

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА И ТЕОРИИ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

© М.А. Меркулова, М.М. Лапкин, Р.А. Зорин

Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова,
г. Рязань, Российская Федерация

Цель. Апробация математических методов кластерного анализа и искусственных нейронных сетей для решения вопросов классификации и прогнозирования результативности воспроизведения зрительных образов у испытуемых с различными свойствами нервной системы и неодинаковой «физиологической стоимостью» деятельности.

Материалы и методы. Проводилось комплексное исследование испытуемых обоего пола в возрасте от 18 до 20 лет при реализации целенаправленной деятельности по воспроизведению зрительных образов, используя разнообразные комплексы физиологических и психофизиологических приемов, в том числе с применением методов многомерной статистики (кластерный анализ и теории искусственных нейронных сетей).

Результаты. Изучалась роль индивидуальных особенностей ЦНС (психодинамических свойств и показателей функциональной асимметрии), а также «физиологической стоимости» (на основе математического анализа ритма сердца) в формировании неодинаковой результативности целенаправленной деятельности испытуемых при воспроизведении зрительных образов. Применение кластерного анализа позволило выделить 2 относительно однородные группы испытуемых, характеризующихся определенными показателями результативности при воспроизведении зрительных образов: кластер 1 – высоко результативный; кластер 2 – низкорезультативный. Ведущим показателем результативности являлось количество ошибочных выборов, вторым значимым показателем выделенных кластеров являлось количество правильных выборов. При анализе усреднённых рангов показателей, применяя технологию искусственных нейронных сетей, было установлено, что наибольшую роль в решении задачи классификации играли показатели математического анализа ритма сердца, второе место заняли показатели функциональной асимметрии, третье – психодинамические характеристики.

Заключение. Использование методов многомерной статистики (кластерного анализа и теории искусственных нейронных сетей), позволяют эффективно решать задачу классификации испытуемых, ранжировать исследуемые показатели, выявлять наиболее значимые и на их основе строить прогностические модели, позволяющие с высокой репрезентативностью предвидеть успешность деятельности конкретных испытуемых при воспроизведении зрительных образов.

Ключевые слова: *результативность воспроизведения, зрительные образы, психодинамические свойства, функциональная асимметрия, математический анализ ритма сердца, кластерный анализ, теория искусственных нейронных сетей.*

THE USE OF CLUSTER ANALYSIS AND THE THEORY OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO PREDICT THE EFFECTIVENESS OF TARGETED HUMAN ACTIVITY

© M.A. Merkulova, M.M. Lapkin, R.A. Zorin

Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation

Aim. Approbation of mathematical methods of cluster analysis and artificial neural networks to solve the problems of classification and prediction of visual images reproduction in subjects with different properties of the nervous system and different «physiological cost» of activity.

Materials and Methods. Conducted a comprehensive study of the subjects of both sexes aged 18 to 20 years in the implementation of targeted activities for the reproduction of visual images using various complexes of physiological and psychophysiological techniques, including the use of multivariate statistics (cluster analysis and the theory of artificial neural networks).

Results. The role of individual characteristics of the Central nervous system (psychodynamic properties and indicators of functional asymmetry), as well as «physiological value» (on the basis of mathematical analysis of the heart rhythm) in the formation of unequal effectiveness of purposeful activity of the subjects in the reproduction of visual images was studied. The use of cluster analysis allowed us to identify 2 relatively homogeneous groups of subjects characterized by certain performance indicators in the reproduction of visual images: cluster 1-highly productive; cluster 2 – low-impact. The leading indicator of performance was the number of erroneous elections, the second significant indicator of the selected clusters was the number of correct elections. In the analysis of the average ranks of indicators, using the technology of artificial neural networks, it was found that the greatest role in solving the classification problem was played by the indicators of mathematical analysis of the heart rhythm, the second place was taken by the indicators of functional asymmetry, the third – psychodynamic characteristics.

Conclusion. The use of methods of multivariate statistics (cluster analysis and the theory of artificial neural networks), allow to rank the studied indicators, to identify the most significant and on their basis to build predictive models, allowing with high representativeness to foresee the success of the specific test subjects in the reproduction of visual images.

