.

С использованием коэффициентов линейных дискриминантных функций получены следующие линейные классификационные формулы (1)–(3), по которым для набора переменных

нового объекта (машиниста, помощника машиниста локомотивной бригады) выполняется расчет для каждой группы. Далее новый объект относят к той группе, для которой линейная классификационная функция получила наибольшее значение.

$$\begin{aligned} \text{Группа 1 (успешная)} = & 5,345x_1 - 3,588x_2 + 3,137x_3 + 9,288x_4 + 2,722x_5 + 1,175x_6 + 3,370x_7 + \\ & + 0,073x_8 + 1,304x_9 - 0,037x_{10} + 0,310x_{11} + 0,04x_{12} - 9,54x_{13} + 4,037x_{14} + 0,785x_{15} - 0,619x_{16} - \\ & - 0,861x_{17} + 15,988x_{18} + 2,591x_{19} - 0,473x_{20} - 17,594x_{21} - 1,025x_{22} - 1,271x_{23} + 6,848x_{24} + \\ & + 4,857x_{25} + 0,109x_{26} - 1,221x_{27} - 0,837x_{28} + 2,716x_{29} + 2,247x_{30} - 0,084x_{31} - 1,496x_{32} + \\ & + 0,790x_{33} - 0,013x_{34} + 0,467x_{35} + 15,850x_{36} - 383,752. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Группа 2 (менее успешная)} = & 4,825x_1 - 2,711x_2 + 2,788x_3 + 7,191x_4 + 2,404x_5 + 1,260x_6 + 3,557x_7 + \\ & + 0,119x_8 + 0,704x_9 - 0,086x_{10} + 0,341x_{11} - 0,005x_{12} - 8,202x_{13} + 3,812x_{14} + 0,644x_{15} - 0,308x_{16} - \\ & - 0,131x_{17} + 12,968x_{18} + 1,882x_{19} - 0,382x_{20} - 14,646x_{21} - 0,641x_{22} - 0,175x_{23} + 6,060x_{24} + 4,310x_{25} + \\ & + 0,097x_{26} - 1,210x_{27} - 0,559x_{28} + 2,411x_{29} + 2,120x_{30} - 0,099x_{31} - 0,470x_{32} + 0,608x_{33} + 0,090x_{34} + \\ & + 0,400x_{35} + 14,499x_{36} - 359,533. \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Группа 3 (неуспешная)} = & 6,043x_1 - 3,263x_2 + 3,268x_3 + 8,151x_4 + 2,566x_5 + 1,376x_6 + 4,248x_7 + \\ & + 0,094x_8 + 0,914x_9 - 0,072x_{10} + 0,336x_{11} + 0,032x_{12} - 9,659x_{13} + 4,263x_{14} + 0,821x_{15} - 0,424x_{16} - \\ & - 0,522x_{17} + 14,735x_{18} + 1,780x_{19} - 0,446x_{20} - 17,558x_{21} - 0,913x_{22} - 0,553x_{23} + 6,981x_{24} + 5,015x_{25} + \\ & + 0,112x_{26} - 1,546x_{27} - 0,648x_{28} + 2,452x_{29} + 2,175x_{30} - 0,095x_{31} - 0,430x_{32} + 0,599x_{33} + 0,178x_{34} + \\ & + 0,350x_{35} + 15,054x_{36} - 405,516, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $x_1$  – количество ошибок, допущенных при оценке концентрации внимания;  $x_2$  – фактор G: низкая-высокая нормативность поведения (т. Кеттелла);  $x_3$  – суммарное отклонение от аутогенной нормы (т. Люшер);  $x_4$  – интернальность в области достижений;  $x_5$  – среднее значение ударов по теппинг-тесту;  $x_6$  – ММРІ 0: социальная интроверсия;  $x_7$  – фактор В: конкретное – абстрактное мышление (т. Кеттелла);  $x_8$  – время выполнения задания для оценки эмоциональной устойчивости;  $x_9$  – стаж;  $x_{10}$  – среднее квадратическое отклонение времени простой двигательной реакции;  $x_{11}$  – среднее время реакции на сигналы без предупреждения (оценка бдительности);  $x_{12}$  – среднее время реакции на сигналы с предупреждением (оценка бдительности);  $x_{13}$  – число пропущенных сигналов с предупреждением (оценка бдительности);  $x_{14}$  – фактор Q1: консерватизм-радикализм (т. Кеттелла);  $x_{15}$  – ММРІ 1: невротический сверхконтроль;  $x_{16}$  – ММРІ 3: эмоциональная лабильность, демонстративность, истерия;  $x_{17}$  – психологическое напряжение (т. Люшер);  $x_{18}$  – количество ошибок, допущенных в простой двигательной реакции;  $x_{19}$  – фактор М: практичность – мечтательность (т. Кеттелла);  $x_{20}$  – ММРІ 6: ригидность;  $x_{21}$  – число пропущенных сигналов без предупреждения (оценка бдительности);  $x_{22}$  – возраст;  $x_{23}$  – фактор Е: податливость – независимость (т. Кеттелла);  $x_{24}$  – фактор Q3: низкий – высокий самоконтроль (т. Кеттелла);  $x_{25}$  – фактор L: доверчивость-подозрительность (т. Кеттелла);  $x_{26}$  – среднее квадратическое отклонение времени реакции на движущийся объект;  $x_{27}$  – психологическое утомление (Люшер);  $x_{28}$  – межличностное доминирование (Лири);  $x_{29}$  – внутриличностное доминирование (Лири);  $x_{30}$  – ММРІ 4: импульсивность;  $x_{31}$  – среднее квадратическое отклонение времени сложной двигательной реакции;  $x_{32}$  – общая интернальность;  $x_{33}$  – ММРІ 7: тревожность;  $x_{34}$  – ММРІ 8: индивидуалистичность;  $x_{35}$  – ММРІ 5: мужественность-женственность;  $x_{36}$  – число неправильных нажатий (оценка бдительности).

