

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В МЕДИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ СОПРОВОЖДЕНИИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

А. Н. Ятманов

Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

ЦЕЛЬ. Оценить возможности применения нейронных сетей в медико-психологическом сопровождении военнослужащих.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Обследованы 1822 курсанта Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» в возрасте от 18 до 27 лет. Обследованные разделены на 2 группы: «Норма» ($n = 1507$) и «Дезадаптация» ($n = 315$). Обследование проведено с применением многофакторного личностного опросника «Адаптивность» и методики диагностики интеллектуально-го развития КР-3-85. Статистическую обработку выполняли с применением пакета программ Stat Soft Statistica 10.0. Осуществляли проверку на нормальность показателей с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Сравнительный анализ показателей с нормальным распределением оценивали с помощью t -критерия Стьюдента. Проанализирована ранговая корреляция Спирмена с целью проверки данных на мультиколлинеарность. Математическое моделирование проведено с использованием нейронных сетей. Эффективность модели оценивали по уровню чувствительности и специфичности.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Курсанты с дезадаптацией характеризуются более низкими показателями личностного адаптационного потенциала, моральной нормативности, результатами тестов: память на фигуры, установление закономерности. Нейронная сеть является мощным инструментом систематизации, позволяет достоверно классифицировать курсантов с социально-психологической дезадаптацией. При этом нейронная сеть характеризуется высокой специфичностью.

ОБСУЖДЕНИЕ. Полученные результаты подтверждают выводы других ученых, что нейронные сети способны с высокой точностью классифицировать различные состояния. Определенным недостатком нейронной сети является отсутствие полной информации у исследователя о выявленных связях и закономерностях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Применение нейронных сетей повысит эффективность мероприятий медико-психологического сопровождения курсантов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: морская медицина, нейронная сеть, медико-психологическое сопровождение, военнослужащий, курсант, дезадаптация, прогноз

*Для корреспонденции: Ятманов Алексей Николаевич, e-mail: yan20220@mail.ru

*For correspondence: Alexey N. Yatmanov, e-mail: yan20220@mail.ru

Для цитирования: Ятманов А. Н. Применение нейронных сетей в медико-психологическом сопровождении военнослужащих: ретроспективное исследование // *Морская медицина*. 2024. Т. 10, No. 3. С. 88–93, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2024-10-3-88-93> EDN: <https://elibrary.ru/IYZBKY>

For citation: Yatmanov A. N. Use of neural networks for medical and psychological support of military personnel: retrospective study // *Marine medicine*. 2024. Vol. 10, No. 3. P. 88–93, doi: <https://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2024-10-3-88-93> EDN: <https://elibrary.ru/IYZBKY>

USE OF NEURAL NETWORKS FOR MEDICAL AND PSYCHOLOGICAL SUPPORT OF MILITARY PERSONNEL: RETROSPECTIVE STUDY

Alexey N. Yatmanov

Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

OBJECTIVE. Evaluate the possibility of using neural networks in the medical and psychological support of military personnel.

MATERIALS AND METHODS. There was screening of 1822 cadets of the Navy Military Training and Research Centre “the Naval Academy named after Admiral of the Fleet of the Soviet Union N.G. Kuznetsov”, aged 18-27. Subjects were divided into 2 groups: “Norm” ($n = 1507$) and “Maladaptation” ($n = 315$). The screening was carried out using multidimensional personality questionnaire “Adaptability” and methods of intellectual development diagnosis KP-3-85. Statistical processing was performed using Stat Soft Statistica 10.0 software package. Check for rate normality was carried out via the Kolmogorov-Smirnov test. Comparative analysis of indicators with normal distribution was evaluated using Student's t -test. Проанализирована Spearman's rank correlation was analyzed in order to check the data for multicollinearity. Mathematical modeling was conducted with the use of neural networks. The model efficacy was assessed by the level of sensitivity and specificity.

RESULTS. Cadets with maladaptation are characterized by lower rates of the personal adaptation potential, moral normativity and test results: memory for figures, pattern determination. Neural network is a powerful instrument for systematization, making it possible to reliably classify cadets with socio-psychological maladaptation. Yet, neural network is characterized by high specificity.

DISCUSSION. The obtained results support the conclusions of other scientists that neural networks are able to classify various states with high accuracy. A significant shortcoming in neural network is incomplete information on identified connections and patterns from researchers' side.