Keywords: *reproduction efficiency, visual images, psychodynamic properties, functional asymmetry, mathematical analysis of heart rhythm, cluster analysis, theory of artificial neural networks.*

Исследование причин неодинаковой результативности целенаправленной деятельности человека на различных поведенческих моделях является актуальным направлением в физиологии труда, физиологии спорта, дифференциальной психофизиологии и других смежных дисциплин [1]. Одной из важнейших методических задач, указанного направления, является формирование однородных групп ис-

пытываемых по различным выбранным критериям, прогнозирование результативности их деятельности на основе значимых характеристик целенаправленного поведения и ее «физиологической стоимости», а также индивидуальных свойств нервной системы исследуемых [2]. Литературные данные последних лет позволяют утверждать, что достижение указанной цели возможно при математическом моделиро-

вании и обработке экспериментальных данных методами многомерной статистики [3]. Одним из возможных вариантов решения данной задачи является использование математических процедур кластерного анализа и искусственных нейронных сетей, позволяющих решать не только вопросы классификации изучаемых явлений [4], но и формировать корректный прогноз результативной целенаправленной деятельности человека [5].

Цель исследования

Апробация математических методов кластерного анализа и технологии искусственных нейронных сетей для решения вопросов классификации и прогнозирования результативности воспроизведения зрительных образов у испытуемых с различными свойствами центральной нервной системы и неодинаковой «физиологической стоимостью» их деятельности.

Материалы и методы

В исследованиях добровольно принимали участие 150 испытуемых обоего пола в возрасте от 18 до 20 лет. На подготовительном этапе со всеми испытуемыми подписывалось информированное согласие на участие в исследованиях (протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России). Кроме того, на этом этапе исследования проводилось комплексное исследование их индивидуальных свойств нервной системы: психодинамические характеристики и показатели функциональной латерализации.

Для оценки психодинамических свойств использовали тесты Айзенка ЕРІ (форма А и Б), Стреляу Я. (ОТ), Тейлор (MAS), Дженкинс (JAS) [6]. При проведении психометрических исследований применяли программно-аппаратный психофизиологический комплекс «Психотест» (ООО «Нейрософт», Россия).

При выявлении функциональной асимметрии были использованы методики, описанные Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой [7]. Оценивались показатели моторной, слухоречевой и зрительной асимметрии [8].

Моделирование целенаправленной деятельности человека осуществляли при помощи аппаратно-программного психофизиологического комплекса «Мнемотест» (ЗАО «ВНИИМП-ВИТА» НИИ медицинского приборостроения РАМН, Россия), который позволял предъявлять испытуемому зрительные образы различной степени сложности и в различных контролируемых по времени режимах. На специальном пульте испытуемому предъявляли тестовый зрительный образ (ЗО), состоящий из светящихся и несветящихся элементов, расположенных на поле размером 8 x 8 элементов. Каждый ЗО предъявляли на некоторое время экспозиции, в течение которого необходимо было запомнить расположение светящихся элементов.

Для метода M_1 время экспозиции ЗО не было ограничено и задавалось самим испытуемым, а для метода M_2 оно было фиксированным и составляло 5000 мс. После выключения светящихся элементов матрицы на этапе воспроизведения испытуемый должен был его воспроизвести, нажимая специальным щупом на те элементы матрицы, свечение которых он запомнил на этапе экспозиции.

На этапе воспроизведения были установлены режимы без обратной связи (методики M_1 и M_2). В этом случае после подачи звукового сигнала, являющегося пусковым для этапа воспроизведения, на матрице ответов отсутствовали какие-либо световые стимулы (матрица погашена). Правильным ответом являлось нажатие на элемент матрицы, соответствующий светящемуся на этапе экспозиции, неправильным – нажатие на элемент, соответствующий не светящемуся. Оценить правильность своих ответов в этой ситуации испытуемые не могли.

В режимах с обратной связью (методики $M_1(OC)$ и $M_2(OC)$) каждый ответ воспроизводился в виде свечения в поле матрицы, если ответ был правильным. Неправильно нажатые элементы матрицы не светились, но регистрировались прибором как ошибочные. В этой связи испытуемый имел возможность оценить правильность

своих ответов и внести коррективы.

