

**В.И. Перова, Е.С. Банковская**

## **НЕЙРОСЕТЕВОЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

Проведен анализ развития человеческого капитала, влияющего на состояние экономической безопасности Российской Федерации. Рассмотрена совокупность показателей, характеризующих с позиции индикаторного метода человеческий капитал, который является одним из доминирующих внутренних факторов социально-экономического развития России. Исследование развития человеческого капитала в регионах РФ проведено на основе данных Федеральной службы государственной статистики с помощью нового перспективного подхода – нейросетевого моделирования. Представлен кластерный анализ на базе самоорганизующейся нейронной сети Кохонена, результатом которого является распределение регионов России по четырем кластерам. Выявлена значимость показателей при формировании кластерного решения. Проведен анализ уровня развития человеческого капитала в регионах России и его влияния на экономическую безопасность. Анализ развития человеческого капитала в регионах РФ позволяет сделать вывод о необходимости принятия комплекса мер, которые будут способствовать укреплению экономической безопасности Российской Федерации.

**Ключевые слова:** нейросетевое моделирование; самоорганизующиеся карты Кохонена; кластерный анализ; регионы Российской Федерации; человеческий капитал; индекс человеческого развития; Deductor.

Одним из ключевых источников устойчивого социально-экономического развития государства является человеческий капитал [1–4]. Он является основополагающим компонентом для осуществления прорывного инновационного научно-технологического развития Российской Федерации, обеспечения ее национальной безопасности [5] и, в том числе, экономической безопасности [6–9]. Это особенно важно на современном этапе в условиях глобальных вызовов [10], когда идет процесс утрачивания возможностей экономического роста, который построен на экстенсивной эксплуатации сырьевых ресурсов.

В Российской Федерации уделяется большое и серьезное внимание формированию человеческого капитала. Так, в соответствии со Стратегией

научно-технологического развития Российской Федерации [10], основная цель научно-технологического развития России – обеспечение независимости и конкурентоспособности страны путем создания эффективных механизмов усиления и наиболее полного использования интеллектуального потенциала нации. Научно-технологическое преобразование экономики страны поддерживается и организационной реформой, которая должна способствовать процессу консолидации науки и высшего образования для умножения человеческого капитала.

С целью реализации Указа Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [10] для претворения устойчивого роста экономики страны развитие человеческого капитала должно поддерживать опережение мировых тенденций научно-технологического развития. Это будет повышать экономический потенциал, конкурентоспособность Российской Федерации и ее экономическую безопасность. В связи с этим, является актуальным проведение исследований развития человеческого капитала в регионах России.

В международной статистике для оценки человеческого капитала с начала 1990-х гг. широко используется индикаторный подход. Главное преимущество данного подхода – доступность необходимых для него данных. Количественная оценка человеческого капитала основывается на различных индексах [11]. Наиболее информативным признан Индекс человеческого развития (ИЧР), который используется Организацией Объединенных Наций (ООН) для оценки качества жизни населения в странах мира и различных регионах. ИЧР является интегральным показателем, оценивающим уровень развития человеческого капитала с позиций материального достатка, образования и здравоохранения.

В настоящей работе для оценки качества человеческого развития были взяты данные по субъектам РФ за 2019 г. с сайта Федеральной службы государственной статистики [12]. Будем использовать следующие показатели:

- а) показатели, характеризующие качество жизни:
  - $X_1$  – доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума (в % от общей численности населения);
  - $X_2$  – реальная начисленная заработная плата работников организации (в % к предыдущему году);
  - $X_3$  – реальный размер назначенной пенсии (без единовременных выплат в 2018 г., в % к предыдущему году);
- показатели, характеризующие качество образования:
- $X_4$  – численность студентов, обучающихся по программам подготовки специального среднего звена (тыс. чел.);

- $X_5$  – численность студентов, обучающихся по программам подготовки бакалавриата, специалитета, магистратуры (тыс. чел.);
- $X_6$  – численность аспирантов (чел.);
- $X_7$  – численность докторантов (чел.);
- показатели, характеризующие качество системы здравоохранения:
- $X_8$  – численность среднего медицинского персонала (тыс. чел.);
- $X_9$  – численность врачей всех специальностей (тыс. чел.);
- $X_{10}$  – мощность амбулаторно-поликлинических организаций (тыс. посещений в смену).

Совокупность данных показателей позволяет комплексно оценить развитие человеческого капитала в регионах Российской Федерации и его влияния на состояние экономической безопасности.

