УДК 612.017.2

Н.Н. Несмелова

Прогностическая модель адаптации человека к информационной нагрузке

Рассматриваются подходы к изучению адаптации человека с помощью математического моделирования. Приводится описание модели для прогнозирования адаптации человека к информационной нагрузке. Основой модели стал комплекс индивидуально-типологических особенностей человека, связанных с характером ориентировочного рефлекса. Для создания модели использованы методы кластерного и дискриминантного анализов. В отличие от решений, предлагаемых другими авторами, данная модель позволяет диагностировать характерный для человека вариант реагирования на информационные воздействия окружающей среды. Показано, что ориентировочно-исследовательская реакция способствует успешной адаптации к информационной нагрузке, тогда как оборонительные варианты реагирования приводят к быстрому развитию дезадаптивных состояний. Модель реализована в виде компьютерной программы и апробирована в исследованиях адаптации студентов ТУСУРа к учебной деятельности.

Ключевые слова: человек, адаптация, информационная нагрузка, ориентировочный рефлекс, индивидуально-типологические особенности, кластерный анализ, дискриминантный анализ, прогностическая модель.

doi: 10.21293/1818-0442-2019-22-2-114-118

Одна из важнейших проблем современной цивилизации связана с адаптацией людей к изменениям образа жизни и трудовой деятельности. Окружающая среда человека изменяется, особое значение приобретают её информационные компоненты [1–3]. Последствия информационного стресса проявляются нервно-психическими и другими заболеваниями [4], трудностями в обучении и социализации [5], а также ростом количества чрезвычайных происшествий в техносфере по причине недостаточной надежности человека-оператора технических систем [6]. Большое научно-практическое значение для образования, здравоохранения и безопасности жизнедеятельности в техносфере приобретает разработка способов оценки и прогнозирования успешности адаптации человека в информационной среде.

Согласно современным представлениям, человек является сложной, многокомпонентной динамической системой [7]. Оценка и прогнозирование его состояния в различных условиях требуют применения системного анализа, включающего методы прикладной статистики и математического моделирования [8]. Существуют разные подходы к математическому моделированию процессов адаптации, принимаются попытки разработки универсальных алгоритмов [9–12].

Ключевым моментом при создании математических моделей адаптации человека является выбор исходных характеристик. Как правило, для этого используются показатели функционального состояния [13]. Известно, что функциональное состояние зависит от индивидуально-типологических особенностей человека, которые также могут стать основой прогноза успешности адаптации [14]. Индивидуально-типологические особенности человека не меняются в процессе деятельности, что позволяет разрабатывать на их основе надежные прогностические модели. При этом особое внимание следует уделять

выбору индивидуальных особенностей, по которым предполагается осуществлять прогноз.

Алгоритм создания модели для прогноза успешности адаптации человека к различным видам деятельности включает следующие этапы:

- 1) выбор и обоснование индивидуально-типологических особенностей, подбор показателей и методик измерения, формирование выборки и получение исходных данных;
- 2) выявление однородных групп в многомерном пространстве индивидуальных показателей, их анализ и интерпретация;
- 3) наблюдение за испытуемыми в изучаемых условиях, при действии заданных факторов или при выполнении определенных видов деятельности, регистрация показателей функционального состояния и результатов деятельности, сравнение групп по показателям состояния и результатам деятельности;
- 4) создание классификаторов, их проверка на независимых выборках.

Целью данной работы стало создание модели для прогноза успешности адаптации человека к информационной нагрузке.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) определить комплекс индивидуально-типологических особенностей, связанных с успешностью адаптации человека к информационной нагрузке;
- 2) сформировать группы испытуемых, сходных по выбранным индивидуальным признакам;
- 3) изучить особенности адаптации к информационной нагрузке представителей каждой группы, сравнить группы по показателям функционального состояния и по результатам деятельности, выявить группу с высоким риском развития дезадаптации;
- 4) разработать прогностическую модель и проверить её эффективность на независимых выборках;

5) реализовать модель в виде компьютерной программы для прогноза успешности адаптации человека к информационной нагрузке.