По окончании обследования комплекс вычислял показатели, представленные в таблице 1, в столбце «Показатели».

Для характеристики «физиологической стоимости» деятельности испытуемых по воспроизведению зрительных образов использовали математический анализ ритма сердца [9]. В проводимом исследовании для анализа ВСР нами применялся программно-аппаратный комплекс «Варикард» производства фирмы «Рамена», Россия.

В ходе исследования регистрацию показателей производили дважды – ДО и ПОСЛЕ воспроизведения ЗО у каждого испытуемого. В ходе математического анализа ритма сердца оценивали следующие показатели: HR – частоту сердечных сокращений; MnMxD – вариационный размах; SDNN – среднее квадратичное отклонение; CV – коэффициент вариации; SI – индекс напряжения регуляторных систем; HF – мощность спектра в высокочастотном диапазоне кривой, огибающей динамический ряд кардиоинтервалов; LF – мощность спектра в низкочастотном диапазоне и VLF – мощность спектра в сверхнизкочастотном диапазоне; $IS=(VLF+LF/HF)$ – индекс централизации.

После сведения данных в таблицы в целом по выборке проводили их обработку с изучением внутри- и межгрупповых свойств методами вариационной статистики. Для решения вопросов классификации с выделением однородных групп использовали метод кластерного анализа [10,11]. Кластерный анализ проводился методом К-средних для разделения испытуемых на однородные группы на основе статистических показателей их целенаправленной деятельности при воспроизведении ЗО. Для показателей деятельности при воспроизведении ЗО в группах испытуемых использовались средние значения (M), медиана (Me), значение нижнего и верхнего квартиля (LQ и UQ) и стандартная ошибка средней ($\pm m$). Различия между средними значениями показателей воспроизведения ЗО оценивали как с помощью критерия t-Стьюдента, так и

при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни (U). Значимыми считались различия при уровне $P<0,05$. Для прогнозирования результативности деятельности в группах была использована технология искусственных нейронных сетей (ИНС). Построение ИНС осуществлялось программно на основе исследуемых групп показателей [12]. В целом статистическая обработка данных проводилась с помощью модулей систем Microsoft Office 97, Microsoft Excel Stadia 7.1/ prof. 10, Statistica 10.0.

Результаты и их обсуждение

Как показали исследования первого этапа (33 испытуемых обоего пола) в условиях неограниченного времени экспозиции ЗО (методика M_1) статистические характеристики деятельности испытуемых существенным образом не отличались и практически все участники исследований справились с поставленной задачей (табл. 1).

В исследованиях с подключением ОС возрастало количество правильных ответов как без фиксации времени экспозиции ЗО (M_1) так и с фиксацией времени экспозиции ЗО (M_2) (табл. 1). В первом случае количество правильных ответов возрастало с $10,32\pm 0,44$ до $12,81\pm 0,43$ ($P<0,001$). Во втором – с $6,98\pm 0,25$ до $10,19\pm 0,47$ ($P<0,001$). Обращает на себя внимание факт, что одновременно с этим при реализации обеих методик имело место увеличение общего количества ответов испытуемых и нарастание количества ошибочных ответов.

Сопоставление статистических показателей деятельности испытуемых при воспроизведении зрительных образов, разделенных на группы по половому признаку, существенных отличий не выявило [13].

Анализ полученных результатов показал, что представленные данные характеризуются достаточно значительными показателями вариабельности (высокой дисперсией), что говорит о неоднородности изучаемой выборки. Эти факты и послужили основанием для формирования задачи деления испытуемых на относительно однородные группы по критериям

Таблица 1

Статистические характеристики деятельности испытуемых при воспроизведении ЗО ($M \pm m$) без обратной связи (M_1 и M_2) и с обратной связью ($M_1(OC)$ и $M_2(OC)$)