В работе для исследования исходных данных применен научный инструментарий и методология искусственных нейронных сетей [13]. Были использованы нейронные сети – самоорганизующиеся карты (СОК) Кохонена, которые представляет особый вид нейронных сетей без обратной связи [14]. Выбор этого типа нейронных сетей обусловлен их особенностями, которые заключаются в следующем: а) отсутствие модельных ограничений при анализе многомерных данных; б) самоорганизующиеся карты не требуют внешнего вмешательства в процесс обучения; в) алгоритмы их обучения позволяют проецировать многомерное пространство входных данных с учетом топологии в трехмерное пространство, но чаще в двумерное, что позволяет визуализировать получаемые результаты. Кластеризация исходных данных проведена с помощью СОК Кохонена, реализованных в аналитическом пакете Deductor [15].

На рис. 1 представлен результат кластеризации объектов – распределение 85 регионов России по четырем кластерам.



Рис. 1. Самоорганизующаяся карта Кохонена за 2019 г.

Количественный состав регионов в каждом кластере приведен в табл. 1.

Таблица 1

## Количество регионов России в кластерах за 2019 г.

Номер кластера	Число регионов РФ
№ 1	2 (2,4 %)
№ 2	18 (21,2 %)
№ 3	18 (21,2 %)
№ 4	47 (55,3 %)

Таблица 2

## Интеграция регионов по кластерам

Номер кластера	Состав кластера
1	г. Москва, г. Санкт-Петербург
2	Республика Карелия, Ненецкий автономный округ, Псковская область, Республика Калмыкия, Республика Крым, г. Севастополь, Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Республика Алтай, Республика Бурятия, Томская область, Республика Саха (Якутия), Камчатский край, Магаданская область, Сахалинская область, Еврейская автономная область, Чукотский автономный округ
3	Московская область, Краснодарский край, Волгоградская область, Ростовская область, Республика Дагестан, Ставропольский край, Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Пермский край, Нижегородская область, Самарская область, Саратовская область, Свердловская область, Челябинская область, Алтайский край, Забайкальский край, Красноярский край, Иркутская область
4	Белгородская область, Брянская область, Владимирская область, Воронежская область, Ивановская область, Калужская область, Костромская область, Курская область, Липецкая область, Орловская область, Рязанская область, Смоленская область, Тамбовская область, Тверская область, Тульская область, Ярославская область, Республика Коми, Архангельская область, Вологодская область, Калининградская область, Ленинградская область, Мурманская область, Новгородская область, Республика Адыгея, Астраханская область, Республика Северная Осетия-Алания, Республика Чеченская, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Кировская область, Оренбургская область, Пензенская область, Ульяновская область, Курганская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ, Тюменская область, Республика Тыва, Республика Хакасия, Кемеровская область, Новосибирская область, Омская область, Приморский край, Хабаровский край, Амурская область.

Из данных, показанных в табл. 1, следует, что наибольшее число регионов Российской Федерации вошло в состав кластера № 4, наименьшее – в кластер № 1 (г. Москва и г. Санкт-Петербург), а кластеры № 2 и № 3 составило одинаковое количество регионов.

Табл. 2 иллюстрирует состав кластеров. Данные, представленные в табл. 2 показывают, что регионы, Приволжского федерального округа (ПФО) вошли в два кластера:

- кластер № 3 (6 регионов): Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Пермский край, Нижегородская область, Самарская область, Саратовская область;
- кластер № 4 (8 регионов): Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Кировская область, Оренбургская область, Пензенская область, Ульяновская область.

Важно отметить, что статистические показатели  $X_1$ – $X_{10}$  оказали различное влияние на формирование кластеров. Степень их влияния на формирование кластеров отражает рис. 2.



Рис. 2. Значимость показателей при формировании кластеров

Значимость показателей имеет прямую взаимосвязь с формированием кластеров: чем выше значимость показателя, тем больший вклад он вносит в образование соответствующего кластера.

Средние значения рассматриваемых показателей по кластерам и их средние значения по Российской Федерации показаны в табл. 3. Из данных в табл. 3 видно, что регионы, составившие кластер № 1, характеризуются показателями, превышающими общероссийские показатели, кроме показателями,

телей «Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума» ( $X_1$ ) и «Реальный размер назначенной пенсии» ( $X_3$ ). Следовательно, в регионах данного кластера большая доля населения имеет более высокий материальный достаток.