Разработка модели для прогноза адаптации человека к информационной нагрузке

В качестве основы прогностической модели выбраны индивидуальные особенности человека, связанные с характером ориентировочного рефлекса (ОР), который можно рассматривать в качестве элементарной модели адаптации к информационной нагрузке. ОР возникает у человека и высших животных в ответ на появление любого нового стимула в виде ориентировочно-исследовательской реакции, способствующей улучшению восприятия, или оборонительной реакции, направленной на уменьшение воздействия, которое расценивается как вредное или опасное. Ориентировочно-исследовательская реакция включает два механизма: первый связан с активацией непроизвольного внимания и эмоциональной оценкой сигнала (эмоционально-ориентировочная реакция), второй базируется на когнитивных процессах и в большей степени вовлекает произвольное внимание (когнитивно-ориентировочная реакция). Оборонительная реакция может быть пассивной или активной [15].

Исследования механизмов адаптации [16] свидетельствуют, что первая стадия ответа на любое воздействие является неспецифической и включает все возможные механизмы реагирования. Ориентировочный рефлекс также включает все базовые реакции, однако их вклад может различаться в зависимости от индивидуально-типологических особенностей человека.

В работе [17] показано влияние особенностей нервной системы, темперамента, межполушарной асимметрии и вегетативной регуляции на характер ориентировочного рефлекса человека. Полученные результаты позволяют сформировать исходный набор показателей для создания прогностической модели: активированность центральной нервной системы, экстраверсия и нейротизм по тесту Айзенка, показатели мануальной и слуховой асимметрии, вегетативный индекс Кердо.

В качестве исходной выборки были взяты результаты исследования 109 студентов Томского государственного университета. Статистический анализ данных проводился с использованием лицензионной программы «Statistica, version 13». Для поиска однородных групп в многомерном пространстве индивидуально-типологических особенностей человека использован кластерный анализ. Сначала с помощью иерархического анализа по методу Варда с вычислением евклидовых расстояний между объектами было получено дерево, визуальный анализ которого позволил определить оптимальное количество кластеров. Окончательное решение из четырех кластеров получено методом к-средних. Сформированные группы значительно различались по всем индивидуальным показателям. По характеру вегетативных компонентов были определены типичные варианты

ориентировочного рефлекса для каждой группы: ориентировочно-исследовательские (эмоциональный и когнитивный) и оборонительные (активный и пассивный). Выделенные кластеры можно рассматривать как типы индивидуальности человека, каждому из которых соответствует определенная стратегия адаптации к информационной нагрузке.

Для изучения особенностей адаптации к информационной нагрузке испытуемым предлагалось выполнение модельной операторской деятельности, связанной с воспроизведением длительности звуковых сигналов. Известно, что точность восприятия времени связана с эффективностью познавательной деятельности человека, а также может служить индикатором уровня стресса [18], что позволяет использовать ошибку воспроизведения длительности как один из индикаторов функционального состояния испытуемых и в то же время как показатель качества выполнения заданий.

Анализ результатов позволяет сделать вывод о том, что у представителей «оборонительных» типов, в отличие от «ориентировочно-исследовательских», при адаптации к информационной нагрузке развивается стресс и снижается уровень познавательной деятельности. При этом представители ориентировочно-когнитивного типа демонстрируют более высокий уровень познавательной деятельности по сравнению с представителями ориентировочно-эмоционального типа. Таким образом, для прогноза адаптации человека к информационной нагрузке необходимо определить его принадлежность к одному из типов индивидуальности, связанных с особенностями ориентировочного рефлекса.

Прогностическая модель реализована на основе дискриминантного анализа. Используемая в кластерном анализе выборка была случайным образом разделена на две: обучающую (59 человек) и контрольную (50 человек).

Классификационные функции, вычисленные на основе обучающей выборки, применялись для классификации контрольной. Точность классификации составила 98%. Построенный классификатор обладает высокой точностью, но его применение требует специального оборудования для определения активированности центральной нервной системы и коэффициента слуховой асимметрии. Исключение этих показателей также позволяет определить тип индивидуальности, хотя и с несколько меньшей точностью (74%).