Показатели	M_1 n=33	$M_1(OC)$ n=33	M_2 n=33	$M_2(OC)$ n=33
Количество правильных ответов	10,3±0,44	12,8±0,43**	6,98±0,25	10,19±0,47
Дисперсия правильных ответов	2,18±0,18	1,47±0,2**	1,77±0,15	1,82±0,21
Количество ошибок	3,54±0,46	5,93±1,11*	4,45±0,43	9,14±1,62**
Дисперсия ошибок	2,16±0,18	2,7 ±0,46	1,76±0,15	3,11±0,38**
Всего ответов	13,86±0,2	18,43±1,1**	11,43±0,5	22,6±2**
Дисперсия ответов	1,5±0,41	2,74±0,44*	1,72±0,19	3,7±0,42**
Время экспозиции (с.)	53,12±6,9	36,24±3,31*	-	-
Дисперсия времени экспозиции (с.)	14,9±2,83	10,58±1,07	-	-
Время воспроизведения (с.)	37,1±3,05	36,98±3,08	18,1±1,55	27,88±3,14*
Дисперсия времени воспроизведения (с.)	11,0±1,18	11,05±2,19	5,48±0,77	7,92±1,29
Время между реакциями (с.)	2,25±0,18	1,68±0,12**	1,33±0,12	1,28±0,16*
Дисперсия времени между реакциями (с.)	3,03±0,28	1,88±0,17	1,6±0,2	1,23±0,16

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,001$

их деятельности. Для повышения репрезентативности показателей кластерного анализа с учетом деления испытуемых на группы количество обследуемых было увеличено до 109 человек. Результаты

кластерного анализа при воспроизведении испытуемыми ЗО с фиксированным временем экспозиции без обратной связи представлены в таблице 2.

Таблица 2

Деление испытуемых на кластеры при воспроизведении ЗО с фиксированным временем их экспозиции без обратной связи

Показатели	Кластер 1		Кластер 2		U		P	
	Me	LQ	UQ	Me	LQ	UQ		
Количество правильных выборов	6,3	5,6	7,0	6,2	5,2	7,0	1366	0,863
Количество ошибок	2,8	1,6	3,6	5,8	5,2	7,0	0	0,0001
Время между реакциями	1,3	0,9	1,6	1,2	0,9	1,6	1330	0,694

Примечание: Me – медиана, LQ – нижний квартиль, UQ – верхний квартиль

В условиях повышения информированности испытуемых о результатах воспроизведения зрительных образов (режим OC) у ряда испытуемых возрастала результативность деятельности, что отражалось в увеличении количества ответов, количества правильных выборов и одновременно относительно увеличению ошибочных выборов. При этом отмечалось, как правило, нарастание вариабельности изучаемых показателей, что отражалось в нарастании дисперсии изучаемых выборок (табл. 1). В этих условиях

применение кластерного анализа позволило выделить 2 относительно однородные группы испытуемых, характеризующихся определенными показателями результативности при воспроизведении ЗО (табл. 2): кластер 1 (68 человек) можно обозначить как высокорезультативный; кластер 2 (41 человек) как низкорезультативный. Различия достоверны по числу ошибок (выше в кластере 2) при сходном числе правильных выборов и среднем временем между реакциями.

При этом ведущим показателем ре-

зультативности, так же как и в серии с ограничением времени экспозиции ЗО, являлось количество ошибочных выборов. Од-

нако наряду с этим, вторым значимым показателем выделенных кластеров являлось количество правильных выборов (табл. 3).

Таблица 3

Деление испытуемых на кластеры при воспроизведении ЗО с фиксированным временем их экспозиции и с обратной связью

Показатель	Кластер 1		Кластер 2		U			P	
	Me	LQ	UQ	Me	LQ	UQ			
Количество правильных выборов	8,2	7,4	10,0	10,1	8,2	12,5	832,5	0,003	
Количество ошибок	4,6	2,6	8,2	9,5	6,7	16,8	664	0,0001	
Время между реакциями	1,1	0,8	1,4	1,0	0,9	1,3	1250,5	0,061	

Для оптимизации решения задачи распределения исследуемых на группы была использована технология ИНС. Созданная ИНС представляла собой многослойный перцептрон с 18 входными ней-

ронами (получающими данные об исследуемых психометрических показателях, отражающих свойства центральной нервной системы и математического анализа ритма сердца) (табл. 4).