Таблица 3

Таблица средних значений показателей

Показатель Кластер	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$
1	6,7	109,3	103,5	102	501	18754	202	81	58	286,6
2	18,7	110,3	103,9	8	10	132	0	5	2	12,9
3	12,8	107,8	105,4	63	87	1622	19	34	15	90,1
4	13,5	107,7	105,4	20	29	460	5	12	5	33,4
Среднее по России	14,3	108,3	105,0	28	48	1067	12	17	8	47,0

В регионах кластера № 2 показатели «Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума» ( $X_1$ ) и «Реальная начисленная заработная плата работников организации» ( $X_2$ ) выше средних по России значений. Значения остальных показателей находятся ниже средних по России, что указывает на невысокий уровень развития человеческого капитала.

Регионы кластера № 3 характеризуются двумя показателями, значения которых ниже средних по Российской Федерации: «Доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума» ( $X_1$ ) и «Реальная начисленная заработная плата работников организации» ( $X_2$ ). Значения других показателей превышают общероссийские показатели. Это говорит о достаточно высоком уровне развития человеческого капитала. Однако необходимо проведение комплекса мер, способствующих повышению заработной платы населения.

В кластер № 4 вошли регионы, показатели которых ниже средних значений по России, за исключением показателя «Реальный размер назначенной пенсии» ( $X_3$ ), значение которого превышает среднее по РФ на 0,4 %.

Таким образом, проведенное исследование обеспечило практическую и целесообразную научную основу для анализа развития человеческого капитала. Полученные результаты показали, что кластерный анализ на основе нейронных сетей с применением информационных технологий является эффективным методом анализа многомерных данных, характеризующих человеческое развитие. Результаты исследования влияния человеческого капитала на экономическую безопасность страны могут использо-

ваться при разработке стратегий и программ развития человеческого капитала в регионах России, а также могут быть полезны для корректировки управленческих решений в целях повышения уровня экономической безопасности в Российской Федерации.

© Перова В.И., Банковская Е.С., 2020

### **Библиографический список**

- [1] Аганбегян, А.Г. Человеческий капитал и его главная составляющая – сфера «экономики знаний» как основной источник социально-экономического роста // *Экономические стратегии*. – 2017. – № 3. – С. 66–79; – № 4. – С. 6–21. – URL: <http://stolypinsky.club/wpcontent/uploads/2017/08/CHelovecheskij-kapital-i-ego-glavnaya-sostavlyayushhaya-sferaekonomiki-znaniy-kak-osnovnoj-istochnik-sotsialno-ekonomicheskogo-rosta.pdf>
- [2] Кузнецов, Ю.А. Человеческий капитал, производительность труда и экономический рост // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2012. – № 43. – С. 2–14. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chelovecheskiy-kapital-proizvoditelnost-truda-ieconomicheskij-rost-okonchanie>
- [3] Макаров, В.Л. Становление экономики знаний в России и мире // *Экономика знаний* / отв. ред. В.П. Колесов. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 432 с.
- [4] Макаров, В.Л. Микроэкономика знаний / В.Л. Макаров, Г.Б. Клейнер. – М.: Экономика, 2007. – 204 с.
- [5] Перова, В.И. Нейросетевое моделирование динамики развития физической культуры и спорта в регионах России как фактора социально-экономического роста страны / В.И. Перова, Н.А. Перова // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2018. – Т. 14. – № 11. – С. 2064–2082.
- [6] Указ Президента РФ от 13.05.2017 N 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru>.
- [7] Митяков, С.Н. Экономическая безопасность регионов Приволжского федерального округа / С.Н. Митяков, Е.С. Митяков, Н.А. Романова // *Экономика региона*. – 2013. – № 3 (35). – С. 81–91.
- [8] Лапаев, Д.Н. Многокритериальный анализ состояния экономической безопасности в социальной сфере // *Экономика и предпринимательство*. – 2016. – № 10-1 (75-1). – С. 798–804.
- [9] Фролова, М.М., Ноздрин А.С. Создание кластеров как фактор экономической безопасности / М.М. Фролова, А.С. Ноздрин // *Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: сб. матер. IV Междунар. науч.-практич. конф.* НГТУ: Н. Новгород, 2016. – С. 324–327.
- [10] Указ Президента РФ от 01.12.2016 N 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.consultant.ru>.
- [11] Ионцев, В.А. и др. Введение в демографию: учебное пособие / Под ред. В.А. Ионцева. А.А. Саградова. – М.: МГУ, ТЭИС. 2003. – 636 с.
- [12] Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: <https://gks.ru>.

- [13] Перова, В.И. Нейронные сети в экономических приложениях. Часть 2. Нейронные сети, обучаемые без учителя: учебное пособие. – Нижний Новгород: ННГУ, 2012. – 135 с.
- [14] Kohonen, T. The Self-Organizing Map // Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 1990. – Vol. 78. – Iss. 9. – Pp. 1464–1480.
- [15] Технологии анализа данных [Электронный ресурс]. – URL: <https://basegroup.ru>.