CONCLUSION. The use of neural networks will enhance the efficiency of measures to provide medical and psychological support for cadets.

KEYWORDS: marine medicine, neural network, medical and psychological support, military personnel, cadet, maladaptation, forecast

Введение. Область искусственного интеллекта (ИИ) направлена на понимание и разработку компьютерных систем, способных выполнять задачи, которые обычно требуют человеческого интеллекта [1–3]. Наиболее распространенным методом классификации ИИ является разделение его на сильный и узконаправленный [4]. Сильный ИИ относится к универсальному алгоритму обучения и действия в любой области. Это – интеллект человеческого уровня, умеющий выполнять когнитивные задачи в различных областях и контекстах, на которые способен обычный человек. Сюда входят такие задачи, как понимание контекста и осмысление окружающей среды, склонность к рассуждению, проявление творческих способностей [5, 6]. К узконаправленному ИИ относятся алгоритмы, реализуемые посредством машинного обучения, которые выполняют задачи в заданных границах, в определенной предметной области [7].

Количество публикаций на тему медико-психологического сопровождения военнослужащих с применением технологии машинного обучения имеет тенденцию к увеличению,

указывая на растущий интерес исследователей к данной проблеме [8]. При сопровождении военнослужащих иностранных государств наиболее стабильно учеными применяются нейронные сети, логистическая регрессия и дерево решений, метод Байесовского алгоритма [9].

Цель. Оценить возможности применения нейронных сетей в медико-психологическом сопровождении военнослужащих.

Материал и методы. Обследованы 1822 курсанта Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова» в возрасте от 18 до 27 лет, которых разделили на 2 группы: «Норма» ($n = 1507$); «Дезадаптация» ($n = 315$). Обследование провели с применением многофакторного личностного опросника (МЛО) «Адаптивность» и методики диагностики интеллектуального развития KP-3-85 [10].

Статистическую обработку выполняли с применением пакета программ Statistica 10.0. Результаты проверили на нормальность показателей с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Сравнительный анализ показателей

с нормальным распределением оценивали при помощи *t*-критерия Стьюдента. Сделан анализ ранговой корреляции Спирмена с целью проверки данных на мультиколлинеарность, которая затрудняет оценку и анализ общего результата, может стать причиной переобучаемости модели, что приведет к неверному результату и увеличит сложность модели машинного обучения. Математическое моделирование осуществили с использованием нейронных сетей.

Эффективность модели оценивали по уровню чувствительности, специфичности и точности прогноза. Чувствительность (истинно положительная пропорция) отражает долю положительных результатов, которые правильно идентифицированы. Специфичность (истинно отрицательная пропорция) отражает долю отрицательных результатов, которые правильно идентифицированы. Точность отражает, какой процент положительных объектов правильно классифицирован.

Результаты. При анализе результатов обследования выявлено, что курсанты с дезадаптацией характеризуются более низкими

показателями личностного адаптационного потенциала, моральной нормативности, результатами тестов: память на фигуры, установление закономерности (табл. 1).

При проверке данных на наличие линейной зависимости между предикторами (мультиколлинеарность) выявлено, что показатели личностного адаптационного потенциала методики МЛО «Адаптивность» и общее интеллектуальное развитие методики КР-3-85 являются интегральными и имеют высокий коэффициент корреляции с другими показателями (от 0,65 до 0,87 при $p < 0,01$). Таким образом, при обучении моделей данные показатели неприменимы.

Проведено обучение нейронной сети с помощью метода многократных подвыборок. Обследованные случайным образом разделены на подвыборки: 70 % – обучающая, 15 % – контрольная и 15 % – тестовая. Тип сети: многослойный персептрон и радиальная базисная функция. Согласно теореме Колмогорова – Арнольда – Хехт – Нильсена [11], количество скрытых нейронов расположено в пределах от