Таким образом, экспресс-диагностику типа индивидуальности человека можно проводить, зная показатели экстраверсии и нейротизма по тесту Айзенка, уровень мануальной асимметрии, значение вегетативного индекса Кердо. Для определения этих показателей необходимы только опросник Айзенка, кистевой динамометр, тонометр для измерения артериального давления и секундомер для подсчета частоты пульса. Для определения типа индивидуальности необходимо вычислить значения классификационных функций (1)–(4).

$$F1 = 1,64 * E + 0,28 * MA + 0,78 * N + 0,01 * VI - 13,69, \quad (1)$$

$$F2 = 2,18 * E - 0,02 * MA + 1,10 * N + 0,03 * VI - 20,95, \quad (2)$$

$$F3 = 1,63 * E - 0,55 * MA + 1,76 * N - 0,03 * VI - 24,25, \quad (3)$$

$$F4 = 2,57 * E + 0,16 * MA + 1,16 * N + 0,08 * VI - 27,71, \quad (4)$$

где E – экстраверсия (баллы), MA – мануальная асимметрия (отн. ед.), N – нейротизм (баллы), VI – вегетативный индекс Кердо (отн. ед.).

Объект относится к типу индивидуальности, классификационная функция для которого окажется максимальной. Для проверки прогностических возможностей модели она была использована для определения типа индивидуальности студентов ТУСУРа. Уровень адаптации к образовательной среде технического вуза оценивали по двум показателям: реактивная тревожность и количество жалоб на ухудшение здоровья в последнее время. Классифицированы 299 студентов 2–4-х курсов, юношей в возрасте от 17 до 25 лет.

К «ориентировочно-исследовательским» типам индивидуальности были отнесены 75% студентов, а к типам с преобладанием оборонительных реакций – 25% (таблица). Максимальным уровнем реактивной тревожности отличалась группа с активно-оборонительной реакцией. В этой же группе выявлено наибольшее количество жалоб на ухудшение здоровья в последнее время ($p < 0,01$, критерий Манна–Уитни).

Результат классификации студентов ТУСУР

Тип индивидуальности	Количество студентов	Уровень тревожности (баллы)
Пассивно-оборонительная	36 (12%)	36,6±1,3
Активно-оборонительная	39 (13%)	41,4±1,6
Ориентировочно-эмоциональная	88 (29%)	36,0±0,8
Ориентировочно-когнитивная	136 (45%)	35,8±0,7
Итого	299 (100%)	36,7±0,5

Полученные результаты подтверждают прогностическую ценность модели и хорошо согласуются с литературными данными о роли поисковой активности в процессах адаптации человека к учебной деятельности.

Известно, что соотношение ориентировочно-исследовательских и оборонительных реакций влияет на эффективность обучения [19]. Ориентировочная активность благотворно сказывается на результатах обучения. Если предъявляемые требования оказываются выше способности мозга к переработке информации, происходит подавление ориентировочно-исследовательских реакций и замещение их оборонительными. Пассивная форма оборонительной реакции характеризуется депрессией или потерей интереса к учебе, активная выражается в агрессивных проявлениях.

Разработанная прогностическая модель реализована в виде компьютерной программы, которая

может быть использована для выявления группы риска среди студентов первого курса. Эффективная профилактика развития дезадаптивных состояний в процессе обучения может быть реализована путем индивидуального дозирования учебной нагрузки, создания ситуации успеха, стимуляции творческой активности и привлечения студентов к исследовательской деятельности.

Выводы

В ходе работы созданы модель и компьютерная программа для прогноза успешности адаптации человека к информационной нагрузке. Основой модели стал комплекс индивидуально-типологических особенностей человека, связанных с характером ориентировочного рефлекса, который рассматривается как элементарная модель адаптации к информационным воздействиям окружающей среды.

Для создания модели использованы методы многомерного статистического анализа. Полученная модель апробирована в исследованиях адаптации студентов ТУСУРа к учебной деятельности и показала высокие прогностические возможности.

Модель реализована в виде компьютерной программы, которая может быть использована для выявления группы риска среди студентов.

Благодарности

Автор благодарит за ценные рекомендации и моральную поддержку при подготовке статьи профессора кафедры РЭТЭМ Г.В. Смирнова, профессора кафедры АСУ В.Г. Астафурова, заведующего кафедрой РЭТЭМ В.И. Туева.