Полученный результат расстояний между группами свидетельствует о различимости между собой групп 1, 2 и 3. Расстояние Махаланобиса между группами 1 и 2 – 9,32; между группами 1 и 3 – 8,37; между группами 2 и 3 – 9,1. При рассмотрении  $F$ -критерия и уровня значимости получена оценка различимости групп.  $F$ -критерий между группами 1 и 2 равен 3,64 ( $p < 0,000002$ ); между группами 1 и 3 равен 2,15 ( $p < 0,003230$ ); между группами 2 и 3 равен 2,21 ( $p < 0,002490$ ).

Осуществленный в рамках дискриминантного анализа канонический анализ позволил построить две дискриминантные (канонические) функции для наилучшего дискриминирования

трех групп. Проведенный при помощи определенных для каждой функции лямбд Уилкса тест установил, что средние значения каждой функции статистически значимо отличаются между тремя группами машинистов: для функции (корня) 1  $\chi^2 = 151,43$  ( $df = 72$ ) при  $p = 0,000000$ , для функции (корня) 2  $\chi^2 = 59,55$  ( $df = 35$ ) при  $p = 0,005960$ . При этом обнаруженная лямбда Уилкса для корня 1 равна 0,17, лямбда Уилкса для корня 2 равна 0,50. Канонические коэффициенты корреляции (для функции 1  $R = 0,81$ , для функции 2  $R = 0,71$ ), как меры удачности разделения групп с помощью данных дискриминантных функций, свидетельствуют о том, что обе функции хорошо справляются с этой задачей, если учесть, что канонический  $R$  изменяется в пределах значений от 0 до 1, и чем он больше, тем лучше разделение.

Получены стандартизированные коэффициенты  $\beta$  каждой дискриминантной переменной (для 36 переменных, вошедших в модель) для обеих канонических функций (табл. 2, столбцы 2, 3). По значениям  $\beta$  определяем частный вклад каждой переменной в предсказание исхода для испытуемых. Чем больше стандартизированный коэффициент по модулю, тем большим является собственный вклад соответствующей переменной в дискриминацию, выполняемую соответствующей дискриминантной функцией. Соответственно, переменные с наибольшими по модулю коэффициентами  $\beta$  вносят наибольший вклад в различение изучаемых групп.

По таблице факторной структуры канонических линейных дискриминантных функций (табл. 2, столбцы 4, 5) судят о корреляционной связи наблюдавшихся переменных, включенных в модели с каноническими линейными дискриминантными функциями. Данные о факторной нагрузке канонических линейных дискриминантных функций могут использоваться для оценки коэффициентов «весомости» переменных при решении диагностической задачи.