Таблица 1

Показатели обследованных, М (SD), балл

Table 1

Indicators of the examined people, M (SD), score

Показатель	Дезадаптация	Норма	$p <$
Многофакторный личностный опросник «Адаптивность»			
Личностный адаптационный потенциал	6,2 (1,7)	6,7 (1,5)	0,05
Нервно-психическая устойчивость	6,2 (1,7)	6,6 (1,7)	
Коммуникативный потенциал	6,6 (1,7)	6,9 (1,7)	
Моральная нормативность	6,6 (1,8)	7,2 (1,7)	0,05
Методика КР-3-85			
Аналогии	6,2 (1,7)	6,4 (1,8)	
Числовые ряды	6,1 (1,9)	6,5 (1,8)	
Память на фигуры	6,0 (1,7)	6,5 (1,8)	0,05
«Узоры»	6,7 (1,7)	6,7 (1,7)	
Арифметический счет	6,1 (2,1)	6,6 (2,0)	
Вербальная память	6,4 (2,1)	6,7 (1,7)	
Установление закономерности	6,9 (1,8)	6,4 (1,8)	0,05
Силлогизмы	6,7 (1,6)	6,4 (1,6)	
Исключение слова	6,4 (2,0)	6,6 (1,8)	
«Кубы»	6,2 (1,9)	6,5 (2,0)	
Общее интеллектуальное развитие	6,3 (1,2)	6,6 (1,2)	

20 до 148. Обучение проводили с участием 20, 100 и 148 скрытых нейронов.

Программой было сгенерировано более 70 сетей типа «двухслойный персептрон», из них выбраны сети под номерами 7, 14, 17 и 51, обладающие наилучшими прогностическими способностями. Характеристики сетей приведены в табл. 2.

Топология сети отображена в первом столбце – Архитектура. В первой строке имеем: 7.MLP 13-20-2: 7 – номер сети, MLP – многослойный персептрон, архитектура представлена следующими тремя цифрами: первое число (13) указывает на количество входящих переменных в модели сети, второе (20) – на количество скрытых нейронов, третье (2) – число выходных нейронов, количество прогнозируемых качеств. В трех последующих столбцах таблицы отображены производительности сетей – процент правильно классифицированных сетью объектов в обучающей, тестовой и контрольной выборке (см. табл. 2). При построении сети был использован алгоритм обучения Broyden Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS). Цифра 31 рядом с наименованием алгоритма обучения для сети 7 указывает на количество итераций, за которые сеть была обучена.

Для выбора более эффективной сети проводили анализ матрицы ошибок классификации, включающей все подвыборки (табл. 3).

Выявлено, что сеть 7 имеет более высокую прогностическую способность – 83,6 %, а также площадь под ROC-кривой – 0,65 (табл. 4).

Таким образом, нейронная сеть MLP 13-20-2 является более эффективной в диагностике социальной дезадаптации курсантов среди других сетей.

Ведущими показателями, определяющими модель 7.MLP 13-20-2, являются показатели: «кубы» (1,06), арифметический счет (1,06), моральная нормативность (1,05), коммуникативный потенциал (1,03), узоры (1,03), аналогии (1,03) и память на фигуры (1,03).

Чувствительность модели равна 0,12, специфичность – 0,98, точность – 0,64.

Обсуждение. Полученные результаты подтверждают выводы других ученых, что нейронные сети способны с высокой точностью классифицировать различные состояния [12, 13]. Решение задач классификации является важнейшей областью применения нейронных сетей. Основная задача нейронной сети при обучении – выделять сходства и различия. На этапе обучения возникают определяющие связи между входными и выходными параметрами. Определенным недостатком нейронной сети является отсутствие полной информации у исследователя о выявленных связях и закономерностях [14].

Заключение. Нейронная сеть – мощный инструмент систематизации, позволяющий достоверно классифицировать курсантов с социально-психологической дезадаптацией. При этом нейронная сеть характеризуется высокой специфичностью. Применение нейронных сетей повысит эффективность мероприятий медико-психологического сопровождения курсантов.

Таблица 2

Характеристики нейронных сетей классификации курсантов с дезадаптацией

Table 2

Архитектура	Исследовательские выборки, %			Алгоритм обучения	Функция ошибки	Функция активации	
	обучающая	контрольная	тестовая			скрытых нейронов	выходных нейронов
7.MLP 13-20-2	84,09	84,61	80,58	BFGS 31	Энтропия	Гиперболическая	Софтмакс
14.MLP 13-20-2	84,71	78,75	81,31	BFGS 38	Энтропия	Логистическая	Софтмакс
17.MLP 13-20-2	83,46	84,61	81,31	BFGS 29	Энтропия	Логистическая	Софтмакс
51.MLP 13-148-2	83,62	80,58	84,98	BFGS 35	Энтропия	Логистическая	Софтмакс