Таблица 4

Классификация выделенных кластеров при помощи ИНС

Вариант решения	Высоко результативные	Низко результативные	Всего
Правильно	100%	70%	91%
Неправильно	0%	30%	10%

Как следует из таблицы 4, распределение испытуемых на группы с высокой и низкой результативностью воспроизведения зрительных образов по технологии ИНС было решено достаточно эффективно. Об этом же свидетельствует и кривая операционных характеристик (ROC-кривая (рис. 1)).

Относительно низкие показатели решения задачи классификации с низко результативными испытуемыми, на наш взгляд, связано с относительно небольшой выборкой. По литературным данным при увеличении выборки надежность в работе ИНС повышается.

В таблице 5 представлены значения рангов используемых показателей, имеющих наибольшее значение в решении задачи разделения испытуемых с различными свойствами ЦНС и неодинаковой «физиологической стоимостью» деятельности при воспроизведении зрительных образов с различной успешностью.

При анализе усреднённых рангов

показателей (меньшее значение ранга отражает большую значимость группы показателей в решении ИНС задачи классификации) наибольшую роль играли показатели математического анализа ритма сердца (усреднённый ранг 7,9), второе место заняли показатели функциональной асимметрии, третье – психодинамические характеристики.

Заключение

Таким образом, современные прикладные математические технологии обработки данных позволяют эффективно решить задачу классификации испытуемых, распознающих и воспроизводящих зрительные образы с различной результативностью. Помимо этого, использование методов многомерной статистики (кластерного анализа и теории искусственных нейронных сетей), позволяют ранжировать исследуемые показатели, выявлять наиболее значимые и на их основе строить прогностические модели, позволяющие с вы-