Литература

1. Гапанович С.О. К вопросу об информационной антропоэкологии / С.О. Гапанович, В.Ф. Левченко // Принципы экологии. – 2017. – № 4. – С. 4–16.
2. Eryomin A. Information ecology – A viewpoint // International Journal of Environmental Studies. – 1998. – № 54. – P. 241–253.
3. Петрова Е.В. Проблема диалектической взаимосвязи природного и социального аспектов адаптации человека в экосистеме информационного общества // Философия науки и техники. – 2017. – Т. 22, № 1. – С. 78–92.
4. Курдавилецева С.Б. Информация как фактор окружающей среды, влияющий на здоровье населения // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2010. – № 16. – С. 1567–1569.
5. Дружилов С.А. Негативные воздействия современной информационной среды на человека: психологические аспекты // Психологические исследования. – 2018. – Т. 11, № 59. – С. 11 [Электронный ресурс]. – URL: <http://psystudy.ru> (дата обращения: 12.02.2019).
6. Ушаков И.Б. Паттерны функциональных состояний оператора / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин. – М.: Наука, 2010. – 390 с.
7. Вяткин Б.А. Теория интегральной индивидуальности В.С. Мерлина: история и современность / Б.А. Вяткин, Л.Я. Дорфман // Образование и наука. – 2017. – № 2. – С. 145–160.
8. Белоус В.В. Введение в психологию полиморфной индивидуальности. – М.: КНОРУС; Пятигорск: Пятигорский гос. лингвистический ун-т, 2016. – 268 с.

9. Гергет О.М. Моделирование процессов адаптации / О.М. Гергет, В.А. Кочегуров, Е.Ю. Титаренко // Научное обозрение. Технические науки. – 2015. – № 1. – С. 125–126.

10. Диагностика состояния человека: математические подходы / А.В. Богомолов, Л.А. Гридин, И.А. Кукушкин, И.Б. Ушаков. – М.: Медицина, 2003. – 464 с.

11. Миронкина Ю.Н. Информационная технология статистического синтеза критериев и алгоритмов оценки функционального состояния человека в прикладных медико-биологических исследованиях / Ю.Н. Миронкина, А.Ф. Бобров // Информационные технологии. – 1998. – № 3. – С. 41–47.

12. Абунавас Х.А. Модели и алгоритмы адаптации субъектов профессиональной деятельности к условиям производственной среды / Х.А. Абунавас, О.Г. Берестнева // Изв. Том. политехн. ун-та. – 2009. – Т. 314, № 5. – С. 216–220.

13. Берестнева О.Г. Основные этапы процесса индивидуальной адаптации / О.Г. Берестнева, А.М. Уразаев, И.Л. Шелехов // Научное обозрение. Биологические науки. – 2014. – № 1. – С. 33–34.

14. Ильин Е.П. Психология индивидуальных различий. – СПб.: Питер, 2011. – 701 с.

15. Bradley M.M. Natural selective attention: Orienting and emotion // *Psychophysiology*. – 2009. – № 1. – P. 1–11.

16. Медведев В.И. Адаптация человека. – СПб.: Ин-т психологии: Ин-т мозга человека, 2003. – 551 с.

17. Несмелова Н.Н. Многомерные методы исследования биологических систем / Н.Н. Несмелова, Е.Г. Незнамова, Г.В. Смирнов. – Томск: ТУСУР, 2013. – 155 с.

18. Цуканов Б.И. Время в психике человека. – Одесса: Астропринт, 1999. – 220 с.

19. Ротенберг В.С. Поисковая активность и адаптация / В.С. Ротенберг, В.В. Аршавский. – М.: Наука, 1984. – 193 с.

orienting-exploratory reaction contributes to the successful adaptation to the information load, whereas the defensive response options lead to the rapid development of maladaptive states. The model was implemented as a computer program and was tested during studies of the adaptation of TUSUR students to educational activities.

Keywords: human, adaptation, information load, orienting reflex, individual typological features, cluster analysis, discriminant analysis, prognostic model.

doi: 10.21293/1818-0442-2019-22-2-114-118

References

1. Gapanovich S.O., Levchenko V.F. On the Issue of Information Anthropocology. *Principles of Ecology*, 2017, no. 4, pp. 4–16 (in Russ.).

2. Eryomin A. Information ecology - A viewpoint. *International Journal of Environmental Studies*, 1998, no. 54, pp. 241–253.