Таблица 3

Матрица ошибок классификации, выбранных моделей

Table 3

Classification error matrix of selected models

Сеть	Показатель	Дезадаптация	Норма	Общая группа
7.MLP 13-20-2	Все	315	1507	1822
	Правильно	38	1486	1524
	Неправильно	277	21	298
	Правильно (%)	12,1	98,6	83,6
	Неправильно (%)	87,9	1,4	16,4
14.MLP 13-20-2	Все	315	1507	1822
	Правильно	15	1503	1518
	Неправильно	300	4	304
	Правильно (%)	4,8	99,7	83,3
	Неправильно (%)	95,2	0,3	16,7
17.MLP 13-20-2	Все	315	1507	1822
	Правильно	23	1495	1518
	Неправильно	292	12	304
	Правильно (%)	7,3	99,2	83,3
	Неправильно (%)	92,7	0,8	16,7
51.MLP 13-148-2	Все	315	1507	1822
	Правильно	26	1493	1519
	Неправильно	289	14	303
	Правильно (%)	8,3	99,1	83,4
	Неправильно (%)	91,7	0,9	16,6

Таблица 4

Площади под ROC-кривыми и пороги ROC-кривых нейронных сетей

Table 4

Areas under ROC curves and thresholds of ROC curves of neural networks

Показатель	7.MLP13-20-2	14. MLP 13-20-2	17. MLP 13-20-2	51. MLP 13-148-2
Площадь	0,646	0,624	0,619	0,632
Порог	0,156	0,161	0,170	0,146

Сведения об авторе:

Ятманов Алексей Николаевич – кандидат медицинских наук, докторант, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0003-0043-3255; e-mail: yan20220@mail.ru

Information about the author:

Alexey N. Yatmanov – Cand. of Sci. (Med.), Doctoral Student, Military Medical Academy named after S. M. Kirov; 194044, Saint Petersburg, Academician Lebedev str., 6; ORCID: 0000-0003-0043-3255; e-mail: yan20220@mail.ru

Потенциальный конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The author declare that they have no competing interests.

Финансирование: исследование проведено без дополнительного финансирования.

Funding: the study was carried out without additional funding.

Поступила/Received: 14.06.2023
 Принята к печати/Accepted: 15.08.2024
 Опубликована/Published: 30.09.2024