**Таблица 2.** Стандартизированные коэффициенты дискриминантных переменных канонических функций. Факторная нагрузка канонических линейных дискриминантных функций  
**Table 2.** Standardized coefficients of discriminant variables of canonical functions. Factor load of canonical linear discriminant functions

Переменная Variable	Стандартизированные коэффициенты, $\beta$ Standardized ratios, $\beta$		Факторная нагрузка Factor load	
	Корень 1 Root 1	Корень 2 Root 2	Корень 1 Root 1	Корень 2 Root 2
Концентрация внимания, количество ошибок	-0,31599	<b>-0,707171</b>	0,011909	-0,307669
Фактор G: низкая–высокая нормативность поведения (Кеттелла)	<b>0,58642</b>	0,070352	0,151181	-0,156431
Суммарное отклонение от аутогенной нормы (Люшер)	<b>-0,65321</b>	<b>-0,673506</b>	-0,105107	-0,117627
Интернальность в области достижений	<b>-1,09434</b>	0,096226	-0,110562	-0,158452
Теппинг/ср.зн.	<b>-0,84593</b>	0,021820	-0,108112	0,019373
ММПИ, 0: социальная интроверсия	0,27268	<b>-0,611827</b>	-0,016787	-0,239506
Фактор В: конкретное – абстрактное мышление, интеллект (Кеттелла)	0,14464	<b>-0,701596</b>	-0,008253	-0,042793
Время выполнения задания (эмоциональная устойчивость)	<b>0,66115</b>	0,016010	0,168856	-0,048423
Стаж	<b>-1,58373</b>	0,344736	-0,113374	0,115838
Среднеквадратическое отклонение времени простой двигательной реакции	-0,34499	0,097105	-0,116365	0,132898
Среднее время реакции на сигналы без предупреждения (бдительность)	<b>0,61134</b>	-0,271481	0,145721	-0,078314
Среднее время реакции на сигналы с предупреждением (бдительность)	<b>-1,00905</b>	-0,356083	0,086646	-0,129380
Число пропущенных сигналов с предупреждением (бдительность)	0,45129	0,306621	0,121340	0,062628

Продолжение таблицы 2

Фактор Q: консерватизм-радикализм (Кеттелла)	-0,15187	-0,275534	-0,047403	-0,156038
ММРІ, 1: невротический сверхконтроль	-0,35099	-0,310377	-0,073307	-0,086799
ММРІ, 3: эмоциональная лабильность	<b>0,81950</b>	-0,155750	0,065777	-0,114597
Психологическое напряжение (Люшер)	0,49682	0,002733	0,013855	0,049818
Количество ошибок в простой двигат. реакции	<b>-0,61020</b>	-0,040090	-0,088164	0,076559
Фактор М: практичность-мечтательность (Кеттелла)	-0,44877	0,363365	0,006495	0,077859
ММРІ, 6: ригидность, паранойя	0,30825	0,064832	0,043455	-0,145466
Число пропущенных сигналов без предупреждения (оценка бдительности)	0,59176	0,328466	0,054434	0,066736
Возраст	<b>1,45716</b>	0,315323	-0,051599	0,112438
Фактор Е: податливость – независимость (Кеттелла)	<b>0,59379</b>	-0,133162	0,062405	-0,043719
Фактор Q3: низкий – высокий самоконтроль (Кеттелла)	-0,46255	-0,359041	-0,038370	-0,124104
Фактор L: доверчивость - подозрительность (Кеттелла)	-0,35443	-0,327123	-0,030396	-0,066715
Среднеквадратическое отклонение времени реакции на движущийся объект, мс	-0,29115	-0,268911	-0,022256	-0,135787
Психологическое утомление (Люшер)	0,00522	0,311392	-0,029187	-0,050550
Доминирование, межлич. (Лири)	<b>0,57268</b>	-0,055865	0,048139	0,059073
Доминирование, внутрлич. (Лири)	<b>-0,56442</b>	0,268286	-0,059918	0,183016
ММРІ, 4: импульсивность	-0,32191	0,036410	0,058657	-0,077099
Среднеквадратическое отклонение времени сложной двигательной реакции, мс	-0,21895	0,083036	-0,082187	-0,025195
Интернальность общая шкала	<b>0,54923</b>	-0,375269	-0,076752	-0,125410
ММРІ, 7: тревожность	<b>-0,52321</b>	0,362515	-0,038342	-0,078428
ММРІ, 8: индивидуалистичность	0,27992	-0,462347	0,060323	-0,147452
ММРІ, 5: мужественность - женственность	-0,24554	0,375461	-0,016341	0,066634
Число неправильных нажатий (бдительность)	-0,28171	0,040720	-0,020568	0,174063
Соб. зн.	1,92921	1,006591	–	–
Кум.доля	0,65713	1,000000	–	–