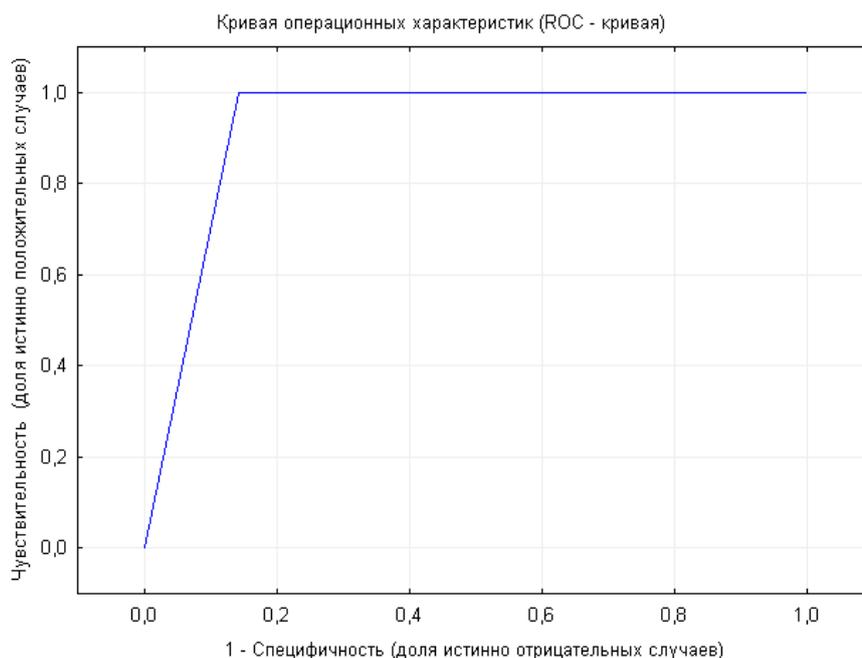


Рис. 1. ROC – кривая построенной ИНС

Таблица 5

Ранжированный список показателей используемых ИНС

Показатель	Ранг	Показатель чувствительности
Вариационный размах распределения динамического ряда R-R интервалов до начала деятельности	1	2,33
Моторная функциональная асимметрия	2	2,33
Среднее квадратичное отклонение динамического ряда R-R интервалов до начала деятельности	3	2,17
Мощность спектра кривой, огибающий динамический ряд R-R интервалов в LF-диапазоне до начала деятельности	4	2,00
Личностная тревожность (тест MAS Тейлор)	5	1,83
Стресс-индекс (Si), рассчитанный при математическом анализе динамического ряда R-R интервалов до начала деятельности	6	1,67
Коэффициент вариации (CV) динамического ряда R-R интервалов до начала деятельности	7	1,67
Выраженность процессов возбуждения (тест ОТ Я. Стреляу)	8	1,67
Уравновешенность нервных процессов (тест ОТ Я. Стреляу)	9	1,67
Зрительная функциональная асимметрия	10	1,67
Эмоциональная реактивность (нейротизм, тест EPI Айзенка)	11	1,67
ЧСС до начала деятельности	12	1,64
Слухоречевая функциональная асимметрия	13	1,33
Мощность спектра кривой, огибающий динамический ряд R-R интервалов в VLF-диапазоне до начала деятельности	14	1,33
Подвижность нервных процессов (тест ОТ Я. Стреляу)	15	1,33
Мощность спектра кривой, огибающий динамический ряд R-R интервалов в HF-диапазоне до начала деятельности	16	1,17
Выраженность процессов торможения (тест ОТ Я. Стреляу)	17	1,00
Тип поведения (тест JAS Дженкинса)	18	1,00

сокой репрезентативностью предвидеть успешность деятельности конкретных испытуемых при воспроизведении зрительных образов. При этом ведущую роль в решении данной задачи, согласно нашему

исследованию, имели показатели математического анализа ритма сердца.

Дополнительная информация

Конфликт интересов: отсутствует.

Литература

1. Ильин Е.П. Дифференциальная психофизиология. СПб.: Питер; 2001.
2. Зорин Р.А., Жаднов В.А., Лапкин М.М., и др. Особенности организации моторных систем и их влияние на результативность деятельности у здоровых лиц и больных эпилепсией // Российский физиологический журнал имени И.М. Сеченова. 2016. Т. 102, №8. С. 1002-1011.
3. Халафян А.А. STATISTICA 6. Математическая статистика с элементами теории вероятностей. Учебник. М.: БИНОМ; 2010.
4. Лапкин М.М., Карасев Р.П., Трутнева Е.А., и др. Кластерный анализ, как метод оценки влияния личностных типологических характеристик на успешность деятельности человека // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2009. №1. С. 141-147.
5. Зорин Р.А., Жаднов В.А., Лапкин М.М. Показатели результативности деятельности у больных эпилепсией и их связь с течением заболевания // Вестник новых медицинских технологий. 2017. Т. 24, №3. С. 66-73.
6. Райгородский Д.Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие. Самара: Издательский дом «БАХРАХ-М»; 2001.
7. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. М.: Медицина; 1988.
8. Хомская Е.Д., Ефимова И.В., Бudyка Е.В. Нейропсихология индивидуальных различий. Учебное пособие. М.: Академия; 2011.
9. Бaeвский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2002. Т. 24. С. 65-86.
10. Леончик Е.Ю., Савастру О.В. Кластерный анализ. Терминология, Методы, Задачи. Одесса: ОНУ им. И.И. Мечникова; 2007.
11. Миркин Б.Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор. М.: Издательский дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»; 2011.
12. Боровиков В.П. Нейронные сети. Statistica Neural Networks: Методология и технология современного анализа данных. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Горячая линия – Телеком; 2008.
13. Меркулова М.А., Лапкин М.М., Куликова Н.А. Взаимосвязь между индивидуальными особен-

ностями нервной системы человека и результативностью воспроизведения зрительных образов // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2015. Т. 23, №1. С. 52-61.