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Дегтяренко К. А. Искусственный интеллект в медицине. Обзор 21 международной конференции по искусственному интеллекту в медицине // *Азия, Америка и Африка: история и современность*. 2023. Т. 2, № 3 (4). С. 27–42 [Degt'yarenko K. A. Artificial intelligence in medicine. Review of the 21st international conference on artificial intelligence in medicine. *Asia, America and Africa: history and modernity*, 2023, T. 2, No. 3 (4), pp. 27–42 (In Russ.)].
2. Мосягин И. Г. Морская медицина // *Реестр новых научных направлений*. М.: 2018. С. 162–163 [Mosyagin I. G. Marine medicine. *Register of new scientific directions*. Moscow: 2018, pp. 162–163 (In Russ.)].
3. Лысова М. Е., Кузнецов М. Е. Нейронные сети в медицине. Автоматизация при помощи искусственного интеллекта // *Достижения науки и технологий*. Красноярск. 2023. С. 581–586 [Lysova M. E., Kuznetsov M. E. Neural networks in medicine. Automation using artificial intelligence. *Achievements of science and technology*. Krasnoyarsk, 2023, pp. 581–586 (In Russ.)].
4. Мельникова Е. В. Глубокое машинное обучение в оптимизации научно-исследовательской деятельности // *Научно-техническая информация*. Серия 1: Организация и методика информационной работы. 2023. № 2. С. 8–13 [Melnikova E. V. Deep machine learning in optimization of research activities. *Scientific and technical information*. Series 1: Organization and methodology of information work, 2023, No. 2, pp. 8–13 (In Russ.)].
5. Закревский Ю. Н., Балахнов Д. О., Лемешко П. Н., Иваницкая О. А., Михайлова Е. В. Алгоритм диагностики и лечения хронической крапивницы у военнослужащих различных категорий // *Военно-медицинский журнал*. 2022. Т. 343, № 1. С. 63–66 [Zakrevsky Yu. N., Balakhnov D. O., Lemesheko P. N., Ivanitskaya O. A., Mikhailova E. V. Algorithm for the diagnosis and treatment of chronic urticaria in military personnel of various categories. *Military Medical Journal*. 2022, T. 343, No. 1, P. 63–66 (In Russ.)].
6. Закревский Ю. Н., Архангельский Д. А., Балахнов Д. О., Лемешко П. Н. Алгоритм диагностики бронхиальной астмы у граждан призывного возраста // *Военно-медицинский журнал*. 2019. Т. 340, № 3. С. 36–43 [Zakrevsky Yu. N., Arkhangelsky D. A., Balakhnov D. O., Lemesheko P. N. Algorithm for diagnosing bronchial asthma in citizens of military age. *Military Medical Journal*, 2019, T. 340, No. 3, P. 36–43 (In Russ.)].
7. Мосягин И. Г., Воронов В. В., Кузьменко А. В., Литвяков А. П. Концептуальные основы создания автоматизированной системы управления рисками здоровью членов экипажей проектируемых кораблей ВМФ // *Морской сборник*. 2021. № 7 (2092). С. 74–77 [Mosyagin I.G., Voronov V.V., Kuzmenko A.V., Litvyakov A.P. Conceptual basis for creating an automated health risk management system for crew members of designed Navy ships. *Marine collection*, 2021, No. 7 (2092), P. 74–77 (In Russ.)].
8. Мясников А. А., Зверев Д. П. Перспективы развития водолазной медицины в Вооруженных Силах Российской Федерации // *3-й Азиатско-тихоокеанский конгресс по военной медицине*. Материалы конгресса. 2016. С. 42 [Myasnikov A. A., Zverev D. P. Prospects for the development of diving medicine in the Armed Forces of the Russian Federation. *3rd Asian-Pacific Congress on Military Medicine*. Congress materials. 2016, P. 42 (In Russ.)].
9. Щукина Н. А. Формирование внешнего критерия для машинного обучения на основе медико-биологических данных // *Машинное обучение в исследованиях медико-биологических и социально-экономических данных*. Санкт-Петербург. 2020. С. 236–282 [Shchukina N. A. Formation of an external criterion for machine learning based on medical and biological data. *Machine learning in the research of medical, biological and socio-economic data*. Saint Petersburg, 2020, P. 236–282 (In Russ.)].
10. Баурова Н. Н., Дьяконов И. Ф., Лыткин В. М., Марченко А. А., Овчинников Б. В., Шамрей В. К. *Медицинская психология*. Санкт-Петербург. 2019. 223 с. [Baurova N. N., Dyakonov I. F., Lytkin V. M., Marchenko A. A., Ovchinnikov B. V., Shamrey V. K. *Medical psychology*. St. Petersburg, 2019, 223 p. (In Russ.)].
11. Ясницкий Л. Н. *Интеллектуальные системы*. М.: Лаборатория знаний, 2016. 221 с. [Yasnitsky L. N. *Intelligent systems*. Moscow: Knowledge Laboratory, 2016, 221 p. (In Russ.)].
12. Корзунин В. А., Церфус Д. Н. Актуальные вопросы психофизиологического сопровождения адаптации обучающихся к условиям образовательной среды в вузах силовых ведомств // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2015. № 3 (35). С. 149–156 [Korzunin V. A., Tserfus D. N. Current issues of psychophysiological support for adaptation of students to the conditions of the educational environment in universities of law enforcement agencies. *Problems of risk management in the technosphere*, 2015, No. 3 (35), P. 149–156 (In Russ.)].
13. Баурова Н. Н., Рудой И. С. Прогностическая модель развития невротических расстройств у курсантов военных вузов // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2012. № 3. С. 76–78 [Baurova N. N., Rudoy I. S. Predictive model of the development of neurotic disorders among cadets of military universities. *Medical-biological and social-psychological problems of safety in emergency situations*, 2012, No. 3, P. 76–78 (In Russ.)].
14. Смирнова М. В. Компьютерная психологическая диагностика при оценке управленческого потенциала сотрудников организаций // *Вопросы психологии экстремальных ситуаций*. 2018. № 4. С. 37–43 [Smirnova M. V. Computer psychological diagnostics in assessing the management potential of employees of organizations. *Questions of psychology of extreme situations*. 2018, No. 4, P. 37–43 (In Russ.)].