Для того чтобы охарактеризовать исследуемые группы машинистов локомотивных бригад с точки зрения различающих их дискриминантных переменных, необходимо рассмотреть изображенную на рис. 1 диаграмму рассеяния канонических значений, вычисленных по каждой канонической функции для каждого испытуемого.

На диаграмме отчетливо видно, что первая дискриминантная функция (корень 1) хорошо отделяет группу 1, отличающуюся наивысшей степенью успешности выработки навыка релаксации, от групп 2 и 3. Среднее значение данной канонической функции равно:  $-1,39$  в группе 1;  $1,66$  в группе 2;  $0,04$  – в группе 3.

С помощью второй дискриминантной функции (корня 2) можно разделить испытуемых второй и третьей групп, характеризующихся соответственно средней и низкой степенью

успешности формирования навыка релаксации. В группе 2 среднее значение канонической функции 2 равно 0,49, а в группе 3 равно –2,05.

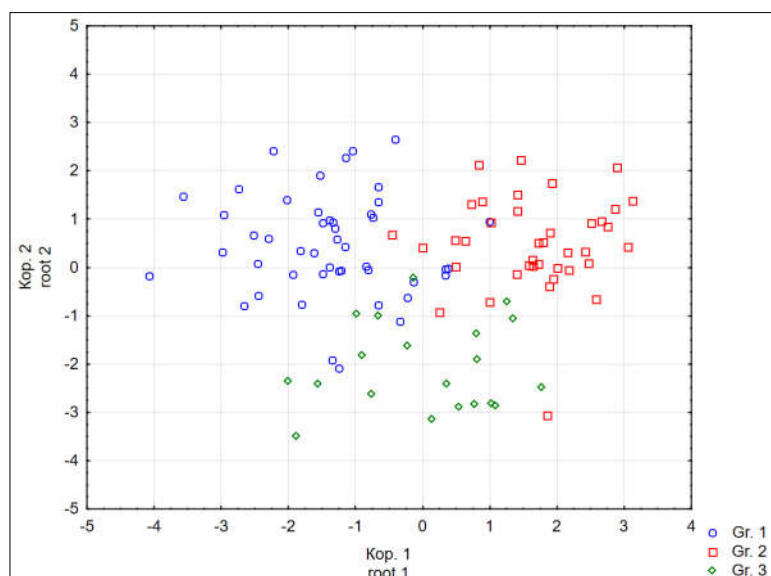


Рис. 1. Диаграмма рассеяния канонических значений для испытуемых  
Fig. 1. Scatter diagram of canonical values for subjects

Таким образом, канонические значения корня 2 в группе со средним навыком релаксации в целом выше, чем в группе с плохим навыком.

### Заключение

По результатам расчетов выявлено:

1. При проведении дискриминантного анализа было подтверждено наличие различий между группами в успешной выработке навыка релаксации.
2. Из табл. 1 видно, что точность диагностики по решающим правилам в среднем составила 84,91 %, для группы 1 – 85,11 %, для группы 2 – 89,74 %, для группы 3 – 75 %.
3. По формулам (1)–(3) рассчитываются линейные квалификационные функции. Отнесение нового объекта к соответствующей группе по успешной выработке навыка релаксации (1, 2 или 3) выполняется по максимальному значению линейных квалификационных функций.
4. Полученные стандартизированные коэффициенты  $\beta$  (табл. 2) позволяют определить частный вклад каждой переменной в предсказание исхода для испытуемого.
5. Полученные данные факторной нагрузки канонических линейных дискриминантных функций могут использоваться для оценки коэффициентов «весомости» переменных при решении диагностической задачи.