References

1. Ilyin EP. *Differentsialnaya psihofiziologiya*. Saint Petersburg: Peter; 2001. (In Russ).
2. Zorin RA, Zhadnov VA, Lapkin MM, et al. The specificity of motor systems organization and its influences on resultness of activity in healthy people and patients with epilepsy. *Rossiyskiy fiziologicheskii zhurnal imeni I.M. Sechenova*. 2016;102(8): 1002-11. (In Russ).
3. Khalafyan AA. *STATISTICA 6. Matematicheskaya statistika s ehlementami teorii veroyatnostej*. Uchebnik. Moscow: BINOM; 2010. (In Russ).
4. Lapkin MM, Karasev RP, Trutnev EA, et al. The cluster analysis, as a method of an estimation of the influence of personal typological characteristics on success of a personal activity. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2009;23(1): 141-7. (In Russ).
5. Zorin RA, Zhadnov VA, Lapkin MM. The characteristics of results of activity in patients with epilepsy and their relationship with over illness. *Vestnik novyih meditsinskih tehnologiy*. 2017;24(3):66-73. (In Russ). doi:10.12737/article_59c4a14758afc7.62433278
6. Rajgorodskij DYa. *Prakticheskaya psihodiagnostika*. Metodiki i testy. Uchebnoe posobie. Samara: Izdatel'skij Dom «BAHRAH-M»; 2001. (In Russ).
7. Bragina NN, Dobrohotova TA. *Funkcional'nye asimmetrii cheloveka*. Moscow: Medicina; 1988. (In Russ).
8. Homskaya ED, Efimova IV, Budyka EV. *Nejropsihologiya individual'nyh razlichij*. Uchebnoe posobie. Moscow: Akademiya; 2011. (In Russ).
9. Baevsij RM, Ivanov GG, CHirejkin LV, et al. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnyh ehlektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendacii). *Vestnik aritmologii*. 2002;24:65-86. (In Russ).
10. Leonchik EYu, Savastru OV. *Klasterniy analiz*. Terminologiya, Metody, Zadachi. Odessa: ONU im. I.I. Mechnikova; 2007. (In Russ).
11. Mirkin BG. Metody klaster-analiza dlja podderzhki prinjatija reshenij: obzor. Moscow. Izd. dom Nacional'nogo issledovatel'skogo universiteta «Vysshaja shkola jekonomiki»; 2011. (In Russ).

12. Borovikov VP. *Nejronnye seti. Statistika Neural Networks: Metodologiya i tehnologiya sovremen-nogo analiza dannyh*. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom; 2008. (In Russ).

13. Merkulova MA, Lapkin MM, Kulikova NA. Interrelations between individual peculiarities of the nervous system and effectiveness of reproduction of visual images by humans. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2015;23(1):52-61. (In Russ).

Информация об авторах [Authors Info]

Меркулова Марина Александровна – ассистент кафедры биологии, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, г. Рязань, Российская Федерация. e-mail: ma_merkulova@rambler.ru
SPIN: 2765-7488, ORCID ID: 0000-0002-2113-3000.

Marina A. Merkulova – assistant of the Department of geography at Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian. e-mail: ma_merkulova@rambler.ru
SPIN: 2765-7488, ORCID ID: 0000-0002-2113-3000.

Лапкин Михаил Михайлович – д.м.н., проф., зав. кафедрой нормальной физиологии с курсом психофизиологии, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, г. Рязань, Российская Федерация. e-mail: lapkin_rm@mail.ru
SPIN: 5744-5369, ORCID ID: 0000-0003-1826-8307.

Mikhail M. Lapkin – MD, PhD, Prof., Head of the Department of normal physiology with the course of psychophysiology, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation. e-mail: lapkin_rm@mail.ru
SPIN: 5744-5369, ORCID ID: 0000-0003-1826-8307.

Зорин Роман Александрович – д.м.н., доц. кафедры неврологии и нейрохирургии, Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, г. Рязань, Российская Федерация. e-mail: zorin.ra30091980@mail.ru
SPIN: 5210-5747, ORCID ID: 0000-0003-4310-8786.

Roman A. Zorin – MD, PhD, assistant of the Department of neurology and neurosurgery, Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation. e-mail: zorin.ra30091980@mail.ru
SPIN: 5210-5747, ORCID ID: 0000-0003-4310-8786.

Цитировать: Меркулова М.А., Лапкин М.М., Зорин Р.А. Использование кластерного анализа и теории искусственных нейронных сетей для прогнозирования результативности целенаправленной деятельности человека // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2018. Т. 6, №3. С. 374-382. doi:10.23888/HMJ201863374-382

To cite this article: Merkulova MA, Lapkin MM, Zorin RA. The use of cluster analysis and the theory of artificial neural networks to predict the effectiveness of targeted human activity. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2018;6(3):374-82. doi:10.23888/HMJ201863374-382

Поступила / Received: 01.08.2018
Принята в печать / Accepted: 30.09.2018