3. Petrova E.V. The problem of the dialectical interconnection of the natural and social aspects of human adaptation in the ecosystem of the information society. *Philosophy of Science and Technology*, 2017, vol. 22, no. 1, pp. 78–92 (in Russ.).

4. Kurdaviltseva S.B. The information – as the factor of the environment influencing health of the population. *News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2010, no. 1–6, pp. 1567–1569 (in Russ.).

5. Druzhilov S.A. The negative impact of the modern information environment: the psychological aspects. *Psikhologicheskie Issledovaniya*, 2018, vol. 11, no. 59, pp. 11 (in Russ.). Available at: <http://psystudy.ru> (accessed: February 14, 2019).

6. Ushakov I.B., Bogomolov A.V., Kukushkin Yu. A. *Patterns of functional states of an operator*. M., Science, 2010. 390 p.

7. Vyatkin B. A., Dorfman L. Ya. Theory of integral individuality by V.S. Merlin: history and nowadays. *The Education and Science Journal*, 2017, vol. 19, no. 2, pp. 145–160 (in Russ.).

8. Belous V.V. *Introduction to the psychology of polymorphous personality*. M., KNORUS, Pyatygorsk, Pyatigorsk State Linguistic University, 2016. 268 p.

9. Gerget O.M., Kochegurov V. A., Titarenko E.Y. Simulation of adaptation processes. *Scientific Review. Engineering science*, 2015, no. 1, pp. 125–126 (in Russ.).

10. Bogomolov A.V., Gridin L. A., Kukushkin I. A., Ushakov I.B. *Diagnostics of the human condition: mathematical approaches*. M., Medicine, 2003. 464 p.

11. Mironkina Yu.N., Bobrov A.F. Information technology of statistical synthesis of criteria and algorithms for assessing the functional state of a person in applied medical and biological studies. *Information Technologies*, 1998, no. 3, pp. 41–47 (in Russ.).

12. Abunavaskh.A., Berestneva O.G. Models and algorithms of adapting professional activity subjects to working environment conditions. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2009, vol. 314, no. 5, pp. 216–220 (in Russ.).

13. Berestneva O.G., Urazaev A.M., Shelekhov I.L. Milestones of individual adaptation. *Scientific Review. Biological sciences*, 2014, no. 1, pp. 33–34 (in Russ.).

14. Ilyin E.P. *Psychology of Individual Differences*. St. Petersburg, Peter, 2011, 701 p.

15. Bradley M.M. Natural selective attention: Orienting and emotion. *Psychophysiology*, 2009, no. 1, pp. 1–11.

16. Medvedev V.I. *Adaptation of man*. SPb., Institute of Psychology, Institute of the Human Brain, 2003. 551 p.

Несмелова Нина Николаевна

Канд. биол. наук, доцент каф. радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга (РЭТЭМ)

Томского государственного университета

систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Ленина пр-т, д. 40, г. Томск, Россия, 634050

ORCID 0000-0003-0052-7913

Тел.: +7 (382-2) 70-15-06

Эл. почта: nina.n.nesmelova@tusur.ru

Nesmelova N.N.

Prognostic model of human adaptation to the information load

Approaches to the study of human adaptation using mathematical modeling are discussed in the article. A description of the model for predicting human adaptation to the information load is presented. The complex of individual typological features of a person, associated with the nature of the orienting reflex, became the basis of the model. The methods of cluster and discriminant analysis are used to create a model. In contrast to the solutions proposed by other authors, the model determines the characteristic response of a person to informational influences of the environment. It is shown that the ori-

17. Nesmelova N.N., Neznamova E.G., Smirnov G.V. *Multidimensional methods for the study of biological systems*. Tomsk, TUSUR, 2013. 155 p.
18. Tsukanov B. I. *Time in the human psyche: monograph*. Odessa, Astroprint, 1999. 220 p.
19. Rotenberg V. S., Arshavsky V. V. *Search activity and adaptation*. M., Science, 1984. 193 p.

Nina N. Nesmelova

Candidate of Biology, Associate Professor
Department of Radioelectronic Technologies and
Environmental Monitoring Tomsk State University
of Control Systems and Radioelectronics
40, Lenin pr., Tomsk, Russia, 634050
ORCID 0000-0003-0052-7913
Phone: +7 (382-2) 70-15-06
E-mail: nina.n.nesmelova@tusur.ru