**V.I. Perova, E.S. Bankovskaya**

## **NEURAL NETWORK ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HUMAN CAPITAL ON ECONOMIC SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION**

National Research Nizhny Novgorod State University n. a. N.I. Lobachevsky,  
Nizhny Novgorod

**Abstract.** The analysis of the development of human capital which affects the state of the economic security of the Russian Federation is made. A set of indicators that characterize human capital from the standpoint of the indicator method which is one of the dominant internal factors of the socio-economic development of Russia is considered. The study of development of human capital in the regions of the Russian Federation is carried out on the basis of data from the Federal State Statistics Service using a new promising approach - neural network modeling. The cluster analysis based on Kohonen's self-organizing neural network is presented, the result of which is the distribution of Russian regions into four clusters. The importance of indicators in the formation of a cluster solution is revealed. The analysis of the level of human capital development in the regions of Russia and its impact on economic security is carried out. The analysis of the development of human capital in the regions of the Russian Federation allows us to conclude that it is necessary to take a set of measures that will help strengthen the economic security of the Russian Federation.

**Key words:** neural network modeling; self-organizing Kohonen maps; cluster analysis; regions of the Russian Federation; human capital; human development index; Deductor.

### **References**

- [1] Aganbegyan, A.G. (2017). Human capital and its main component - the sphere of the "knowledge economy" as the main source of socio-economic growth // Economic strategies. [Electronic resource]. Available at: <http://stolypinsky.club/wpcontent/uploads/2017/08/CHelovecheskij-kapital-i-ego-glavnaya-sostavlyayushhaya-sfer-aekonomiki-znaniy-kak-osnovnoj-istochnik-sotsialno-ekonomicheskogpdf-ro>

- [2] Kuznetsov, Yu.A. (2012). Human capital, labor productivity and economic growth // Economic analysis: theory and practice. [Electronic resource]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/chelovecheskiy-kapital-proizvoditelnost-truda-iekonomicheskiiy-rost-okonchanie>
- [3] Makarov, V.L. (2008). [Formation of the knowledge economy in Russia and the world]. *M.: INFRA-M* [M.: INFRA-M]. 432 p. (In Russ).
- [4] Makarov, V.L. (2007). [Microeconomics of Knowledge]. *M.: Jekonomika* [M.: Economics]. 204 p. (In Russ).
- [5] Perova, V.I. (2018). [Neural network modeling of the dynamics of the development of physical culture and sports in the regions of Russia as a factor of the country's socio-economic growth]. *Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National interests: priorities and security]. No. 11. pp. 2064-2082. (In Russ).
- [6] Decree of the President of the Russian Federation of 13.05.2017 N 208 "On the Strategy of Economic Security of the Russian Federation for the Period until 2030" [Electronic resource]. Available at: <http://www.consultant.ru>.
- [7] Mityakov, S.N. (2013). [Economic security of the regions of the Volga Federal District]. *Jekonomika regiona* [Economy of the region]. No. 3 (35). pp. 81-91. (In Russ).
- [8] Lapaev, D.N. (2016). [Multi-criteria analysis of the state of economic security in the social sphere]. *Jekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship]. No. 10-1 (75-1). pp. 798-804. (In Russ).
- [9] Frolova, M.M., Nozdrina A.S. (2016). [Creation of clusters as a factor of economic security]. *NNSTU: N. Novgorod* [NNSTU: N. Novgorod]. pp. 324-327. (In Russ).
- [10] Decree of the President of the Russian Federation dated 01.12.2016 N 642 "On the Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation" [Electronic resource]. Available at: <http://www.consultant.ru>.
- [11] Iontsev, V.A. (2003). [Introduction to demography]. *M.: MGU, TEIS* [M.: MGU, TEIS]. 636 p. (In Russ).
- [12] Federal State Statistics Service [Electronic resource]. Available at: <https://gks.ru>.
- [13] Perova, V.I. (2012). [Neural networks in economic applications]. *Nizhny Novgorod: UNN* [Nizhny Novgorod: UNN]. 135 p. (In Russ).
- [14] Kohonen, T. (1990). *The Self-Organizing Map*. Proceedings of the Institute of Electrical and Electronics Engineers. Vol. 78. pp. 1464-1480.
- [15] Technologies for data analysis [Electronic resource]. Available at: <https://ba-segroup.ru>.