### Список литературы

1. Щербина Н. В., Савченко В.В., Яшин К.Д. Исследование метода выработки навыка на релаксацию с биологической обратной связью по параметрам электродермальной активности. *Новости медико-биологических наук*. 2019;1;65-73.
2. Щербина Н.В. Регуляция функционального состояния машинистов локомотивных бригад с применением БОС-тренинга: факторный анализ экспериментальных данных. *Доклады БГУИР*. 2021;19(4);28-36. DOI: 10.35596/1729-7648-2021-19-4-28-36.
3. Сорокин Н.В., Гордиенко А.В., Леонтьев О.В., Соловьев М.В., Дударенко С.В. Динамика качества жизни при применении тренингов биологической обратной связи у больных артериальной гипертензией с тревожно-депрессивными расстройствами. *Вестник психотерапии*. 2021;77(82);27-36.
4. Александров А.Ю., Уплисова К.О., Иванова В.Ю. Влияние параметров и характера биологической обратной связи на амплитуду физиологического тремора. *Физиология человека*. 2020;46(2):22-29.

5. Бабич Т.Ю., Плехо Р.М., Юрченко Е.Ю., Сулейманова С.Р., Гришко Т.В. Метод функционального биоуправления при подготовке беременных женщин к родам. *Медико-фармацевтический журнал Пульс*. 2020;22(3):24-28. DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-3-24-28.
6. Щербина Н.В. Анализ различий между группами машинистов локомотивных бригад с разной степенью способности к произвольной регуляции их функционального состояния. *Доклады БГУИР*. 2022;20(2):21-29. DOI: 10.35596/1729-7648-2022-20-2-21-29.
7. Ким Д., Мьюллер Ч.У. *Факторный, дискриминантный и кластерный анализ*. Пер. с англ. Москва: Финансы и статистика; 1989.

### References

1. Shcherbina N.V., Savchenko V.V., Yashin K.D. [Research of the method of developing a skill for relaxation with biological feedback on the parameters of electrodermal activity]. *Novosti mediko-biologicheskikh nauk = News of medical and biological Sciences*. 2019;1;65-73. (in Russ.)
2. Shcherbina N.V. [Regulation of the functional state of locomotive crew drivers using biofeedback training: factor analysis of experimental data]. *Doklady BGUIR=Doklady BGUIR*. 2021;19(4):28-36. DOI: 10.35596/1729-7648-2021-19-4-28-36. (in Russ.)
3. Sorokin N.V., Gordienko A.V., Leontev O.V., Solovov M.V., Dudarenko S.V. [Dynamics of quality of life when applying biological feedback training in patients with arterial hypertension with anxiety-depressive disorders]. *Vestnik psihoterapii = Psychotherapy Bulletin*. 2021; 77(82); 27-36. (in Russ.)
4. Aleksandrov A.Y., Uplisova K.O., Ivanova V.Y. [Biofeedback specialization effect on physiological tremor amplitude dynamics]. *Fiziologiya cheloveka = Human Physiology*. 2020;46(2):22-29. (in Russ.)
5. Babich T.Yu., Pieho R.M., Yurchenko E.Yu., Suleymanova S.R., Grishko T.V. [The use of functional biocontrol during the antenatal education of women]. *Mediko-farmaceuticheskij zhurnal Pul's = Medical and pharmaceutical journal Pulse*. 2020;22(3):24-28. DOI 10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-3-24-28. (in Russ.)
6. Shcherbina N.V. [Analysis of differences between groups of locomotive crew drivers with different degrees of ability to arbitrarily regulate their functional state]. *Doklady BGUIR=Doklady BGUIR*. 2022;20(2):21-29. DOI: 10.35596/1729-7648-2022-20-2-21-29. (in Russ.)
7. Kim J., Mueller C.W. [*Factor, discriminant and cluster analysis*]. Per. from English. Moscow: Finance and Statistics; 1989. (in Russ.)

### Сведения об авторах

**Щербина Н.В.**, старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

### Information about the authors

**Shcherbina N.V.**, Senior Lecturer at the Engineering Psychology and Ergonomics Department of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

### Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. П. Бровки, 6,  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники;  
тел.: +375-29-755-92-70;  
e-mail: shcherbina@bsuir.by  
Щербина Наталья Витальевна

### Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,  
Minsk, P. Brovka St., 6,  
Belarusian State University  
of Informatics and Radioelectronics;  
tel.: +375-29-755-92-70;  
e-mail: shcherbina@bsuir.by  
Shcherbina Natalia Vitalievna